Karla Maria Silva de Faria
Silas Pereira Trindade
Rodrigo Lima Santos
Jaqueline Gomes Batista
(Organizadores)

Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas

COLETÂNEA II

Cegraf UFG

Universidade Federal de Goiás

Reitor
Edward Madureira Brasil

Vice-Reitora
Sandramara Matias Chaves

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação
Jesiel Freitas Carvalho

Diretora do Cegraf UFG
Maria Lucia Kons

Coordenação Editorial

Karla Maria Silva de Faria
Silas Pereira Trindade
Rodrigo Lima Santos
Jaqueline Gomes Batista

Comissão Científica:

Adalto Moreira Braz
Adriano Luis Heck Simon
Aichely Rodrigues da Silva
Alecio Perini Martins
Ana Caroline Rodrigues C. de Sousa
Ana Karolyna Nunes Amaral dos Santos
Ana Paula Novais Pires Koga
Antônio Cezar Leal
Daniel Araújo Ramos dos Santos
Denilson Teixeira
Denise Oliveira Dias
Elizon Dias Nunes
Flávia Darre Barbosa
Franciele Fath
Gervásio Soares Barbosa Neto
Guilherme Marques de Lima
Ingrid Graziele R. do Nascimento
Jaqueline Gomes Batista
Jefferson Castilho
Juliana Felipe Farias
Kalyna Ynanhia Silva de Faria
Kamila Almeida dos Santos
Karla Maria Silva de Faria
Kássio Samay Ribeiro Tavares
Marcio H. Campos Zancopé
Mariana Nascimento Siqueira
Maxmiliano Bayer
Mirtes Tatiane Neisse Boldrin
Rafael Rodrigues
Rodrigo Lima Santos
Silas Pereira Trindade

Realização:

Apoio:

Karla Maria Silva de Faria
Silas Pereira Trindade
Rodrigo Lima Santos
Jaqueline Gomes Batista
(Organizadores)

Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas

COLETÂNEA II

Cegraf UFG

2021

© Cegraf UFG, 2021

© Karla Maria Silva de Faria, Silas Pereira Trindade, Rodrigo Lima Santos, Jaqueline Gomes Batista, 2021

Capa e editoração eletrônica

Julyana Aleixo Fragoso

Revisão

Matheus Caldeira Alves Mendes

Angélica Silvério Freires

Ana Karolyna Nunes Amaral

Marcos Antônio Bonifácio da Silva

Mychelle Priscila de Melo

Karla Maria Silva de Faria

Silas Pereira Trindade

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

GPT/BC/UFG

P712 Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas [E-book] / organizadores, karla Maria Silva de Faria ... [et al.]. Goiânia : Cegraf UFG, 2021.
587 p. : il. - (Coletânea 2)

Inclui referências.
ISBN (E-book): 978-85-495-0451-7

1. Bacias hidrográficas. 2. Desenvolvimento sustentável. 3.Meio ambiente. 4. Ciências ambientais. 5. Geografia. I. Faria, Karla Maria Silva de.

CDU: 556

Bibliotecária responsável: Adriana Pereira de Aguiar / CRB1: 3172

APRESENTAÇÃO

O Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física, junto com os programas de pós-graduação em Ciências Ambientais e de Geografia, responsabilizaram-se pela organização do VIII Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, com o objetivo principal de levar a discussão de temas relacionados a planejamento, manejo, preservação, conservação e desenvolvimento sustentável de bacias hidrográficas.

O evento almejou criar um espaço de troca de experiências entre os pesquisadores, gestores e docentes que atuam na área de planejamento e gestão de bacias hidrográficas, com intuito de contribuir para o avanço dos estudos na área e o aprimoramento de métodos e técnicas de pesquisa e de gestão.

Os trabalhos de pesquisa aprovados nesse evento confirmam a quão rica é o campo de atuação dos pesquisadores que se dedicam a estudar, avaliar as bacias hidrográficas. Agradecemos a todos(as) os pesquisadores(as) nacionais e internacionais, que compartilham seus trabalhos permitindo a divulgação em duas coletâneas.

Karla M S Faria
Coordenação Geral do Evento

Sumário

Unidade I:
Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas

Determinação da Capacidade e Conflitos de Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista 11

Estratégias de Gestão Comunitária da Água em Territórios Quilombolas e a Defesa do Bem Comum 25

Obtenção de Parâmetros Hidrológicos a Partir de Diferentes Modelos Digitais de Elevação: Aplicação na Bacia do Rio dos Sinos (RS) 38

Resíduos Sólidos na Reserva Extrativista do Alto Juruá – Vila Restauração: Uma Questão de Gestão ou Geração? 52

Reflexões sobre a Gestão Hídrica a Partir da Revisão do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré 66

Análise da Evolução da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos no Piauí (2018 A 2020) e no Rio de Janeiro (2011 A 2021): O que há em Comum? 80

Áreas Prioritárias para Serviços Hidrológicos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite – Goiás 96

Caracterização Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico, Goiás (GO) 110

Disponibilidade Hídrica na Bacia do Rio Curicuriari para fins de Outorga de Recursos Hídricos no Amazonas 125

Condição do Ecossistema em Prol do Melhoramento da Capacidade Hídrica e Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Selho,

Regio Norte de Portugal 137

Valoração dos Atributos Ambientais da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu no Município de Manaus, AM 150

Unidade II: Impactos do Agronegócio para as Bacias Hidrográficas

Impactos Ambientais na Zona Ripária da Bacia Hidrográfica do Rio Preto, Maranhão - Brasil 168

Fragilidade Ambiental das Unidades de Paisagem da Alta Bacia Hidrográfica do Rio Uru (Goiás) 183

Análise das Condições Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (Goiás), por Meio da Caracterização Climática e Técnicas de Sensoriamento Remoto 196

Unidade III: Educação Ambiental na Gestão das Bacias Hidrográficas

Educación Ambiental, Voluntariado y Participación Ciudadana en la Gestión de Sistemas Fluviales. Ejemplos en España..... 210

Educação Ambiental como Subsídio para a Gestão de Recursos Hídricos 221

Levantamento dos Componentes Geoambientais da Bacia Hidrográfica Dos Riachos Timbáuba e Poção – Alcântaras/CE, para a Compreensão do Espaço Geográfico..... 234

Recursos Hídricos e Áreas Degradadas: Um Estudo nas Margens do Rio Amazonas, Sede do Assentamento de Vila Amazônia, Parintins/AM..... 248

Unidade IV:
Bacia Hidrográfica no Ensino de Geografia

Aplicação do Conceito de Bacia Hidrográfica na Disciplina de Geografia no Ensino Fundamental II 260

Proposta de roteiro didático para ensino-aprendizagem dos principais atributos geomorfológicos das bacias hidrográficas em diversos níveis de ensino 274

Unidade V:
Bacias Hidrográficas Urbanas: Gestão e Problemáticas

Análise da Interferência Antrópica ao Longo dos anos 2000, 2010 e 2020 na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Ceará 288

Impactos Ambientais Urbanos na Bacia do Córrego do Capim: Enchentes e Inundações provocadas pela Apropriação e Ocupação do Relevo 302

Considerações ambientais sobre a área de preservação permanente do Riacho Martinho, Fortaleza, Ceará 316

Utilização do Método WTF para Estimativa de Recarga do Aquífero Alter do Chão: Estudo de Caso de um Poço de Monitoramento na Área Urbana de Manaus 328

Unidade VI:
Pesquisas Aplicadas em Bacias Hidrográficas

Atividade Geoturística em Quedas d'água: Potencialidades do Município de Castelo do Piauí, Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Poti, Piauí 339

O Estudo do Meio Físico na Perspectiva da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Anastácio - UGRHI 22 353

Análise morfométrica de bacias hidrográficas: comparativo entre abordagens automatizados e métodos tradicionais, um estudo de caso da bacia do rio Corrente, GO 366

A Influência da Variabilidade da Superfície D' Água nas Mudanças de Uso e Cobertura do Solo e da Precipitação na Sub-Bacia na Hidrográfica do Rio Corrente (Goiás/Brasil) 381

Análise Temporal das Mudanças do Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Água Limpa em São João Del Rei - MG 395

Análise Morfométrica comparativa entre as Sub-Bacias do Córrego Água Branca e Ribeirão Caveirinha no Município de Goiânia-GO. 407

Classificação da Vulnerabilidade Natural da Bacia Hidrográfica Metropolitana, Ceará 422

Estudo Comparativo entre Metodologias de Indicadores de Recursos Hídricos com as Dimensões de Sustentabilidade por Ignacy Sachs: Visando o Desenvolvimento Sustentável para as Bacias Hidrográficas 435

Evolução Temporal do Arquipélago Fluvial do Januário, na Calha Central do Rio Amazonas 450

Fragilidade Ambiental Emergente do município de Anhumas – SP com localização na Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema UGRHI 22 465

Identificação de Áreas de Recarga de Água Subterrânea da Bacia Hidrográfica Ribeirão Paraíso, GO 476

Mapeamento das Nascentes de Drenagens da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti 491

Monitoramento da Vazão do Ribeirão Santo Antônio (Iporá-GO), no Período de Estiagem do Ano de 2020 503

Mapeamento e Caracterização dos Aspectos Físico-Ambientais das Áreas de Influência Direta dos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas Batalha e Itumbiara 518

Normal Climatológica da Precipitação e Temperatura na Região Hidrográfica do Paraguai: Google Earth Engine como Ferramenta de Análise 532

Análise do Meio Físico da Sub – Bacia Hidrográfica do Riacho Caioca – CE 545

Unidade VII:
Mudanças Climáticas, Crises Hídricas e Gestão das Águas

Avaliação da Disponibilidade de Água no Solo Arenoso para a Cultura do Milho em Cenários de Mudanças Climáticas para a Região de Gerais de Balsas 558

Ameaças Climáticas e Vulnerabilidades do Abastecimento Hídrico no Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil 571

Unidade VIII:
Desafios e perspectivas dos Comitês de Bacias Hidrográficas para boas práticas de gestão

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA AMAZÕNIA LEGAL: desafios do comitê de bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu Manaus/AM/Brasil. Uma análise a partir da visão do poder público, sociedade civil e usuários 586

Determinação da Capacidade e Conflitos de Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista

Amanda Trindade Amorim[1]
Edson Luís Piroli[2]

Resumo: O conhecimento da capacidade de uso das terras de uma bacia hidrográfica auxilia a compreensão da adaptabilidade dos solos para diversos fins agropecuários, visando subsidiar as práticas de manejo e conservação, contribuindo com o planejamento e desenvolvimento sustentável. O presente estudo teve por objetivo determinar a capacidade de uso das terras da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista, no Estado de São Paulo, com o intuito de verificar os conflitos de uso e identificar as áreas que necessitam ser conservadas ou recuperadas. Para isso inicialmente foram mapeados a declividade e os solos da área de estudo, utilizando Geotecnologias. Posteriormente, estes mapas foram interseccionados para criação do mapa da capacidade de uso das terras e, para verificação dos conflitos de uso, foram mapeados os usos e cobertura da terra da bacia hidrográfica e verificada sua relação com as classes de capacidade identificadas. A área possui predominantemente relevos suaves e moderadamente inclinados (de 2 a 10% de declividade), com a presença em sua maioria de Latossolos Vermelhos e cobertura predominante de culturas agrícolas temporárias (45,5%) e pastagens (27,1%). Foram encontradas as classes II, III, IV, V e VI de capacidade, sendo que há maior ocorrência da classe III, representando 72,7% da área da bacia hidrográfica. Apesar de baixo percentual de áreas em conflito de uso (3,3%), estas são muito importantes de serem identificadas, pois podem ser a origem de problemas ambientais maiores relacionados à erosão dos solos, contaminação e assoreamento dos rios.

Palavras-chave: Capacidade de uso da terra; Uso e cobertura da terra; Planejamento ambiental; Geotecnologias.

1 Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Tecnologia, Presidente Prudente - amanda.amorim@unesp.br.

2 Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Tecnologia, Presidente Prudente - edson.piroli@unesp.br.

Abstract: Knowledge of the land use capacity of a watershed helps to understand the adaptability of soils for various agricultural purposes, aiming to support management and conservation practices, contributing to planning and sustainable development. This study aimed to determine the land use capacity of the Ribeirão da Boa Vista watershed, in the State of São Paulo, to verify the conflicts of use and identify the areas that need to be conserved or recovered. For this, the slope and soils of the study area were mapped, using Geotechnologies. Subsequently, these maps were intersected to create the land use capacity map and, to verify conflicts of use, the uses and land cover of the watershed were mapped and their relationship with the identified capacity classes was verified. The area has predominantly smooth and moderately sloping reliefs (from 2 to 10% of slope), with the presence mostly of Red Oxisols and predominant coverage of temporary agricultural crops (45.5%) and pastures (27.1%). Capacity classes II, III, IV, V and VI were found, and there is a greater occurrence of class III, representing 72.7% of the watershed area. Despite the low percentage of areas in conflict of use (3.3%), these are very important to be identified, as they can be the source of major environmental problems related to soil erosion, contamination and silting of rivers.

Keywords: Land use capacity; Land use and coverage; Environmental planning; Geotechnologies.

1. Introdução

O processo de ocupação do território brasileiro demonstrou que as terras sempre foram utilizadas de modo intensivo e, muitas vezes, até o seu limite (CASSETI, 1991). A determinação da capacidade de uso das terras de uma bacia hidrográfica subsidia a compreensão da sua adaptabilidade para diversos fins agropecuários, para promover o planejamento de práticas de conservação do solo sem que ele sofra com o esgotamento por fatores de desgaste, erosão e empobrecimento (KLINGEBIEL; MONTGOMERY, 1961). Essa determinação envolve o estudo das condições do meio físico na aptidão do solo para ser utilizado sem sofrer danos a partir de cultivos agrícolas, pastagens, reflorestamentos ou preservação da vida silvestre (LEPSCH *et al*., 2015).

Lepsch *et al*. (2015) propõem um sistema de classificação da capacidade de uso da terra em oito classes, agrupadas em três grupos. O Grupo A, que inclui as classes I, II, III e IV, corresponde às terras aptas para cultivos agrícolas, pastagens, reflorestamentos, florestas e refúgio para fauna e flora sil-

vestres. O Grupo B, que inclui as classes V, VI e VII, são terras impróprias para cultivos intensivos, mas aptas para pastagens, reflorestamentos, florestas e refúgio para fauna e flora silvestres. E o Grupo C, que inclui a classe VIII, corresponde às terras inadequadas para cultivos agrícolas, pastagens ou reflorestamentos, sendo indicadas apenas para preservação da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água.

Essa proposta vem sendo utilizada em diversas pesquisas, como de Piroli (2002), Campos *et al*. (2016), Braz *et al*. (2017), Ramos *et al*. (2018) e Mendes e Rosa (2019), que buscam identificar as causas relacionadas aos processos erosivos, práticas adequadas de manejo e conservação do solo, verificação de conflitos, definição de áreas prioritárias adequação dos usos das terras especialmente em bacias hidrográficas.

A determinação da capacidade de uso das terras em bacias hidrográficas é de grande relevância no que diz respeito ao subsídio do planejamento e desenvolvimento sustentável dessas unidades territoriais, pois consistem em um conjunto de superfícies vertentes e uma rede de drenagem que convergem em um único leito localizado na área de menor altitude. Por isso, os usos e coberturas de suas terras devem ser ordenados e manejados de maneira não prejudicial ao ambiente, evitando especialmente os processos erosivos e assoreamento dos rios para que os recursos naturais essenciais para a vida não se deteriorem ou esgotem.

Diante do exposto, este estudo teve por objetivo determinar a capacidade de uso das terras da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista, no Estado de São Paulo, com o intuito de verificar os conflitos de uso e identificar as áreas que necessitam ser conservadas ou recuperadas, subsidiando o planejamento e desenvolvimento sustentável desta unidade.

1.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista pertence à bacia hidrográfica do Rio Novo, inserida na Décima Sétima Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-17) do Estado de São Paulo. Abrange uma área de 45,8 km^2 e está inserida na área rural dos municípios de Cerqueira César e de Avaré, cerca de 280 km da capital do Estado (Figura 1).

Inserida no bioma Cerrado, a área de estudo apresenta vegetação característica de Cerrado e de contato com Mata Atlântica, do tipo Floresta Estacional (IBGE, 2019). Possui classificação climática Cwa (DUBREUIL *et al*., 2017), apesentando verão quente e úmido, e inverno seco, com temperaturas mais amenas.

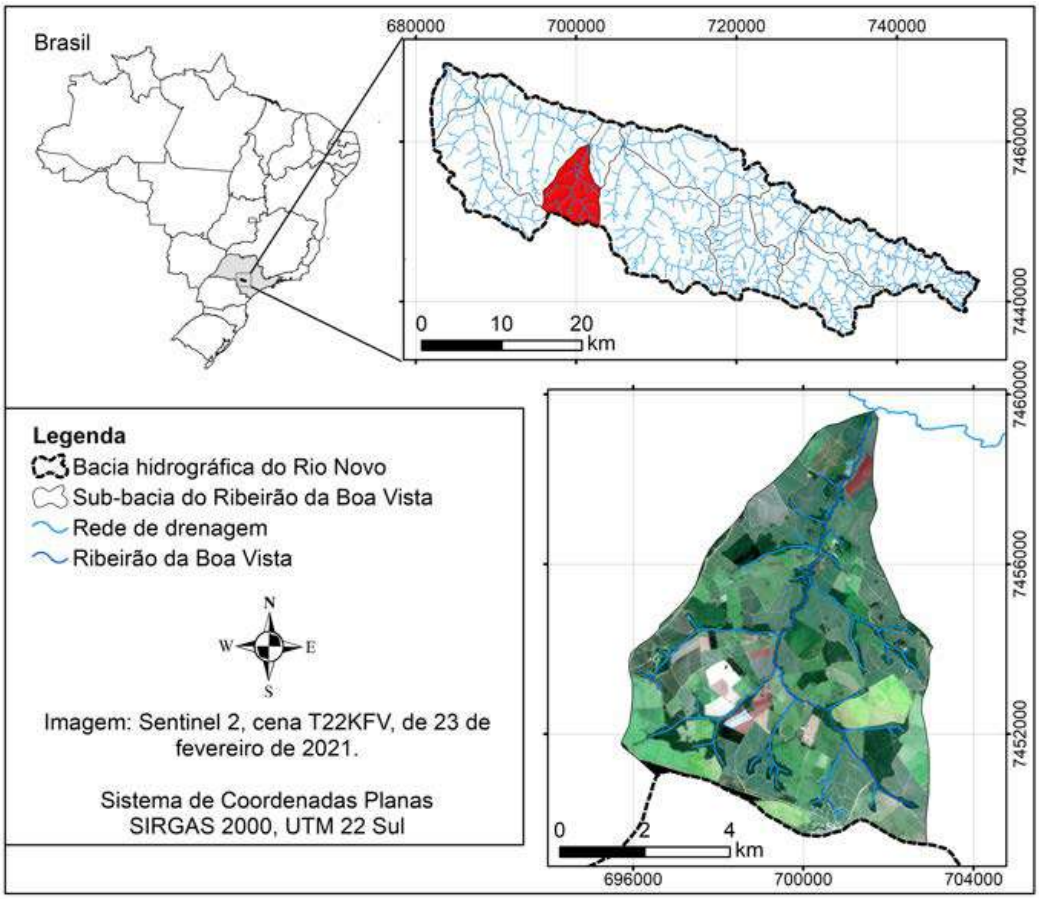


Figura 1: Localização da área de estudo
Fonte: Elaborado pelos autores

2. Metodologia

Para cumprir os objetivos propostos inicialmente foram mapeadas a declividade e a pedologia na área de estudo. Posteriormente, para determinação da capacidade de uso da terra foi adotada a proposta de Lepsch *et al*. (2015) e para a verificação dos conflitos de uso, foram mapeados os usos e cobertura da terra da bacia hidrográfica.

2.1 Mapeamento da declividade

Para mapear a declividade, inicialmente foi gerado o modelo digital do terreno (MDT) utilizando a ferramenta *Topo to raster* do *software* ArcGIS 10.8 (ESRI, 2019). Para isso foram utilizadas como dados de entrada as curvas de nível extraídas a cada 15 metros, da imagem de radar do sensor *Alos Palsar*. Essa imagem possui correção radiométrica no terreno, com

pixels de 12,5 metros (ASF DAAC, 2020), situada na órbita absoluta 27248, *path* 65, *frame* 6720, de 2011 (ASF DAAC, 2011).

Após obtido o MDT, este produto foi processado na ferramenta *Slope* do mesmo *software* para obtenção do mapa de declividade em porcentagem. As classes de declividade adotadas foram recomendadas por Lepsch *et al*. (2015), sendo: de 0 a 2% (relevo plano), acima de 2 a 5% (relevo suavemente inclinado), acima de 5 a 10% (relevo moderadamente inclinado), acima de 10 a 15% (relevo muito inclinado) e acima de 15 a 45% (relevo fortemente inclinado).

2.2 Mapeamento e caracterização dos solos

Neste estudo foi utilizado o mapa de solos do Estado de São Paulo, que foi revisado e ampliado por Rossi (2017). O arquivo vetorial deste mapeamento foi georreferenciado para o Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS 2000), projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 22 Sul, e recortado para a área de estudo, utilizando a ferramenta *Clip* do ArcGIS.

Para confirmar a ocorrência dos solos mapeados por Rossi (2017) e complementar sua caracterização física e química, foram realizados trabalhos de campo para identificação e coleta de amostras de solo que foram analisadas em laboratório (RAIJ *et al*., 2001; CAMARGO *et al*., 2009).

2.3 Mapeamento do uso e cobertura da terra

O mapeamento do uso e cobertura da terra da área de estudo foi procedido por interpretação visual de imagens (PANIZZA; FONSECA, 2011), em escala 1:10.000, no ArcGIS, a partir da sobreposição do arquivo vetorial do limite da bacia hidrográfica sobre a composição colorida das bandas 4, 3 e 2 (vermelho, verde e azul) do satélite Sentinel 2, com resolução espacial de 10 metros, cena T22KFV, de 23 de fevereiro de 202 (USGS, 2021).

As classes de uso e cobertura foram adaptadas de IBGE (2013) e das Nações Unidas (2016), sendo: campestre, cultura permanente, cultura temporária, infraestrutura, mata, pastagem, silvicultura e água. A classe campestre corresponde aos estratos predominantemente de arbustos bastante espaçados entre si, sobre um estrato gramíneo-lenhoso, comum no Cerrado e em áreas de transição; as culturas permanentes referem-se aos cultivos de longa duração, em que as plantas permanecem vinculadas ao solo; as culturas temporárias são aquelas de curta ou média duração

que após a produção deixam o terreno disponível para o manejo do solo; a infraestruturas correspondem as edificações e vias pavimentadas; a classe mata corresponde aos fragmentos florestais arbóreos remanescentes; as pastagens referem-se aos solos cobertos por vegetação gramínea, destinadas ao pastoreio de animais; a classe silvicultura refere-se aos plantios maciços de espécies exóticas (predominante de Eucalipto); e a classe água refere-se aos corpos d'água como lagos e reservatórios.

Para a confirmação das classes mapeadas, foram utilizadas as imagens do *Google Earth Pro* (GOOGLE LLC, 2019), que permitem a visualização de imagens atuais com alta resolução da área de estudo, e também foram realizados trabalhos de campo.

2.4 Determinação da capacidade de uso e conflitos de uso da terra

Para a determinação das classes de capacidade de uso das terras foram interseccionados os mapas de declividade e de solos, e utilizados os critérios adaptados de Piroli (2002) e do "Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso" (LEPSCH *et al*., 2015). Para isso as classes foram determinadas a partir da avaliação da declividade, profundidade efetiva do solo, pedregosidade, permeabilidade e drenagem, fertilidade aparente e da ocorrência de erosões laminares, em sulcos e voçoroca.

A profundidade efetiva foi determinada conforme a descrição morfológica de cada solo constante no levantamento de Rossi (2017); a pedregosidade foi avaliada conforme a descrição apresentada por Rossi (2017) e a partir de observações em trabalhos de campo; a permeabilidade e drenagem foram estabelecidas a partir das propriedades físicas avaliadas em laboratório; a fertilidade aparente foi baseada na análise química laboratorial das coletas de campo; e a ocorrência de erosões foi avaliada a utilizando a imagem do Sentinel 2, imagens de alta resolução do *Google Earth Pro* e observações em campo.

Para a verificação dos conflitos de uso das terras, o mapa de capacidade de uso foi interseccionado com o mapa de uso e cobertura da terra. A partir disso foi possível identificar as terras que estão em conformidade com a sua capacidade e aquelas que precisam ser adequadas.

3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta o mapa de declividade (Figura 2A), o mapa de solos (Figura 2B) e o mapa de uso e cobertura da terra de 2021 (Figura 2C) da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista.

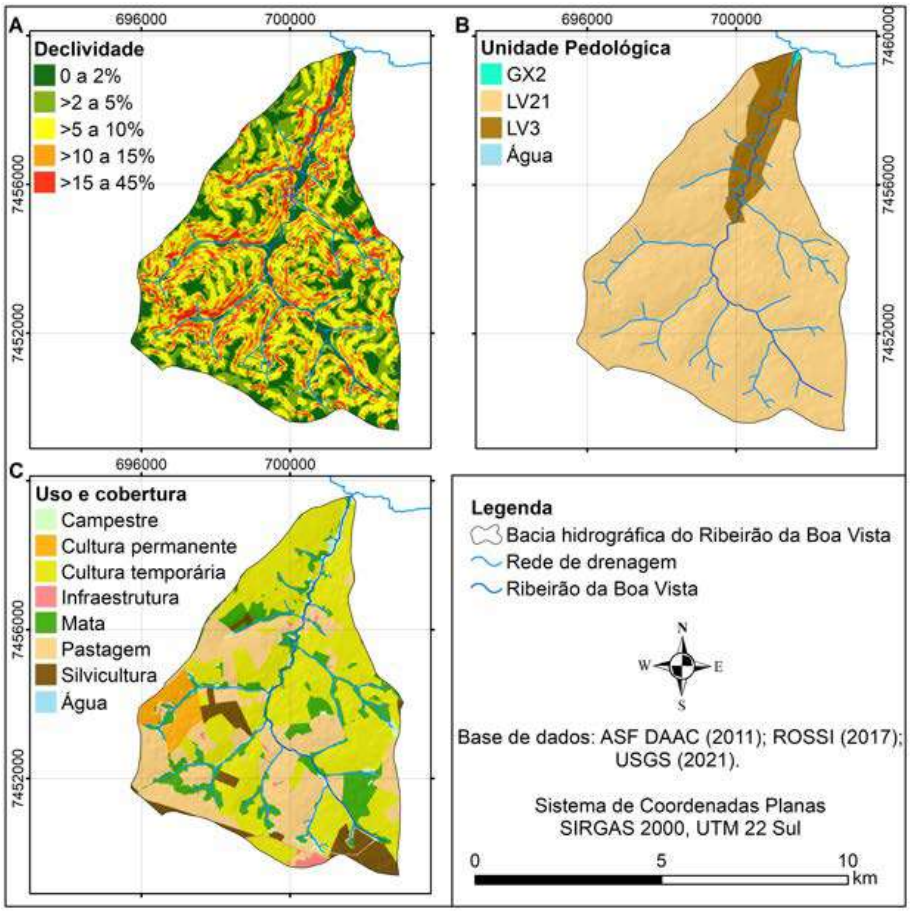


Figura 2: (A) Declividade, (B) Solos e (C) Uso e cobertura da terra de 2021 da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista
Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 1 apresenta o quantitativo das classes de declividade (Tabela 1A), solos (Tabela 1B) e uso e cobertura da terra (Tabela 1C) da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista.

Tabela 1: Quantitativo das classes de (A) Declividade, (B) Solos e (C) Uso e cobertura da terra de 2021 da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista

A - Declividade			B - Solos		
Intervalo de declividade	**Área (ha)**	**Área (%)**	**Unidade Pedológica**	**Área (ha)**	**Área (%)**
0 a 2%	824,7	18,0	GX2	5,8	0,1
> 2 a 5%	1074,6	23,4	LV3	413,9	9,0
> 5 a 10%	1573,5	34,3	LV21	4154,7	90,6

A - Declividade			B - Solos		
Intervalo de declividade	**Área (ha)**	**Área (%)**	**Unidade Pedológica**	**Área (ha)**	**Área (%)**
> 10 a 15%	720,7	15,7	Água	9,6	0,2
> 15 a 45%	390,5	8,5	-	-	-
	C - Uso e cobertura da terra				
	Classes	**Área (ha)**	**Área (%)**		
	Água	9,6	0,2		
	Campestre	119,8	2,6		
	Cultura permanente	164,5	3,6		
	Cultura temporária	2084,7	45,5		
	Infraestrutura	34,7	0,8		
	Mata	677,9	14,8		
	Pastagem	1241,0	27,1		
	Silvicultura	251,8	5,5		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante destes resultados, foi possível observar que a bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista possui relevos predominantemente suaves e moderadamente inclinados (de 2 a 10% de declividade) e os solos predominantes são os Latossolos Vermelhos (LV21 e LV3). Tais características evidenciam um ambiente favorável para as atividades agropastoris, conforme confirmado pelo mapeamento dos usos e cobertura da terra, que apresenta maiores percentuais de cultivos agrícolas (sendo 45,5% de cultivos temporários e 3,6% de cultivos permanentes) e pastagens (com 27,1% de cobertura).

No entanto, também foram observadas áreas com relevo fortemente inclinado (de 15 a 45% de declividade), que abrange 8,5% da bacia hidrográfica, que apresentam elevados riscos de ocorrência de erosões, revelando limitações difíceis de serem corrigidas para implantação de atividades agrícolas. Além disso também há a ocorrência de Gleissolos (GX2) que, apesar de estarem localizados em terrenos planos e com baixo risco de erosão, possuem limitações severas quanto a sua capacidade de uso agrícola devido ao excesso de água, pois são áreas frequentemente encharcadas ou com inundações constantes (LEPSCH *et al.*, 2015).

O Quadro 1 apresenta a determinação dos grupos e classes de capacidade de uso da terra a partir dos critérios de julgamento adaptados de Piroli (2002) e Lepsch *et al.* (2015).

Quadro 1: Determinação da capacidade de uso da terra segundo os critérios de julgamento

Unidade Pedológica	Dec. (%)	Critérios de julgamento das classes								Capacidade de uso da terra	
		P.E.	Dec.	Ped.	P.D.	F.A.	E.L.	E.S.	V.	Grupo	Classe
GX2	0 a 2	II	I	I	V	III	I	II	I	B	V
LV3	0 a 2	I	I	I	I	II	II	II	I	A	II
	> 2 a 5	I	II	I	I	II	II	II	I	A	II
	> 5 a 10	I	III	I	I	II	II	II	I	A	III
	> 10 a 15	I	IV	I	I	II	II	II	I	A	IV
	> 15 a 45	I	VI	I	I	II	II	II	I	B	VI
LV21	0 a 2	I	I	I	I	III	II	II	I	A	III
	> 2 a 5	I	II	I	I	III	II	II	I	A	III
	> 5 a 10	I	III	I	I	III	II	II	I	A	III
	> 10 a 15	I	IV	I	I	III	II	II	I	A	IV
	> 15 a 45	I	VI	I	I	III	II	II	I	B	VI

Legenda: Dec. (%): declividade; P.E.: profundidade efetiva; Ped.: pedregosidade; P.D.: permeabilidade e drenagem; F.A.: fertilidade aparente; E.L.: erosão laminar; E.S.: erosão em sulcos; V.: Voçoroca.
Fonte: elaborado pelos autores.

A partir destes critérios foi possível mapear e representar espacialmente a distribuição das classes de capacidade de uso da terra da área de estudo (Figura 3A) e dos seus respectivos conflitos (Figura 3B). A Tabela 2 apresenta o quantitativo das classes de capacidade de uso da terra e a Tabela 3 apresenta o quantitativo de uso, cobertura e conflitos presentes nas classes V e VI de capacidade na bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista.

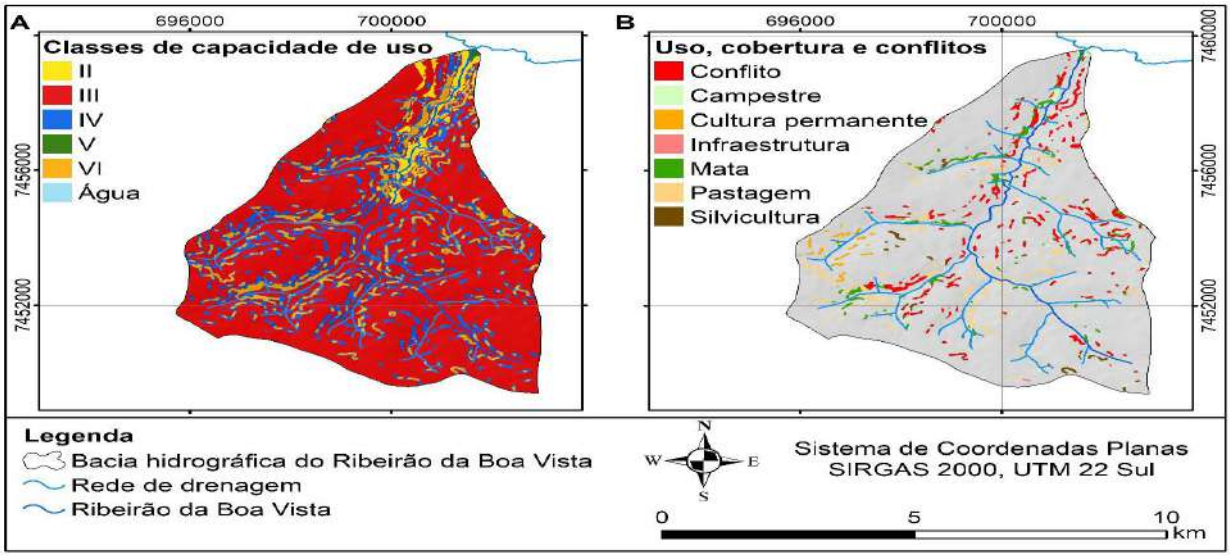


Figura 3: (A) Capacidade de uso da terra e (B) conflitos de uso na bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2: Quantitativo das classes de capacidade de uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista

Capacidade de uso da terra		Área (ha)	Área (%)
Grupo	Classes		
A	II	128,8	2,8
	III	3329,4	72,7
	IV	720,1	15,7
B	V	5,8	0,1
	VI	390,3	8,5
Água	Água	9,6	0,2

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3: Quantitativo de uso e cobertura da terra nas classes V e VI de capacidade na bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista

Classes de uso, cobertura e conflito	Área (ha)	Área (%)
Conflito	152,5	38,56
Campestre	16,1	4,06
Cultura permanente	19,7	4,97
Infraestrutura	2,3	0,58
Mata	84,7	21,38
Pastagem	102,0	25,76
Silvicultura	18,6	4,69

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante destes resultados foi possível observar que 90,2% pertencem ao Grupo A (sendo: 2,8% da classe II, 72,7% da classe III e 15,7% da classe IV) e correspondem às terras aptas para cultivos agrícolas intensivos, pastagens, reflorestamentos, florestas e refúgio para fauna e flora silvestres. No entanto, para cada classe há características específicas para conservação segundo suas limitações.

As terras da classe II estão relacionadas aos LV3 com inclinação do terreno de até 5% e a ocorrência de erosões em sulcos superficiais, requerendo práticas simples de conservação do solo para evitar a deterioração, como o plantio em nível, cultivos em faixas e rotação de culturas. As terras da classe III, estão relacionadas aos Latossolos presentes nos relevos moderadamente inclinados e aos LV21, de até 10% de declive, com baixa fertilidade aparente, necessitando de práticas de conservação mais complexas de serem aplicadas e mantidas, como terraceamentos e práticas

de fertilização do solo. As restrições das terras da Classe IV são maiores do que as terras da classe III, pois a principal limitação desta classe está relacionada ao relevo muito inclinado o que limita a escolha dos cultivos, necessitando de manejos mais cuidadosos e as práticas de conservação mais difíceis de serem estabelecidas e mantidas (LEPSCH *et al*., 2015; ANA, 2016; PIROLI, 2016).

Cabe ressaltar que 8,6% das terras da bacia hidrográfica em estudo pertencem ao Grupo B (sendo: 0,1% da classe V e 8,5% da classe VI), correspondendo às terras impróprias para cultivos intensivos e próprias para os outros usos.

As terras da classe V correspondem àquelas com ocorrência do Gleissolo, em terrenos planos, com baixo risco de erosão, mas com limitações que impedem lavouras, por estarem frequentemente encharcadas ou com inundações. Já as terras da Classe VI, apresentam limitações permanentes e riscos de degradação em grau severo relacionados à erosão, pois estão presentes em relevos fortemente inclinados. Em razão das limitações das terras do Grupo B, estas não são adequadas para cultivos temporários, sendo mais recomendadas as coberturas por vegetação natural, silviculturas ou pastagens, no entanto certas culturas permanentes semelhantes ao reflorestamento podem ser usadas para proteger o solo (LEPSCH *et al*., 2015).

Quanto aos conflitos, foram observados que 152,5 ha, que representam 3,3% da área total da bacia hidrográfica, pertencem ao Grupo B e estão cobertos por cultivos temporários. Apesar de baixo percentual, observa-se que estes conflitos estão, em sua maioria, relacionados às áreas de relevos fortemente inclinados e no entorno próximo dos cursos d'água, podendo ser a origem do desencadeamento de problemas ambientais maiores, especialmente de erosão e assoreamento dos rios.

4. Considerações Finais

As Geotecnologias, em conjunto com trabalhos de campo e estudos de critérios técnicos e científicos relacionados ao tema, permitiram a determinação da capacidade de uso das terras da bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista e a verificação dos atuais conflitos de uso.

Foi possível observar que os relevos predominantes são suaves e moderadamente inclinados, cobertos em sua maioria por Latossolos Vermelhos. Estas características evidenciam a predominância do Grupo A de capacidade de uso, que são aptos para a produção agrícola intensiva. Deste grupo há maior ocorrência da classe III (72,7%) que, apesar de não apresentar conflitos de uso, possuem limitações relacionadas ao relevo moderadamente inclinado e quanto à fertilidade, que devem ser corrigidos de maneira correta para proteger a produção e não impactar negativamente o solo e a água.

Nas terras do Grupo B, que não são aptas para os cultivos agrícolas, foram identificados conflitos de uso que apesar de baixo percentual (3,3%) seu conhecimento é de suma importância, pois estas áreas podem ser a origem de futuros problemas ambientais maiores relacionados à erosão dos solos, contaminação e assoreamento dos rios. Diante disso, o presente estudo apresenta grande relevância ao subsídio no planejamento e desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica, pois permitiu identificar as áreas que necessitam ser manejadas e recuperadas, o que contribui com a perenidade dos recursos naturais presentes.

5. Referências

ANA. Agência Nacional das Águas. **Práticas mecânicas de conservação de água e solo**. 2016. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/62>. Acesso em: 1 jul. 2021.

ASF DAAC. Alaska Satellite Facility. Distributed Active Archive Center. Earth Data – NASA. **ALOS PALSAR [AP_27248_FBS_F6720_RT1]**; Inclui material. JAXA / METI 2011. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS>. Acesso em: 12 fev. 2019.

ASF DAAC. Alaska Satellite Facility. Distributed Active Archive Center. **ALOS PALSAR - Radiometric Terrain Correction**. Disponível em: <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>. Acesso em: 6 jun. 2020.

BRAZ, A. M.; BARROS, M. H. S.; BRAZ, A. M.; GARCIA, P. H. M. Manejo e capacidade de uso das terras aplicando geotecnologias na bacia hidrográfica do córrego Lajeado

Amarelo –Três Lagoas/MS. **Revista Cerrados**, v. 15, n. 1, p. 237-264, 2017. DOI: https://doi.org/10.22238/rc24482692v15n12017p237a264.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).

CAMPOS, S.; CAMPOS, M.; NARDINI, R.C. Caracterização da capacidade de uso das terras de uma microbacia no interior paulista. **Nativa**, v.4, n.5, p.328-332, 2016. DOI: DOI: 10.14583/2318-7670.v04n05a09.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 147p.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 a 2015. **EchoGéo**, v. 41, p. 01-27, 2017. DOI: https://doi.org/10.4000/echogeo.15017.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. ArcGis 10.8. 2019.

GOOGLE LLC. **Google Earth Pro**, v. 7.3, Mountain View, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações ambientais. Vegetação. Base de Dados Espacial 1:250.000, Brasil. **Mapa da Vegetação Brasileira**. 2019. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/vetores/escala_250_mil/versao_2019/>. Acesso em 06 de abril de 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H. **Land-Capability classification**. Washington: Soil Conservation Service/U.S. Gov. Print Office, 1961. (Handbook, 210).

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D.S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 1a edição. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170 p.

MENDES, L. S.; ROSA, R. Avaliação da capacidade de uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço – Ituiutaba/MG. **Gaia Scientia**, v.13, n.1, p.91-102, 2019. DOI: https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2019v13n1.45964

NAÇÕES UNIDAS. **Sistema de Contas Econômicas Ambientais** – 2012. Marco Central. Brasília: United Nations, 2016. 320p. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40850/1/S1601340_pt.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2020.

PANIZZA, A.; FONSECA, F. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v. 15, n. 3, p. 30-43, 2011. DOI: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2011.74230.

PIROLI, E. L. **Água**: por uma nova relação. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2016. 144 p.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP**. 2002. 122f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu-SP, 2002.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 285 p. 2001.

RAMOS, A. W. P.; LUZ, C. C. S.; NEVES, S. M. A. S.; FREITAS, L. E., NEVES, L. F. S. Análise da capacidade e conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Piraputanga-MT, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 55, p. 812-827, 2018. DOI: https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n55p812-827.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2017/09/mapa-pedologico-do-estado-de-sao-paulo-revisado-e-ampliado/>. Acesso em: 7 abril 2020.

USGS. United States Geological Survey. Science for a changing world. **Earth Explorer – Home**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 15 abril 2021.

Estratégias de Gestão Comunitária da Água em Territórios Quilombolas e a Defesa do Bem Comum

Silene Lima Dourado Ximenes Santos[1]
Ariel Godinho Vespucci [2]
Karla Emmanuela Ribeiro Hora[3]

Resumo: A água é um elemento indispensável à saúde e à qualidade de vida. Objetivando trazer a discussão sobre os mecanismos e instrumentos, bem como conhecer os atores envolvidos na gestão comunitária da água em comunidades quilombolas, este ensaio acadêmico destacou um estudo de caso partindo de uma revisão sistemática da literatura. Muitas particularidades envolvem a execução de políticas públicas e o manejo de recursos naturais em comunidades quilombolas. Observou-se que apesar das mudanças nas estratégias para gestão comunitária da água, com possibilidades de parcerias para ações estruturais e estruturantes, são necessários ambientes favoráveis ao diálogo e resolução de conflitos, além da consideração dos valores individuais e coletivos. Importante destacar que as comunidades quilombolas vivenciam, ao mesmo tempo, suas lutas enquanto sujeitos de direitos e suas transformações culturais pela inserção das dinâmicas que envolvem a apropriação desses mesmos direitos.

Palavras-Chave: Quilombolas; Gestão Comunitária; Água.

Abstract: Water is an essential element for health and quality of life. Aiming to discuss the mechanisms and instruments, as well as to know the actors involved in community water management in quilombola communities, this academic essay highlighted a case study based on a systematic literature review. Many particularities involve the execution of public policies and the management of natural resources in quilombola communities. I was observed that despite changes in strategies for community water management, with possibilities for partnerships for structural and structuring

1 Doutoranda em Ciências Ambientais/Universidade Federal de Goiás. Farmacêutica/ Bioquímica. Fundação Nacional de Saúde - silenexfunasa@gmail.com.

2 Doutorando em Ciências Ambientais/ Universidade Federal de Goiás. Geógrafo - arielvespucci@hotmail.com.

3 Docente no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais/ Universidade Federal de Goiás. Arquiteta-urbanista - Karla_hora@ufg.br.

actions, favorable environments for dialogue and conflict resolution are needed, in addition to the consideration of individual and collective values. It is important to highlight that quilombola communities experience, at the same time, their struggles as subjects of rights and their cultural transformations through the insertion of the dynamics that involve the appropriation of these same rights.

KeyWords: Quilombola Community; Community Management; Water.

1. Introdução

A gestão de um recurso considerado um direito humano fundamental, como a água (ONU, 2010), traz consigo especificidades que envolvem crenças e valores e, não apenas, requisitos administrativos teórico-práticos. Da mesma forma, falar em um bem que é comum à totalidade dos indivíduos requer trazer ao diálogo os sujeitos, as coletividades e a perspectiva da territorialidade.

As reflexões sobre os problemas ambientais contemporâneos têm relação estrita com os debates das décadas de 1960 e 1970, quando deu-se relevância às questões ambientais. Na época, além dos incidentes ambientais, a publicação do livro 'Primavera Silenciosa', de Rachel Carson, em 1962, tornou-se um alerta sobre tal problemática. Por conseguinte, a agenda política incorporou uma preocupação com o Meio Ambiente, compreendendo-o como um "*conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, em um prazo curto ou longo, sobre os seres vivos e as atividades humanas",* conforme definição cunhada na Conferência de Estocolmo (ONU, 1972).

Em "Os Limites do Crescimento", publicação de 1972 elaborada por uma equipe de cientistas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), o acesso e disputa pelos recursos naturais ficou ainda mais evidente ao se alertar para o risco do aumento populacional e a exploração praticada pelo modelo desenvolvimentista posto há época.

De uma forma geral, a preocupação com o Meio Ambiente está relacionada com a forma com que o desenvolvimento socioeconômico tem sido perseguido. Trata-se de uma exaustiva dinâmica em busca de um "bem-estar" posto pela modernidade ocidental eurocêntrica, capitalista e colonial (Sampaio et al, 2017) que desconsidera as externalidades causadas

pelo modelo de desenvolvimento em curso e os grupos que podem ser vulnerabilizados.

Nesse interím, há um ciclo autoalimentado de danos ao meio e à saúde das pessoas. Segundo documento produzido no encontro da OMS em 1993, na cidade de Sofia, no qual menciona a influência (ou efeitos) que o meio ambiente pode causar na saúde humana ou na sua qualidade de vida, a

> Saúde ambiental são todos aqueles aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Também se refere à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar aqueles fatores do meio ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras (Carta de Sofia, como em Ribeiro, 2004)

Portanto, o acesso à água está relacionado à sua disponibilidade num ambiente que pode promover a melhoria da qualidade de vida, a saúde e o bem-estar das pessoas. Ou ainda, vinculado à uma ideia de bem-viver subjetivo que envolve direitos territoriais, integração, manutenção da cultura, tradições, emancipação e integridade (Sampaio et al, 2017).

Contudo, o crescimento demográfico não foi acompanhado de estruturas e condições condizentes às diferentes demandas pelo uso da água. A mediação baseou-se no modelo econômico, gerando aumento da pressão sobre os recursos hídricos, não apenas em relação à quantidade, mas também à qualidade. Ademais, as assimetrias socioeconômicas amplificam as distorções na forma de acesso aos recursos naturais.

Dados da Organização Mundial da Saúde (ONU, 2021) relatavam que 1,8 bilhão de pessoas no mundo usam fontes de água contaminada com fezes, além disso, 80% das águas residuais voltam para os ecossistemas aquáticos sem serem tratadas ou reutilizadas. O impacto na qualidade (e na quantidade) requerida ao consumo humano, torna a água um elemento de disputas e conflitos. Dessa forma, faz-se necessário a adoção de mecanismos de gestão que atendam aos interesses e usos múltiplos, resguardando sua sustentabilidade às gerações futuras.

Portanto, se o acesso à água deve considerar aspectos tanto de quantidade quanto de padrão de potabilidade destinada ao consumo humano, a prestação do serviço de abastecimento de água requer abordagens tecnicistas para a realização dos tratamentos respectivos, demandando, também, ações estruturantes (Brasil, 2015).

No âmbito das ações estruturantes, a gestão participativa envolvendo a diversidade de atores tem sido considerada um desafio de mão dupla quando há envolvimento de povos e comunidades tradicionais. Há que se considerar uma relação de diálogo entre o conhecimento tecnicamente aceito e os conhecimentos territorializados construídos ao longo de gerações. Esse diálogo deve considerar a relevância da ciência e das técnicas, mas também, os sistemas de percepção, de representações, de símbolos e de mitos envolvidos no manejo dos bens comuns (Barros, 2012), incluído a água, por essas comunidades. Compete entender, então, que território se constitui de um significado e um significante, pois, segundo Giménez (2000, p.94), é

> um meio de subsistência, uma fonte de recursos, uma área geopoliticamente estratégica, como uma unidade político administrativa etc; porém, também [...] paisagem, beleza natural, entorno ecológico, como objeto de apego afetivo, a terra natal, como lugar de inscrição de um passado histórico e de uma memória coletiva

É no território, que as mediações para o acesso à ação podem se tornar mais efetiva e eficaz. Considerando o contexto exposto, este artigo tem o objetivo discutir os mecanismos de gestão comunitária da água e as transformações advindas das abordagens relacionadas à coletividade por meio de revisão da literatura e identificação de casos exitosos.

2. Metodologia

O presente texto trata-se de um ensaio acadêmico construído a partir de uma Revisão Sistemática sobre gestão da água em comunidades quilombolas.

A revisão sistemática, segundo Kitchenham (2004), é um método capaz de identificar, avaliar e interpretar todos os estudos relevantes disponíveis para uma questão de pesquisa específica, com uma diversidade de aplicações.

O uso da revisão teve como propósito identificar diversos instrumentos e mecanismos de participação social das comunidades e de demais atores envolvidos na gestão da água em territórios quilombolas.

Essa etapa foi realizada partindo-se de referências controles (Ostrom, 2002; Barros, 2012), que serviram de entendimentos prévios para a busca e, posteriormente, consultando a base cientifica Periódicos Capes com as palavras-chaves "*community water management*" (contendo qualquer dessas palavras, em qualquer parte da publicação) e "*quilombola community*" (contendo o termo exato). De modo a contemplar pesquisadores brasileiros, a busca também foi realizada com as palavras-chaves "Gestão Comunitária da Água" e "Quilombola" (contendo qualquer dessas palavras, em qualquer parte da publicação). A busca não foi restringida em nenhum dos aspectos: espaço físico e temporal, área e tipo de documento.

Os critérios de seleção das publicações relevantes foram: ser revisado por pares e citar mecanismos, instrumentos e atores envolvidos na gestão comunitária da água, especialmente em comunidades quilombolas. Foram excluídos os documentos repetidos e inadequados ao tema, que não atendiam ao objetivo estabelecido. O tratamento dos dados consistiu na tabulação dos artigos publicados em editor de planilhas eletrônicas no software Microsoft® Excel e análise dos critérios requeridos pelos autores.

3. Resultados e discussão

A busca realizada no Portal Periódicos da Capes resultou em 40 publicações, sendo selecionada 34 revisadas por pares. Após aplicação dos critérios de pesquisa, 6 (seis) publicações foram selecionadas.

Para melhor entendimento, as discussões foram pautados em dois tópicos: Gestão Comunitária e Transformações relacionadas aos valores e bens comuns.

3.1 Gestão Comunitária

Segundo Larrea-Killinger (2015), as comunidades tradicionais se organizam para resolver um problema como, no caso, obter e armazenar água para suas atividades, mediante a inexistência ou irregularidade do serviço público prestado. Nesse estudo etnográfico, averiguou-se que a comunidade Monte Alegre, localizada em Cairu-BA, utilizava várias fontes naturais de água para as diferentes atividades domésticas e práticas rituais, mas também, dispunha de um Sistema de Abastecimento de Água

conseguido por meio da organização da comunidade e de uma liderança local, junto à Companhia de Desenvolvimento e Ação Social do Estado da BA-CAR. Porém, havia dificuldades de operação e manutenção do sistema. A autogestão do sistema era exercida pela associação local que unia duas comunidades próximas. No entanto, a outra comunidade tinha o turismo como meio de produção de renda, o que gerava conflitos, além de brigas familiares, dificultando a gestão do sistema.

Importante destacar a diferença e similaridade entre gestão e governança. De modo simplificado, a gestão tem atribuições desde o planejamento até a prestação de um dado serviço e um dos mecanismos para executar essas atividades, de modo estratégico, é a governança. Esta última demanda um ambiente social favorável pois compreende um compartilhamento de responsabilidades e ações entre os atores, em termos de organização, planejamento e execução das funções de interesse comum (Brasil, 2015).

A comunidade Monte Alegre optou pela autogestão com atores da própria comunidade; garantindo-se uma espécie de autogovernança (Larrea-Killinger, 2015). Outras duas formas principais de governança frequentes em comunidades e que envolvem o Estado são: a governança hierárquica e a co-governança (Chuenpagdee, 2011 *apud* Futemma, Munari e Adams, 2015).

Para Magalhães Filho et al (2019) é necessário que a gestão dos serviços de água permita o envolvimento da comunidade, com intervenções que reflitam as decisões da população, aliada à capacitação e mudanças de comportamento. Esse discurso é averiguado por Silva (2019), em entrevista com gestores locais, citando que o envolvimento de comunidades na gestão de áreas de conservação impõe desafios no sentido de tornar modos de vida compatíveis com as regras da Unidade de Conservação, definido por Diegues (2004 *apud* Silva, 2019) como o mito da natureza intocada. Nota-se que há um viés para a prática da co-governança ou governança hierárquica, nas quais há dependência do controle central pelo Estado.

Há, nesse ínterim, intenção do Governo em ampliar sua capacidade de gestão, desenvolvendo "sujeitos/gestores autônomos e críticos", para atender às abordagens voltadas para o desenvolvimento sustentável com a participação das comunidades locais na gestão das políticas (Gallo e Setti, 2012).

Por outro lado, há desafios enfrentados pelas comunidades locais visto que novos arranjos sociais e institucionais se desenvolvem provocando mudanças (Futemma, Munari e Adams, 2015). De fato, existe a mudança de uma vida comunitária para outra associativa para resolver os proble-

mas, e as duas ao mesmo tempo, entrelaçando *habitus* e forças sociais que a comunidade vai convivendo (Larrea-Killinger, 2015).

Várias abordagens, nesse sentido, são executadas em comunidades rurais e tradicionais. Nas políticas públicas brasileiras, a Lei nº 14.119/2021 (Brasil, 2021), que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), trouxe diretrizes que possibilitam a interação entre a população local e o governo, tais como: (i) atender ao princípio do provedor/recebedor; (ii) utilizar o PSA como instrumento para a promoção de desenvolvimento social, econômico, ambiental e cultural da populações tradicionais, dos agricultores familiares e dos povos indígenas; (iii) a completividade do PSA no tocante aos instrumentos de controle e comando da Política Nacional do Meio Ambiente e, (iv) o controle social, a propaganda e a transparência nas relações entre os pagadores e provedores dos serviços ambientais servidos (CANEDO, 2020).

No âmbito do saneamento, para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, a gestão comunitária da água pode contar com parcerias entre agências governamentais, instituições de pesquisa, Organismos Não Governamentais (ONGs) e setor privado, e é considerada como

> a reunião local de um conjunto de ações cooperativas com organização autônoma para promover a construção ou a operação de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em ambientes coletivos de comunidades e residências, principalmente no meio rural (IPEA, 2020, p.10).

Numa pesquisa-ação desenvolvida em comunidades tradicionais do Mosaico da Bocaina, com o objetivo de contribuir para a promoção da qualidade de vida e da sustentabilidade econômica por meio da implantação coletiva de Agenda estratégica local, houve envolvimento da comunidade no planejamento, gestão e avaliação da implantação da agenda. Foram realizadas Oficinas e desenvolvimento de capacidades/ habilidades de caráter multiplicador. Entretanto, houve articulação intergovernamental: Ministérios de Meio Ambiente e Turismo, Governo do Estado do Rio de Janeiro, Prefeitura Municipal de Paraty (Gallo e Setti, 2012).

Da mesma forma, além da comunidade, com vagas previstas para seus representantes no Conselho Consultivo, as instâncias municipais, estaduais e Organizações Não Governamentais também compõem a governança do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) (Santana, Fontes Filho e Rocha, 2015).

Em outro estudo, Futemma, Munari e Adams (2015) estudaram a transformação histórica da estrutura institucional nos territórios afro-brasileiros do Vale do Ribeira, em São Paulo. Foram citadas fases: "*As disputas de terras levaram a mudanças nas formas de apropriação da propriedade coletiva informal para a privada formal e, finalmente, para a propriedade coletiva formal*." Dentre os atores envolvidos na governança dos três territórios afro-brasileiros foram destacados a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), Instituto Socioambiental, Igreja Católica, pesquisadores e acadêmicos (universidades) e, principalmente, os quilombos (por meio da Associação Comunitária). Ainda, considerando as diferentes interações e em diferentes níveis, a comunidade dispunha da Agência Estadual (ITESP) como ponte entre eles e a Companhia (CETESB).

Um outro exemplo traz, ainda, o uso de *softwares* para apoiar gestores nos processos de planejamento, tomada de decisão e gestão da água e da sustentabilidade do saneamento. Mesmo assim, adicionando essa tecnologia, é necessário o envolvimento de diferentes atores como Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), ONGs, técnicos de concessionárias de serviços de água e saneamento, além dos membros e líderes da comunidade (Magalhães Filho et al, 2019). A abordagem condiz com a dinâmica de um modelo de gestão compartilhada (governança) que requer o Estado como poder central

Enfim, o fato é que há muitos interesses entrelaçados na teia da governança ou gestão de bens comuns que pressionam modos de vida tradicionais. Um deles é a própria necessidade de atender às populações com políticas de promoção à saúde, embora estas muitas vezes não se adequem às realidades locais. Com isso, há adaptações observadas em estudos de evolução cultural para a propensão a cooperar com base no desenvolvimento e crescimento das normas sociais (Ostrom, 2000).

3.2 Transformações relacionadas aos valores e bens comuns

As visões que cada diferente indivíduo tem de mundo são reflexo da convivência com outros indivíduos, num ambiente próprio, trazendo a valorização dos aspectos da territorialidade para a sua formação enquanto ser. (Sampaio *et al*, 2017).

Nesse caminho, as atitudes frente aos elementos das interações são decorrentes das percepções e prioridades, dos resultados emotivos relacio-

nados aos valores e seus julgamentos, conhecimentos adquiridos e seus usos, e dos anseios individuais e coletivos (Barros, 2012).

Dentre os elementos envolvidos nas inter-relações encontra-se a água, um bem comum e de uso coletivo, mas também um território. Nesse entendimento está tanto a disponibilidade do recurso natural no ambiente quanto o acesso à prestação de serviços de abastecimento. Mas, ponderando as questões da promoção da saúde, enquanto recurso para viver, também são requeridos justiça social e equidade, os quais podem ser alcançáveis por meio de fatores políticos, econômicos, sociais, culturais, ambientais, comportamentais e biológicos favoráveis. Se depreende, a partir disso, que a promoção da saúde está dependente de ações e políticas para ambientes saudáveis e que conservem os recursos naturais, através de estratégias ecológicas de amplo alcance, e que fortaleça a participação comunitária para a "*posse e o controle dos seus próprios esforços e destino*" (Carta de Ottawa - WHO, 1986).

Entretanto, há um modelo de desenvolvimento hegemônico posto e imposto às sociedades que não garante homogeneidade no acesso aos bens comuns e, portanto, os impactos positivos e negativos dessa relação se traduzem diferentemente entre os diferentes grupos sociais ou populações. Daí, surgem as questões sobre a sustentabilidade desse desenvolvimento, e as perspectivas do bem-viver e da emancipação. De fato, são questões inter-relacionadas e indissociáveis.

Para o Bem Viver há necessidade da emancipação humana, porém, reconhecendo sua conexão com a dinâmica ambiental, não exclusiva de uma geração (Sampaio et al, 2017). No entanto, percebe-se que o direito de certos sujeitos em se ter direitos para um convívio próprio com o seu ambiente requer uma sociedade liberada do antropocentrismo, para a qual é "*necessário um profundo processo de descolonização intelectual, em particular nos aspectos político, social, econômico e certamente cultural*" (Martinéz e Acosta, 2017).

Nesse ínterim, as diferentes intervenções para implementação e sustentabilidade das políticas públicas de conservação e acesso à água transformam realidades e sujeitos, numa perspectiva de cooperação e, nesses novos arranjos de co-governança ou parcerias institucionais, as comunidades quilombolas se tornam líderes que podem autogovernar seus territórios (Futemma, Munari e Adams, 2015).

Por outro lado, a implementação de políticas de acesso aos direitos considerados fundamentais em territórios tradicionais, como as comunida-

des quilombolas, traz consigo dilemas relacionados à inserção de normas sociais diferenciadas daqueles contextos particulares, mesmo sendo considerada uma visão otimista (Ostrom, 2000).

Comunidades quilombolas entendem a necessidade da preservação dos bens naturais, mas podem viver a "*contradição de também desejarem o progresso e os benefícios e comodidades que vêm junto com ele: acesso a serviços de saúde, estradas, energia elétrica, água encanada, escolas, meios de comunicação*" (Barros, 2012). A organização das comunidades em associações comunitárias e intercomunitárias para defesa de seus bens e luta por seus direitos acaba pondo em risco suas antigas práticas tradicionais de forma gradual e silenciosa, e nem sempre resulta no reconhecimento das suas formas de manejo ou resolução de conflitos (Larrea-Killinger, 2015; Silva, 2019).

4. Considerações Finais

A problemática ambiental em comunidades tradicionais, como as quilombolas, tem um significado diferenciado, em virtude da discussão dos seus territórios. Não se pode dissociar a água dos seus territórios, dos seus modos de vida e da forma como se relacionam com a natureza. Ao passo que, a gestão comunitária da água e a promoção da saúde passa, necessariamente, pelos significados e valores individuais e da coletividade.

Embora ainda incipientes, observam-se mudanças nas estratégias de implementação de políticas públicas relacionadas à gestão participativa da água, tanto para os recursos hídricos em seu ambiente natural, quanto para a água destinada ao consumo humano por meio da prestação dos serviços de abastecimento gerenciadas localmente, com mecanismos e instrumentos que preveem a participação e o controle social.

Válido ressaltar, porém, que a legislação do setor saneamento não considera prestação de serviço público aqueles geridos pela própria comunidade (Decreto nº 10.588/2020 - Brasil, 2020) o que, de certa forma, facilita as diferentes parcerias e mecanismos para ações estruturais e estruturantes. Há, ainda, um outro caminho, o da intersetorialidade de políticas (saneamento e meio ambiente), no âmbito do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6, no qual é requerido o alcance da meta de apoio e fortalecimen-

to da participação das comunidades locais, priorizando o controle social para melhorar a gestão tanto da água quanto do saneamento (ONU, 2015).

A governança ou gestão comunitária da água exige ambientes favoráveis ao diálogo e resolução de conflitos, o que demanda, também, a percepção de que o território de certos sujeitos não são, necessariamente, os mesmos dos demais grupos. Nisso destacam-se os valores individuais e coletivos.

A compreensão a que se chega revela um "cabo de guerra" com forças desiguais e interesses diversos em torno de um recurso de uso coletivo, porém um Bem de poucos. Por isso, a sustentabilidade é, ainda, o utópico centro demarcado que poderia conciliar as objetividades e subjetividades.

Percebe-se que as comunidades quilombolas vivenciam, ao mesmo tempo, suas lutas enquanto sujeitos de direitos e suas transformações culturais pela inserção das dinâmicas que envolvem a apropriação desses mesmos direitos.

5. Referências

BARROS, J. R. **A percepção ambiental dos quilombolas Kalunga do Engenho e do Vão de Almas acerca do clima e do uso da água**. Ateliê Geográfico. Goiânia-GO, v. 6, n. 4 Dez/2012. p.216-236.

BRASIL. Lei nº 13.089 - Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 12 de janeiro de 2015.

BRASIL. Lei nº 10.588 - Dispõe sobre o apoio técnico e financeiro de que trata o art. 13 da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, sobre a alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou geridos ou operados por órgãos ou entidades da União de que trata o art. 50 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, de 24 de dezembro de 2020.

BRASIL, Lei nº 14.119 - Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Diário Oficial da União, de 13 de janeiro de 2021.

CANEDO, L. F. T. **Pagamento por serviços ambientais**: análise do programa "Produtor de Água no Ribeirão João Leite". 2020. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

CHUENPAGDEE, R. I**nteractive Governance for Marine Conservation**: An Illustration. Bulletin of Marine Science. v. 87, n. 2, p. 197–211, 2011. In. Futemma, C; Munari, LC; Adams, C. The Afro-Brazilian Colletive Land: Analyzing Institutional Changes in the past two hundred years. 2015.

DIEGUES, Antonio Carlos. (2004), Comunidades tradicionais e manejo dos recursos naturais na Mata Atlântica. São Paulo, Hucitec. *In:* SILVA, A. T. R. Áreas protegidas, populações tradicionais da amazônia e novos arranjos conservacionistas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais.** v. 34, n. 99, 2019.

FUTEMMA, C; MUNARI, LC; ADAMS, C. **The Afro-Brazilian Colletive Land**: Analyzing Institutional Changes in the past two hundred years. Latin American Research Review, v.50, n. 4, p. 26-48, 2015. DOI: 10.1353/lar.2015.0059

GALLO, E.; SETTI, A.F.F. (2012). **Abordagem ecossistêmica e comunicativa na implantação de agendas territorializadas de desenvolvimento sustentável e promoção da saúde**. Ciência e Saúde Coletiva, v. 17, p.1433-1446. DOI: 10.1590/S1413-81232012000600008.

GIMÉNEZ, G. **Territorio, cultura e identidades**. La región sociocultural. *In:* BARBERO, J. M.; ROCHE,F.L.; ROBLEDO, A.(eds) Cultura y Región- Bogotá: Ces/ Universidad Nacional /Ministerio de Cultura, p. 87-132, 2000.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília: Rio de Janeiro - Ipea, 2020

KITCHENHAM, B. (2004). **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, p. 1–26, 2004.

LARREA-KILLINGER, C. **Conflitos familiares e autogestão comunitária da água**: experiência em uma comunidade quilombola do baixo sul da Bahia. GESTA, v. 3, n. 1 Killinger , p. 220-231, 2015 – ISSN: 2317-563X.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; QUEIROZ, A. A. F. S. L.; MACHADO, B. S.; PAULO, P. L. **Sustainable Sanitation Management Tool for Decision Making in Isolated Areas in Brazil**. Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 1118; doi:10.3390/ijerph16071118.

MARTÍNEZ, E; ACOSTA, A. Los Derechos de la Naturaleza como puerta de entrada a outro mundo posible. **Rev. Direito e Práx.**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, 2017, p. 2927-2961. DOI: 10.1590/2179-8966/2017/31220.

ONU. Organização Mundial da Saúde. **Water Quality and Wastewater.** Disponível em: https://www.unwater.org/water-facts/quality-and-wastewater/. Acesso em: 12 jul. 2021.

_____. United Nations General Assembly (UNGA). Human Right to Water and Sanitation. Geneva: UNGA; 2010. UN Document A/RES/64/292.

_____. Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano. *In:* Anais Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. Estocolmo, 6p., 1972.

_____. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: https://ods-brasil.gov.br/home/agenda. Acesso em: 14 jul. 2021.

OSTROM, E. (2000). **Social capital: a fad or a fundamental concept**. Social capital: A multifaceted perspective, 172(173), 195-98.

OSTROM, E., 2002. **Policy Analysis in the Future of Good Societies The Good Society.** v. 11, n. 1, p. 42-48, 2002.

RIBEIRO, H. Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Saúde e Sociedade**. v.13, n.1, p.70-80, jan-abr, 2004. Disponível em: https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/0540.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

SAMPAIO, C. A.C.; PARKS, C. D.; MONTAVONELI JUNIOR, O.; QUINLAN, R. J.; ALCÂNTARA, L. C. S. **Bem viver para a próxima geração**: entre subjetividade e bem comum a partir da perspectiva da ecossocioeconomia. Saúde Soc. São Paulo, v. 26, n. 1, p. 40-50, 2017.

SANTANA, V. F.; FILHO, J. R. F.; ROCHA, S. B. Gestión local de recursos de uso común en turismo. **La perspectiva de Elinor Ostrom**. Estudios y Perspectivas en Turismo, v. 24, n. 1, 2015, pp. 56-75 Centro de Investigaciones y Estudios Turísticos Buenos Aires, Argentina.

SILVA, A. T. R. Áreas protegidas, populações tradicionais da amazônia e novos arranjos conservacionistas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais.** v. 34, n.99. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. The Ottawa Charter for Health Promotion. Ottawa: Canadian Public Health Association, 1986.

Obtenção de Parâmetros Hidrológicos a Partir de Diferentes Modelos Digitais de Elevação: Aplicação na Bacia do Rio dos Sinos (RS)

Sheila Mena Barreto Silveira[1]
Thawara Giovanna Souza da Fonseca Guidolin[2]
Fernando Mainardi Fan[3]
André Luiz Lopes da Silveira[4]

Resumo: Os estudos hidrológicos geralmente necessitam da adoção de hipóteses, que atrelam incertezas e/ou limitações. Usualmente, os parâmetros hidrológicos são resultados diretos das premissas de projeto adotadas. Um exemplo é a seleção da carta topográfica ou Modelo Digital de Elevação (MDE) para realizar a delimitação de uma bacia hidrográfica. Considerando que existem diversas opções de MDE, o presente estudo visa demonstrar a sensibilidade da seleção do Modelo Digital de Elevação para obtenção de parâmetros hidrológicos. Os parâmetros selecionados para a análise foram: declividade, área de contribuição, tempo de concentração e vazão de referência. As áreas de estudo escolhidas são duas sub-bacias do Rio dos Sinos, no Estado do Rio Grande do Sul. As sub-bacias possuem declividades distintas, sendo a de maior declividade denominada de Arroio Caraá (AS3), e a de baixa declividade Sapiranga/Campo Bom (BS1). Utilizou-se o *software* de geoprocessamento ArcGis©10.5 para processar os MDEs e obter os parâmetros hidrológicos. Os tempos de concentração foram estimados utilizando três metodologias distintas: Kirpich, Watt e Chow e Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA. Os resultados obtidos demonstram que as diferenças de áreas em ambas as sub-bacias não alcançaram 6%, sendo menor na BS1, e que o tempo de concentração mostrou maior variação entre as equações selecionadas do que entre os MDEs. Ainda, as vazões de referência, apesar de não atingirem 5% de variação nos resultados obtidos, demonstram variações de 36,6 L/s para a sub-bacia com maior declividade (AS3), e 15,3 L/s para a sub-bacia BS1, com características de relevo mais plano.

1 UFRGS – sheila@ufrgs.br.
2 UFRGS – thawara.souza@ufrgs.br.
3 UFRGS –fernando.fan@ufrgs.br.
4 UFRGS – andre@iph.ufrgs.br.

Palavras-chave: Parâmetros Hidrológicos, Rio dos Sinos, MDE, Geoprocessamento

Abstract: Hydrological studies generally require the adoption of hypotheses, which link uncertainties and/or limitations. Usually, the hydrological parameters are direct results of the adopted design assumptions. An example is the selection of a topographic map or Digital Elevation Model (DEM) to carry out the delimitation of a hydrographic basin. Considering that there are several DEM options, this study aims to demonstrate the sensitivity of selecting the Digital Elevation Model to obtain hydrological parameters. The parameters selected for the analysis were: slope, area of contribution, concentration time and reference flow. The chosen study areas are two sub-basins of the Rio dos Sinos, in the State of Rio Grande do Sul. The sub-basins have different slopes, the steepest slope being called Arroio Caraá (AS3), and the low slope Sapiranga/Campo Bom (BS1). ArcGis©10.5 geoprocessing software was used to process the DEMs and obtain the hydrological parameters. Concentration times were estimated using three distinct methodologies: Kirpich, Watt and Chow and US Army Corps of Engineers. The results obtained demonstrate that the area differences in both sub-basins did not reach 6%, being smaller in BS1, and that the concentration time showed greater variation among the selected equations than among the DEMs. Still, the reference flows, despite not reaching 5% of variation in the results obtained, show variations of 36.6 L/s for the sub-basin with greater slope (AS3), and 15.3 L/s for the sub-basin BS1, with flatter relief features.

Keywords: Hydrological Parameters, Rio dos Sinos, DEM, Geoprocessing.

1. Introdução

Os estudos hidrológicos realizados em bacias hidrográficas, tanto no âmbito de gestão quanto para regulação e licenciamento ambiental, precisam simular processos naturais complexos de forma representativa (PORTO, 1998 *apud* MARTINS, 2012; MELLEK, 2012). Para a realização destes estudos é necessária a adoção de hipóteses (ou premissas de projeto), que geralmente atrelam incertezas e/ou limitações aos estudos hidrológicos (PORTO, 1998 *apud* MARTINS, 2012; SILVEIRA *et al*., 2020).

Os parâmetros hidrológicos são resultados diretos ou indiretos das premissas adotadas durante o desenvolvimento dos estudos hidrológicos. Silveira *et al*., (2020) destaca que "a determinação dos parâmetros hidrológicos é uma etapa vital para que o projeto possa ser desenvolvido de forma eficaz, correspondendo o mais próximo da realidade". Ou seja, a

importância das premissas adotadas reflete diretamente nos parâmetros hidrológicos obtidos e utilizados nos estudos e projetos hidrológicos.

O MDE é uma representação matricial da superfície terrestre, em formato de arquivo de dados matriciais, que pode ser caracterizado como a representação digital de elevação de uma dada área, composta por coordenadas geográficas (x e y) associadas à uma elevação (z) (BUARQUE *et al*, 2009; BRAZ *et al*., 2018; SIMÕES, 1993; SILVEIRA, 2018).

Alguns dos parâmetros hidrológicos que são obtidos diretamente a partir do MDE são a área (ou bacia) de contribuição, o perímetro da bacia de contribuição, a declividade da área de contribuição e o comprimento das redes de drenagem superficial. Os parâmetros indiretos são inúmeros, sendo o tempo de concentração e vazões de referência alguns exemplos.

A bacia de contribuição pode ser definida como a área em que há geração de escoamento superficial que contribui para um único ponto, denominado de exutório (SILVEIRA *et al*., 2020). O perímetro é o comprimento do contorno da área de contribuição. A declividade de um terreno pode ser definida como a diferença de cota topográfica dentro de uma dada área.

Silveira *et al*. (2020) explica as diferentes facetas de interpretação sobre o tempo de concentração:

> O tempo de concentração (Tc) pode ser definido de diversas formas, dependendo da ênfase que o autor deseja expor. Para Mata-Lima *et al*. (2007) *apud* Bohnen, Schuch e Bastos (2017), Mc Cuen *et al*. (1984) *apud* Silveira (2005) e Chow *et al*. (1988) *apud* Almeida *et. a.l* (2013), o Tc corresponde como o tempo do trajeto da gota d'água precipitada desde o ponto mais afastado até o exutório da bacia de contribuição. Para Pavlovic e Moglen (2008) *apud* Almeida *et al.* (2013), o Tc corresponde à celeridade em que o divisor de águas responde à eventos de precipitação. Eagleson (1970) *apud* Almeida *et al.* (2013) afirma que o Tc é o tempo estabelecido para que o escoamento superficial alcance o estado de equilíbrio. Silveira (2005) afirma que o Tc é o tempo entre o término da chuva efetiva e o fim do escoamento superficial direto na bacia.

A vazão de referência é definida através da Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, como a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGRH). Numericamente, a vazão de referência é o produto

entre a área da bacia de contribuição e a vazão específica. A vazão específica é a vazão média distribuída pela área de drenagem da área de contribuição, usualmente estabelecida nos planos de bacias hidrográficas (ANDRADE, 2011).

Neste contexto que se enquadra o presente estudo, que visa demonstrar a sensibilidade da seleção dos dados de entrada – que neste caso é o Modelo Digital de Elevação (MDE) – para obtenção dos dados de saída, que são os parâmetros hidrológicos resultantes de forma direta e indireta do MDE, para duas sub-bacias hidrográficas do Rio dos Sinos, localizadas na região sul do Brasil.

2. Áreas de Estudo

As áreas de estudo são duas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (G020), pertencente à Região Hidrográfica do Guaíba, no Estado do Rio Grande do Sul, conforme exposto na Figura 1. A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos possui área de 3.694 km², e população estimada de 1.447.678 habitantes (2020), sendo 1.375.288 habitantes em áreas urbanas e 72.390 habitantes em áreas rurais (SEMA-RS, 2021).

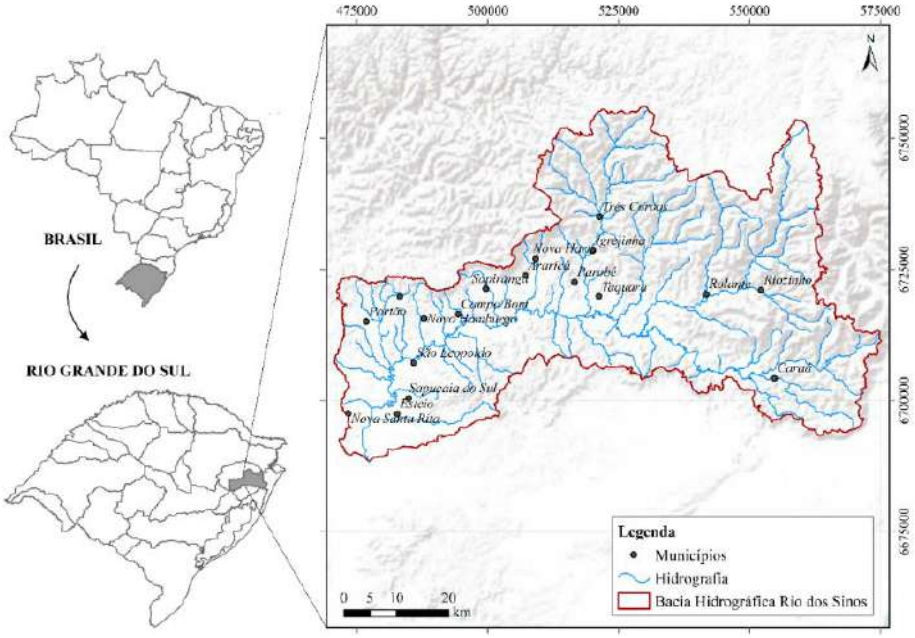


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.
Fonte: Galeria do autor.

Considerando que a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos possui alto diferencial de cotas topográficas em seu interior, como pode ser visto na

Figura 2 a seguir, esta foi a motivação para a seleção desta área de estudo. Foram selecionadas duas sub-bacias com características geomorfológicas distintas, ou seja, uma sub-bacia considerada plana, com baixa diferença de declividade, e uma altamente declivosa.

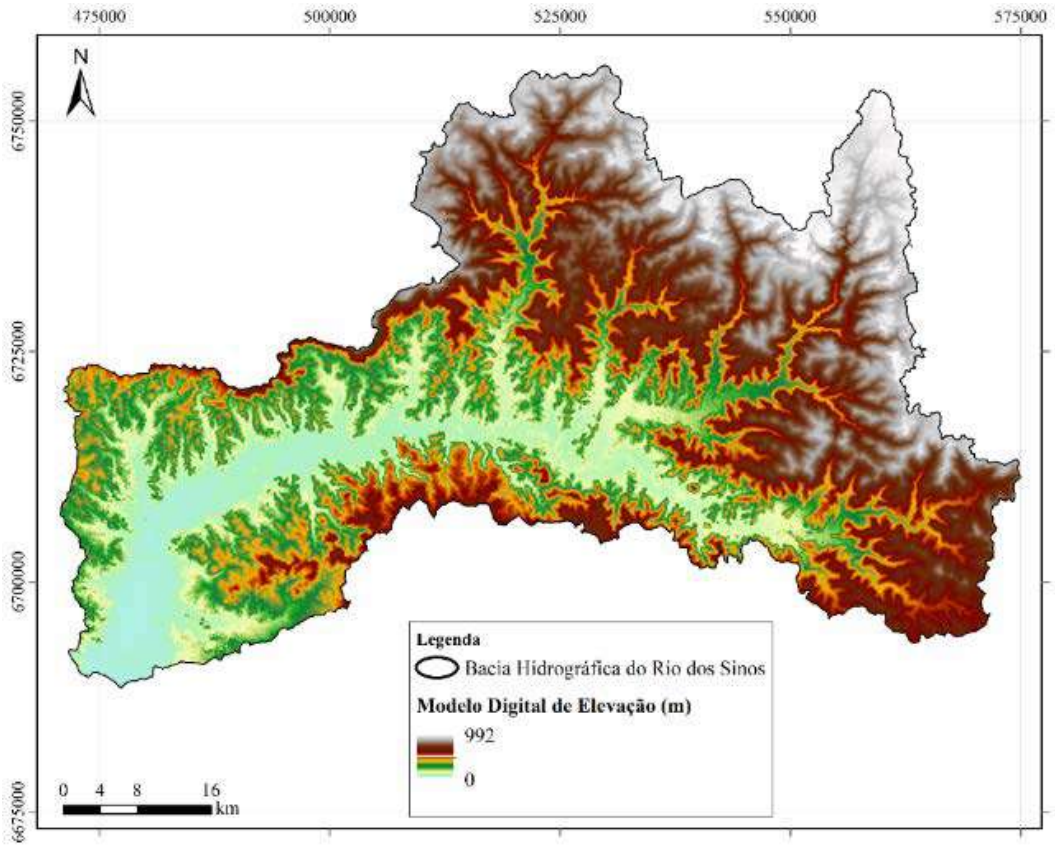


Figura 2: Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.
Fonte: Galeria do autor

A Figura 3 demonstra as sub-bacias escolhidas para o presente estudo, dentro da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. As sub-bacias selecionadas são: Arroio Caraá (código AS3), representando a área de contribuição com maior declividade, e Sapiranga/Campo Bom (código BS1), a bacia de menor declividade.

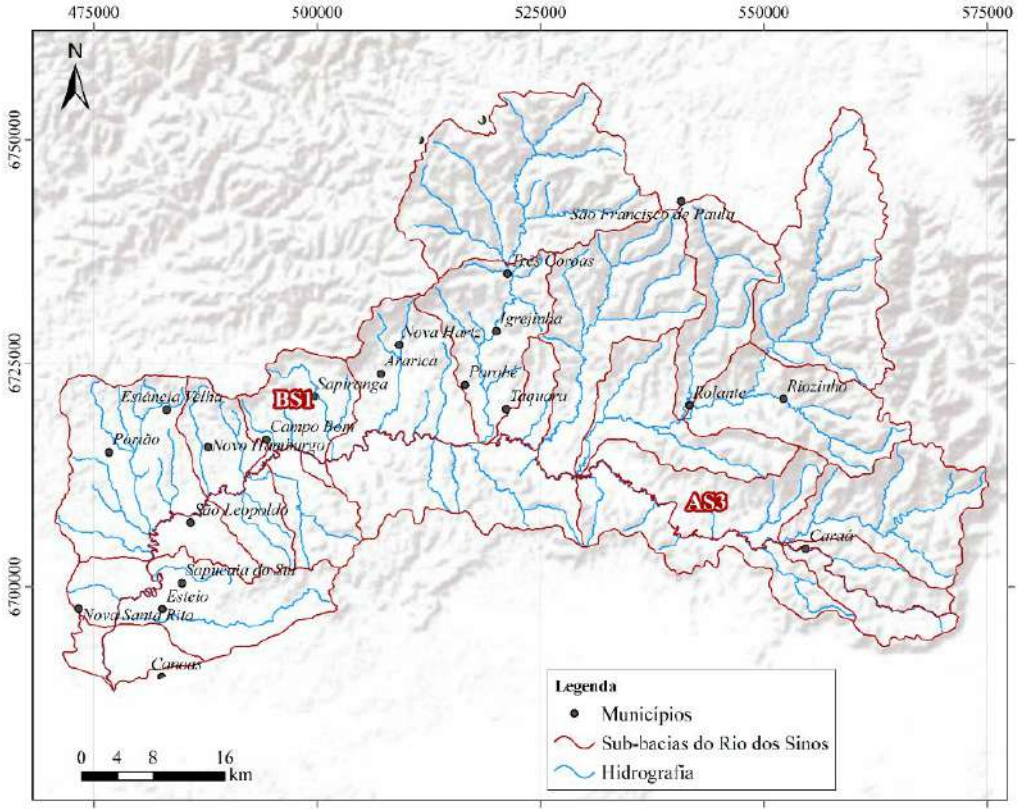


Figura 3: Sub-bacias do Rio dos Sinos, segundo divisão do Plano de Recursos Hídricos da bacia.
Fonte: Galeria do autor.

3. Metodologia

A primeira etapa metodológica realizada foi a obtenção dos Modelos Digitais de Elevação das áreas de estudo. Utilizou-se dados públicos disponíveis em Weber, Hasenack e Ferreira (2004) para a resolução espacial de 90 metros, USGS (2021) para a resolução de 30 metro, e ASF (2021) para a resolução de 12,5 metros. Destaca-se que os dois primeiros MDEs foram adquiridos diretamente da missão espacial denominada de *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), lançada em 2000, enquanto o MDE de melhor resolução é uma reamostragem da SRTM de 30 m com o sensor japonês ALOS PALSAR (*Advanced Land Observing Satellite/ Phase Array type Lband Synthetic Aperture Radar*) (CASTRO *et al.*, 2011; SILVEIRA, 2018; CUNHA e BACANI, 2019).

Os três MDEs de resoluções espaciais distintas foram inseridos no *software* de geoprocessamento ArcGis© 10.5, utilizando a rotina de preenchimento das depressões do terreno, direção de fluxo, fluxo acumulado e

delimitação da bacia, obtendo assim a área de contribuição das duas sub-bacias, para as diferentes resoluções de MDE supracitadas. Nesta etapa, é possível vislumbrar os primeiros resultados parciais, como os valores numéricos referentes ao relevo (declividades), área de drenagem, perímetro de contribuição e comprimento da rede de drenagem.

Os resultados provenientes do *software* de geoprocessamento foram utilizados como base para determinar o tempo de concentração das sub-bacias. Para Silveira (2005), a maioria das equações disponíveis para obter o tempo de concentração são altamente empíricas e, essencialmente, equações de regressão obtidas com preceitos estatísticos precários. Logo, estima-se que ocorra alta variabilidade de resultados, quando avaliados métodos distintos, assim como possibilidade de limitação na aplicação (SILVEIRA *et al.*, 2020). Neste contexto, foram utilizadas três metodologias distintas para obtenção dos tempos de concentração das duas sub-bacias, sendo elas: as equações de Kirpich, Watt e Chow e do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América. Ressalta-se que se optou por utilizar mais de um método para a determinação do tempo de concentração para verificar a influência da metodologia escolhida na obtenção dos resultados para todos os MDEs utilizados.

As Equações 01 a 03 ilustram as metodologias de estimativa de tempo de concentração de Kirpich, Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos da América e Watt e Chow (COLISHONN e DORNELLES, 2015).

$$Tc = 57.\left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385} \qquad Equação\ 01 - \text{Kirpich}$$

Onde: tc é o tempo de concentração (minutos), L o comprimento do curso d'água principal (km) e a diferença de altitude ao longo do rio principal (m).

$$Tc = 11,46.\frac{L^{0,76}}{S^{0,19}} \qquad Equação\ 02 - \text{Corpo de Engenheiros dos EUA}$$

Onde: tc é o tempo de concentração (minutos), L o comprimento do curso d'água principal (km) e S é a declividade do curso d'água principal (adimensional).

$$Tc = 7,68.\left(\frac{L}{S^{0,5}}\right)^{0,79} \qquad Equação\ 03 - \text{Watt e Chow}$$

Onde: tc é o tempo de concentração (minutos), L o comprimento do curso d'água principal (km) e S é a declividade do curso d'água principal (adimensional).

Para obter a vazão de referência Q_{90} para as duas áreas de estudo foram utilizadas informações disponíveis no Plano de Bacia do Rio dos Sinos (PROFILL, 2013) e estabelecidas na Deliberação CBHSINOS 046/2014, cujos dados utilizados constam na Tabela 1.

Tabela 1: Área de drenagem e vazão de referência Q_{90} obtidas para as sub-bacias em estudo

Sub-bacia	Área (km²)	Q90 (m³/s)*	Q90 (L³/s.km²)**
Arroio Caraá (AS3)	124,42	1,49	11,98
Sapiranga/Campo Bom (BS1)	123,98	0,62	5,00

*Fonte: Plano de Bacia do Rio dos Sinos (2013);
** Vazão de referência para outorga, segundo deliberação CBHSINOS 046/2014;
Fonte: autoria.

Destaca-se ainda que foi utilizado o pacote Office, em especial a ferramenta de editor de planilhas Excel, associado ao *software* de geoprocessamento, para obter os resultados apresentados a seguir.

4. Resultados e Discussão

O primeiro resultado direto do MDE foram os valores cotas máximas e mínimas da rede de drenagem encontradas, assim como a diferença entre elas, ambas expostas na Tabela 2. Estes valores serão utilizados, posteriormente, para aplicação em equações de estimativa do tempo de concentração das sub-bacias, o que já indica variações a serem esperadas nos resultados do cálculo deste parâmetro entre os MDEs selecionados.

Tabela 2: Cotas Máximas e Mínimas

Sub-Bacia	MDE (Resolução)	Cota máxima (m)	Cota mínima (m)	Diferença de cotas (m)
	12,5 m	310	27	283
Arroio Caraá (AS3)	30 m	290	26	264
	90 m	55	10	183
	12,5 m	204	14	190
Sapiranga/Campo Bom (BS1)	30 m	112	9	103
	90 m	55	10	45

Fonte: autoria.

As áreas de contribuição delimitadas estão exibidas nas Figuras 4 e 5, sendo possível identificar as semelhanças e diferenças nos contornos. Numericamente, a Tabela 3 demonstra os valores obtidos, na qual nota-se que em ambas as sub-bacias, as maiores áreas foram para o MDE de 30 metros de resolução, enquanto o de menor área variou entre as duas resoluções (90 e 12,5 metros). No entanto, o perímetro não demonstrou a mesma tendência, sendo maior para a sub-bacia Sapiranga/Campo Bom (BS1) com o MDE de 12,5 metros.

Tabela 3: Áreas e Perímetros das Áreas de Contribuição

Sub-Bacia	MDE (Resolução)	Área (km²)	Perímetro (m)
	12,5 m	51,52	68,80
Arroio Caraá (AS3)	30 m	56,69	72,34
	90 m	52,72	64,20
	12,5 m	74,15	62,27
Sapiranga/Campo Bom (BS1)	30 m	74,17	61,15
	90 m	71,12	50,01

Fonte: autoria.

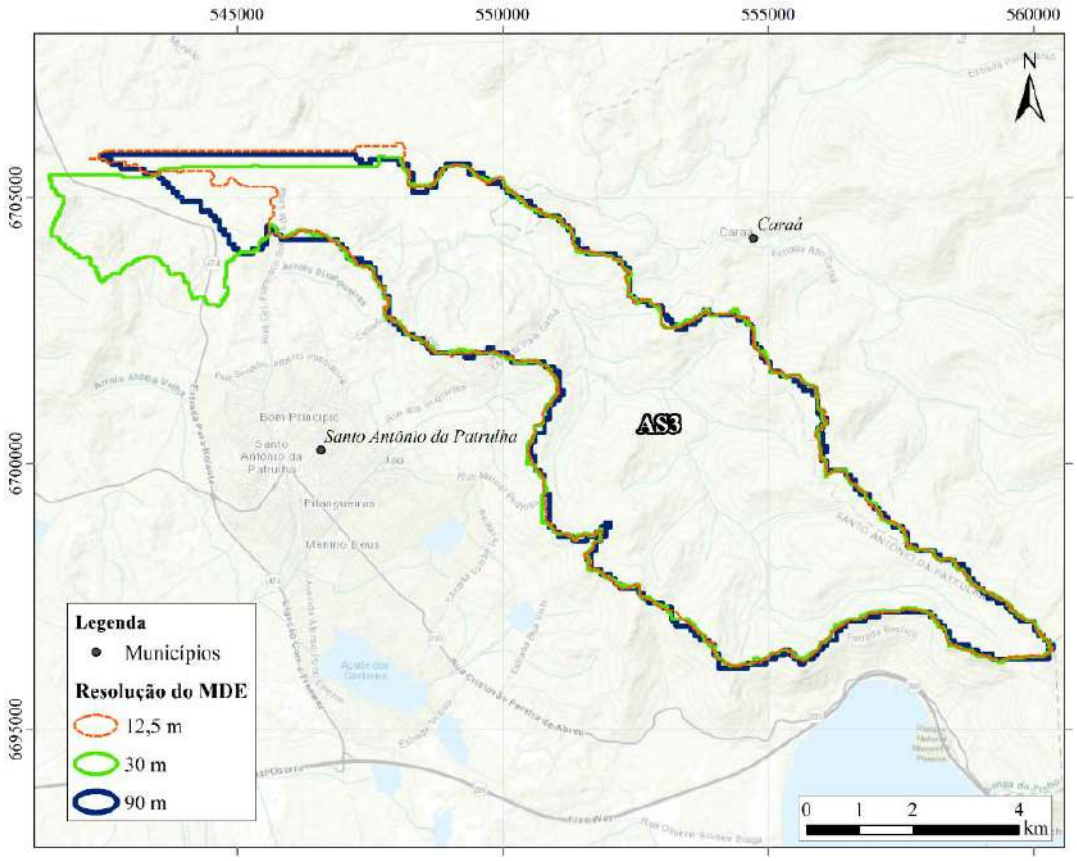


Figura 4: Áreas de contribuição geradas para a sub-bacia Arroio Caraá (AS3).
Fonte: Galeria do autor.

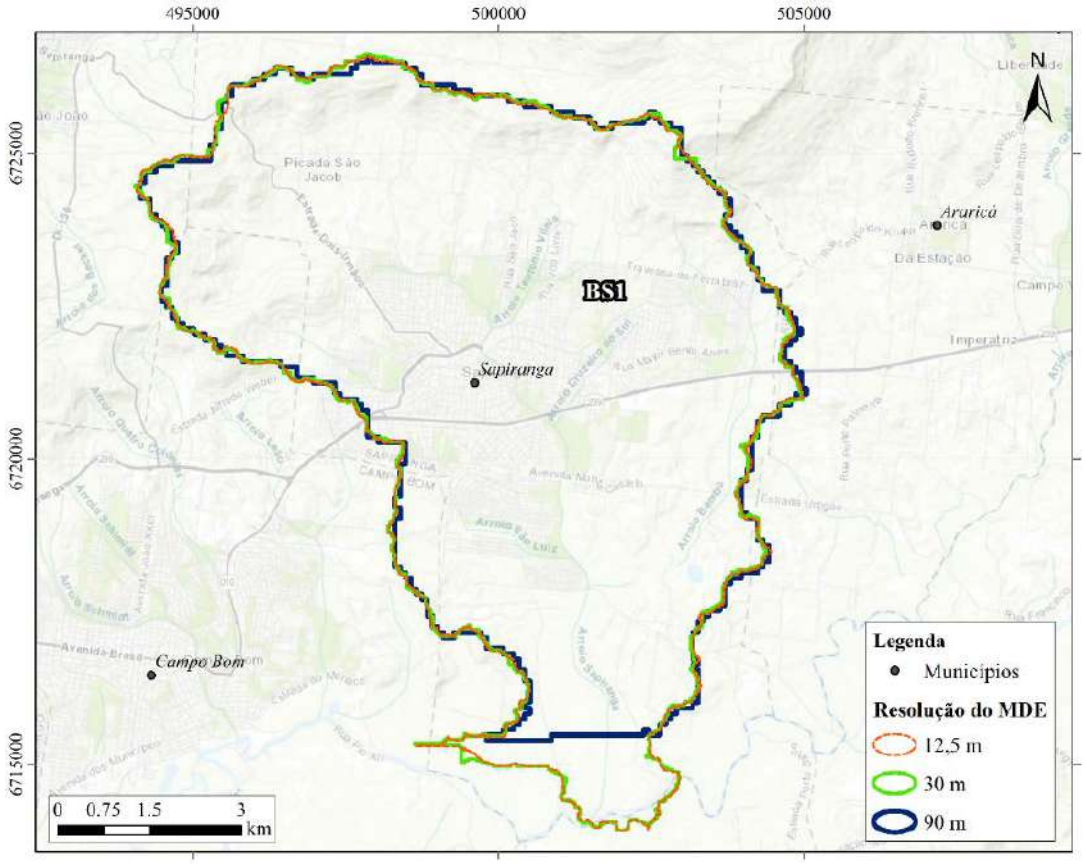


Figura 5: Áreas de contribuição geradas para a sub-bacia Sapiranga/Campo Bom (BS1).
Fonte: Galeria do autor.

O comprimento da drenagem principal para cada MDE das bacias está ilustrado na Tabela 4, na qual é possível identificar a diferença em torno de 6 km no comprimento da drenagem principal para ambas as sub-bacias, quando comparados os MDEs de melhor e pior resolução (12,5 e 90 metros, respectivamente).

Tabela 4: Comprimento da Drenagem Principal

Sub-Bacia	MDE (Resolução)	Comprimento da Drenagem Principal (km)
Arroio Caraá (AS3)	12,5 m	27,67
	30 m	27,5
	90 m	21,78
Sapiranga/Campo Bom (BS1)	12,5 m	21,23
	30 m	19,1
	90 m	15,74

Fonte: autoria.

Os resultados dos tempos de concentração por cada um dos três métodos estão exibidos na Tabela 5, na qual é possível identificar que há maiores variações de resultados na comparação entre equações selecionadas

do que o próprio MDE escolhido. Entretanto, a sub-bacia Sapiranga/Campo Bom (BS1) demonstrou muita similaridade de resultados para os três MDEs, quando utilizada a metodologia do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos, e grande divergência para a fórmula de Kirpich.

Tabela 5: Tempo de Concentração

Sub-Bacia	MDE (Resolução)	Tempo de Concentração – Kirpich (min)	Tempo de Concentração – Watt e Chow (min)	Tempo de Concentração – Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (min)
Arroio Caraá (AS3)	12,5 m	646,7	300,2	341,4
	30 m	659,8	306,2	343,9
	90 m	578,5	269,3	295,4
Sapiranga/Campo Bom (BS1)	12,5 m	553,0	257,7	286,3
	30 m	621,3	288,8	290,9
	90 m	685,2	317,6	283,3

Fonte: autoria.

As vazões de referência (Q_{90}) para os três MDEs estão apresentadas na Tabela 6, sendo possível identificar que há diferença de resultados, sendo mais significativo para o Arroio Caraá (AS3), com 36,6 L/s. A sub-bacia Sapiranga/Campo Bom (BS1) apresentou a diferença máxima da vazão de 15,3 L/s, metade do valor da AS3.

Tabela 6: Vazão de Referência Q_{90}

Sub-Bacia	MDE (Resolução)	Vazão de Referência Q_{90} (L/s)
Arroio Caraá (AS3)	12,5 m	888,0
	30 m	888,3
	90 m	851,7
Sapiranga/Campo Bom (BS1)	12,5 m	370,8
	30 m	370,9
	90 m	355,6

Fonte: autoria.

5. Considerações Finais

A sensibilidade dos resultados de parâmetros hidrológicos está conectada diretamente às premissas de projeto, sendo o MDE uma destas hipóteses adotadas. Ao comparar os resultados obtidos, foi possível identificar diferenças significativas quando se trata de cotas das duas áreas de contribuição (quase 150 metros entre os MDEs de 12,5 e 90 metros de resolução para a Sapiranga/Campo Bom), no entanto, quando se trata numericamente da área, os valores não variam mais do que 6%.

Os tempos de concentração apresentaram alterações relacionadas tanto ao MDE selecionado quanto à metodologia escolhida, com variações de mais de 400 minutos para Sapiranga/Campo Bom (BS1). Para Arroio Caraá (AS3), as diferenças não atingiram 360 minutos.

Em relação ao valor da vazão de referência Q_{90}, as variações foram de 15,3 L/s para sub-bacia Sapiranga/Campo Bom (BS1), e 36,6 L/s para a sub-bacia Arroio Caraá (AS3), demonstrando uma sensibilidade considerável, especialmente quando a informação é gerada para solicitação de outorga ou lançamento de efluente em recurso hídrico superficial. Destaca-se que as variações superam 1.000 m^3/dia em ambas as sub-bacias.

Ainda é importante destacar que a sub-bacia Arroio Caraá (AS3) foi selecionada por ser uma área com maior declividade, refletindo na maior diferença de vazão de referência Q_{90}, quando comparada com uma área mais plana, neste caso, a bacia Sapiranga/Campo Bom (BS1).

Portanto, este estudo demonstra a necessidade de avaliação nas premissas adotadas, pois refletem diretamente nos resultados apresentados em projetos e estudos hidrológicos.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

7. Referências

ANDRADE, Lucinete Ferreira de. 2011. **Estudo da vazão específica nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente. São Paulo. 2011.

BRASIL. 2005. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidente do Conselho, [2011]. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 2 ago. 2021.

BRAZ, A. M., XAVIER, F. V., MIRANDOLA, P. H. M. G. 2018. **Análise da diferença entre dados altimétricos em uma bacia hidrográfica através da comparação entre modelos digitais de elevação**. Ateliê Geográfico - Goiânia-GO, v. 12, n. 1, abr/2018, p. 71-96.

BUARQUE, D. C. ; FAN, F. M. ; PAZ, A. R. ; COLLISCHONN, W. 2009. **Comparação de Métodos para Definir Direções de Escoamento a partir de Modelos Digitais de Elevação**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, p. 91-103, 2009.

CASTRO, F. da S., XAVIER, A. C., CECÍLIO, R. A., MOREIRA, A. de A., PENA, F. E. da R., SOUZA, J. M. de. 2011. **Uso de imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) na espacialização da temperatura do ar no estado do Espírito Santo**. *In*: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8154.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. 2013. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013. 336 p.

COMITE SINOS. 2014. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. **Deliberação CBHSINOS 046/2014** – Dos Critérios de Outorga. 1ª Reunião Extraordinária do COMITESINOS de 2014. Maio de 2014. Disponível em: http://www.comitesinos.com.br/planodebacia.

CUNHA, E. R. DA; BACANI, Vitor Matheus. **Influência da resolução do MDE na caracterização morfométrica de bacia hidrográfica**. *In:* Caderno de Geografia, v. 29, n. 59, p. 1029-1043, 2019.

MARTINS, L. G. B. 2012. **Determinação de parâmetros hidrológicos por técnicas de sensoriamento remoto em macrodrenagem urbana.** Dissertação apresentada à

Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências. p. 26.

MELLEK, J. E. 2012. **Determinação de Parâmetros Hidrológicos da Sub-bacia do Rio Belém usando Sistemas de Informações Geográficas**. Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento. Programa de Especialização em Geoprocessamento, Setor de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

PROFILL. 2013. **Plano de Bacia da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos** (Plano Sinos). Relatório Final RT1 – Fase Inicial e Fase A. Novembro de 2013. Disponível em: http://www.comitesinos.com.br/planodebacia.

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (SEMA-RS). **G020 - Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 2021. Disponível em: https://sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos. Acesso em: 15 set. 2021.

SILVEIRA, A. L. L. da. 2005. **Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH) Volume 10 n.1 Jan/Mar 2005. p. 5-7.

SILVEIRA, S. M. B. S. **Comparação de metodologias para realização de estudos de estimativa de potencial hidroelétrico em pequenas bacias: estudo de caso na Bacia do Arroio São João – RS**. Trabalho de conclusão apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Hídrico. p. 31-33.

SILVEIRA, S. M. B.; RISSO, A., PELEGRINI, J. M., GUIDOLIN, T. G. S. da F., MEZZOMO, V. 2020. **Comparação de resultados de parâmetros hidrológicos obtidos a partir de diferentes modelos digitais de elevação**. *In:* Anais do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Porto Alegre, Out. 2020, 1, p. 481-487.

SIMÕES, Margareth Gonçalves. 1993. **Modeladores Digitais de Terreno em Sistema de Informação Geográfica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação) -Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro. 1993. 158 f.

Resíduos Sólidos na Reserva Extrativista do Alto Juruá – Vila Restauração: Uma Questão de Gestão ou Geração?

Sheila Mena Barreto Silveira[1]
Marcelly Olivia Fernandes Amorim[2]

Resumo: O presente artigo busca tecer uma reflexão em torno de questões que envolvem a geração e gestão de resíduos sólidos dentro da Vila Restauração, localizada dentro da Reserva Extrativista do Alto Juruá, no estado do Acre. A temática não é um questionamento ou dilema que diz respeito apenas à Vila Restauração, mas à sociedade contemporânea de maneira global, visto que as relações contemporâneas se pautam no consumo e desenvolvimento por meio da produção e venda de bens, que passa pela utilização da natureza como um recurso. O objetivo é analisar a geração de resíduos sólidos dentro da Vila Restauração enquanto consequência deste modo de vida, que diz muito sobre como a sociedade capitalista se relaciona com a natureza, com os outros e com ela mesma, ou seja, sempre se pautando no consumo. Deste modo, as autoras utilizaram a observação participante, juntamente com pesquisas bibliográficas sobre o tema, para analisar como ocorriam as relações de consumo e descarte de resíduos sólidos de forma geral entre os moradores da Vila Restauração, durante um período de 4 meses em que estiveram morando na comunidade. Como resultado conseguiram trazer alguns dados sobre os principais bens consumidos, o descarte, e as reclamações da comunidade em torno dos problemas envolvendo os resíduos sólidos, que impactavam diretamente na qualidade de vida local. Entendendo que a gestão e geração de resíduos sólidos são processos que andam juntos, portanto, devem ser pensados da mesma forma.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Sustentabilidade; Educação Ambiental; Reserva extrativista. Sociedade do Consumo.

Abstract: This article seeks to reflect on issues involving the generation and management of solid waste within Vila Restauração, located within the Alto Juruá Extractive Reserve, in the state of Acre. The theme is not a questioning or dilemma that concerns

1 UFRGS – sheila@ufrgs.br.

2 UFU – marcelly.social@gmail.com.

only Vila Restauração, but contemporary society in a global way, as contemporary relationships are based on consumption and development through the production and sale of goods, which involves the use of nature as a resource. The objective is to analyze the generation of solid waste within Vila Restauração as a consequence of this way of life, which says a lot about how capitalist society relates to nature, with others and with itself, that is, always based on consumption. Thus, the authors used participant observation, together with bibliographic research on the subject, to analyze how the consumption and disposal of solid waste relations occurred in general among the residents of Vila Restauração, during a period of 4 months in which they were living in the community. As a result, they managed to bring some data on the main goods consumed, disposal, and community complaints about problems involving solid waste, which directly impacted the local quality of life. Understanding that the management and generation of solid waste are processes that go together, therefore, they must be thought of in the same way.

Keywords: Solid Waste; Sustainability; Environmental education; Extractive reserve; Consumer Society.

1. Introdução

A geração de resíduos sólidos é um fato recorrente e preocupante na sociedade contemporânea de maneira global, principalmente por se tratar de uma questão cultural, pautada na forma como vivemos e pensamos o mundo a partir da sociedade do consumo. Uma das principais consequências em termos ambientais da cultura de consumismo na contemporaneidade "é o aumento predatório do uso de recursos naturais com a geração de resíduos sem a destinação final adequada, agravada pela elevação da capacidade financeira e tecnológica de produção e de consumo em escala global, e com alto índice de obsolescência." (COSTA, DIZ e OLIVEIRA, 2018, p. 161).

> Bauman faz, portanto, uma distinção entre o consumo e a sociedade de consumo. Para ele, o consumo é "basicamente uma característica e uma ocupação dos seres humanos como indivíduos" (BAUMAN, 2008, p. 41); já "o consumismo, por sua vez, é um atributo da sociedade" (BAUMAN, 2008, p. 41). Por conseguinte, se o consumo, desde sempre, foi inerente à satisfação das necessidades e desejos materiais das pessoas, o consumismo é uma característica da modernidade líquida pela qual tudo, incluindo

> as pessoas e o meio ambiente, são apenas elementos consumíveis e, pior, descartáveis, na medida em que apenas integram o processo produtivo de bens e serviços numa cultura de fomento permanente de novas necessidades e desejos de consumo imediato e de descarte. Na modernidade líquida, a razão instrumental pode ser sintetizada na máxima do "consumo, logo existo", ou melhor, do "existo para consumir". Nessa sociedade, o processo de significação e de ressignificação das conexões humanas e o da interação da humanidade com a natureza é grandemente permeado pela sua maior ou menor capacidade para consumir produtos e serviços. (COSTA, DIZ e OLIVEIRA, 2018, p. 170).

Apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) ter sido instituída há mais de 21 anos através da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (AGUIAR e VEIGA, 2020, P. 1), os problemas envolvendo resíduos sólidos tem sido constantes, tanto em áreas urbanas quanto rurais em todo o Brasil. Um dos fatores principais, é o estímulo ao consumo homogeneizado, aliado à falta de implantação dos instrumentos da PNRS por instituições públicas e privadas, e à gestão inadequada dos resíduos sólidos que ocasiona problemas ambientais, sociais e de saúde pública ao longo do território brasileiro. Sendo que a ausência de educação ambiental e de recursos financeiros para implementação de políticas públicas, agrava ainda mais a situação.

Neste contexto que se enquadra o presente estudo, que visa entender a relação entre o crescimento populacional, o aumento do consumo de bens industrializados, e a gestão de resíduos sólidos em uma comunidade remota dentro da Reserva Extrativista do Alto Juruá, na região amazônica, no estado do Acre, a metodologia adotada foi a observação participante durante o período de 4 meses em que as autoras residiram na comunidade denominada Vila Restauração, aliada a pesquisas bibliográficas sobre a constituição e consolidação da Reserva Extrativista e da comunidade.

Segundo May (2001) a observação participante pode ser definida como "o processo no qual um investigador estabelece um relacionamento multilateral e de prazo relativamente longo com uma associação humana na sua situação natural com o propósito de desenvolver um entendimento científico daquele grupo" (MAY, 2001; SILVEIRA e AMORIM, 2021). Assim, este método foi adotado, pois, acredita-se que a observação participante possibilita a inserção mais densa nas práticas e representações vivenciadas pelas pessoas que fazem parte do lugar, sobretudo no campo da educação ambiental e sustentabilidade. Por meio deste método as pesquisa-

doras puderam acompanhar mais de perto as relações e interações dos comunitários que envolvem o consumo e descarte de resíduos no local que constitui a Vila Restauração, situada dentro da Reserva Extrativista do Alto Juruá.

2. Reserva Extrativista do Alto Juruá

A Reserva Extrativista do Alto Juruá (REAJ) foi criada por meio do Decreto nº 98.863 de 23 de janeiro de 1990, cuja área de aproximadamente 506,18 hectares, foi declarada de interesse ecológico e social (BRASIL, 1990). A REAJ está inserida no Estado do Acre, compreendida nos municípios de Jordão, Marechal Thaumaturgo, Porto Walter e Tarauacá (MEMORIAL CHICO MENDES, 2021).

Segundo Rezende (2010), a Reserva criada no início de 1990, coincidiu com o período histórico em que o cultivo de seringueiras para a produção de borracha entrava em declínio, deixando de ser a principal atividade econômica para a população local (REZENDE, 2010, p. 1).

> Desde então, uma série de mudanças organizacionais ocorreram: as formas de ocupação do território e de sociabilidade se transformaram e levaram a um novo modo de viver na floresta. Desejos e planos de vida de moradores e políticas públicas específicas criaram, nesse contexto, a possibilidade de ocupação do território em uma vila, onde mais de cem famílias, que antes estavam espalhadas por diversas localidades, passaram a morar em um mesmo espaço. Esse novo modo de ocupação é muito distinto do padrão disperso de colocações, antes preponderante nos seringais, e levanta questões sobre como lidar com as antigas regras de propriedade e sobre a gestão da unidade de conservação e o manejo dos recursos naturais, já que o surgimento de uma vila significa também o surgimento de um padrão urbano de ocupação territorial que aumenta a pressão sobre esses recursos e modifica as relações sociais entre os moradores. (REZENDE, 2010, p. 1).

Em 2005 habitavam na Reserva cerca de 4.600 pessoas, distribuídas em mais de 1.100 casas, (REZENDE, 2010, P. 25). Em um contexto geral, o perfil de ocupação humana na Reserva nos meados da década de 2000 apresentava-se de forma muito distinta do “padrão de baixa densidade populacional”, predominante durante as décadas passadas (REZENDE, 2010. p. 16).

> Não bastasse uma nítida tendência à aglomeração populacional, que além da diminuição no número de localidades também significava o aumento no número de casas por comunidades, o número de habitantes por casa também estava se modificando, e os dados disponíveis mostravam que de 1991 a 2005 havia menos pessoas morando em cada casa, o que apontava para a hipótese de que ocorriam profundas transformações no modo de vida, na organização familiar e no padrão de ocupação da população na região. (REZENDE, 2010. p. 16).

Em 2021, conforme dados do Memorial Chico Mendes (2021), o número de habitantes da RESEX aumentou para 7.500.

3. Vila Restauração

A Vila Restauração é uma comunidade que se destacou dentre as demais devido à aglomeração populacional às margens do Rio Tejo. Segundo Rezende (2010, P. 18) a Vila Restauração é "a maior e, talvez, a mais importante comunidade da história da Reserva". Tanto esta premissa é verdadeira que a localidade foi selecionada para a primeira implantação de Usina Fotovoltaica em região isolada dentro da REAJ, obra realizada em 2021, durante a permanência das autoras na comunidade.

> Nos últimos anos a comunidade cresceu vertiginosamente, passando de um número de doze casas, em 1995, para cerca de cento e vinte casas, em 2009. Com o crescimento rápido do local a Restauração tem deixado de ser chamada de comunidade pelos moradores e passou a ser conhecida entre muitas pessoas como Vila Restauração, ou seja, as pessoas passaram a se referir a ela com o mesmo termo que utilizam para se referir à vila Thaumaturgo, a sede municipal. (REZENDE, 2010, p. 18).

A Vila Restauração pertence ao município de Marechal Thaumaturgo, sendo a administração realizada de forma local pelo subprefeito e pelo prefeito do munícipio. No período de março a agosto de 2021), a Vila Restauração contava com 215 casas, aproximadamente, 1.200 moradores.

As atividades econômicas na Vila Restauração vão da agricultura de roçado (milho, feijão, mandioca, banana), cargos públicos (escolas, posto de saúde, e serviços de limpeza) à caça e pesca para subsistência. A introdução e consumo de bens industrializados como macarrão, frangos,

enlatados, refrigerantes, bebidas alcoólicas, biscoitos, salgadinhos, balas, chicletes, cosméticos, etc., já se faz presente já algum tempo, e é constante. Apesar da distância e tempo de viagem da Vila até a cidade mais próxima que é Marechal Thaumaturgo, a comunidade tem acesso a bens de consumo industrializados, e consomem razoavelmente, de acordo com o poder de compra de cada família. A caça e a pesca são hábitos comuns entre seus moradores e de grande apreço, pois muitos alegam que *"não existe alimento mais saudável e melhor do que a carne de caça"*. As frutas também são muito apreciadas pelos moradores, entretanto o consumo fica condicionado à produção de cada estação.

3.1 Crescimento Populacional

A expansão habitacional na Vila Restauração foi evidenciada por Rezende (2010) através de mapas locacionais das edificações da comunidade no período entre 1965 e 1995, conforme exposto nas Figura 1. Nestas imagens é possível identificar que o número de habitações dobrou em 30 anos.

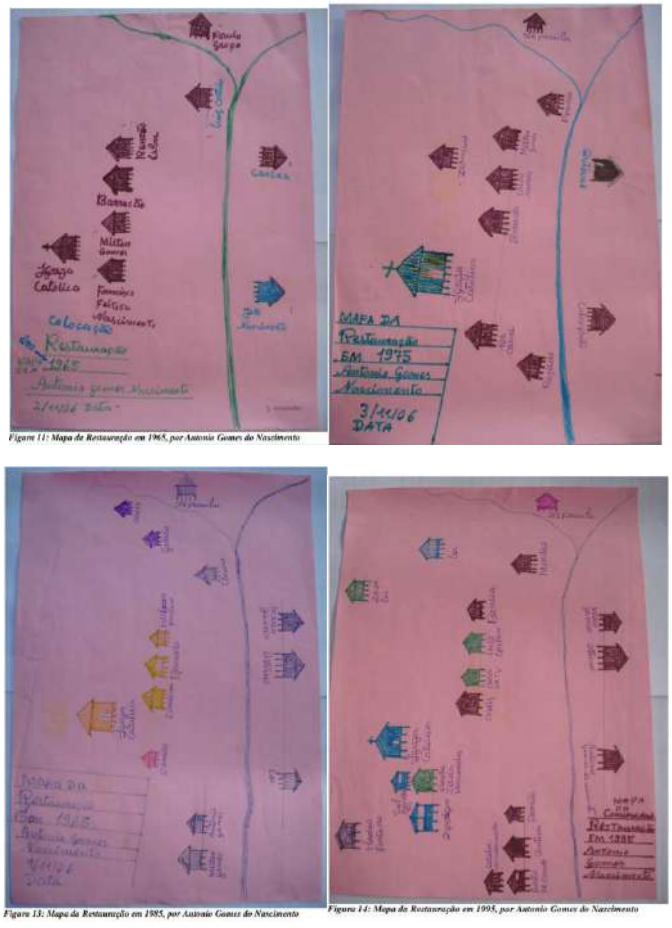


Figura 1: A) Mapa da Restauração em 1965, B) Mapa da Restauração em 1975, C) Mapa da Restauração em 1985 e D) Mapa da Restauração em 1995. Da esquerda para a direita de cima para baixo.
Fonte: (REZENDE, 2010, p. 97-100).

Rezende (2010, P. 117) demonstra a expansão populacional acentuada no período entre 1995 e 2007, através do mapa de edificações exposto na Figura 2. É importante destacar a grande ocupação territorial nas duas margens do Rio Tejo assim como um ordenamento no formato de ruas entre as habitações.

Figura 2: Mapa da Restauração em 2007. Destaque do ponto vermelho para a igreja católica, que era referência nos mapas anteriores.
Fonte: (REZENDE, 2010, p. 117).

A notícia da implantação de uma Usina Fotovoltaica, que permitiria fornecimento de energia elétrica 24 horas, gerou interesse em habitantes de outras localidades, ocasionando novas construções na Vila Restauração, conforme pode ser evidenciado na Figura 3, imagem aérea extraída em abril de 2021.

Figura 3: Vila Restauração em 2021.
Fonte: DIAS, 2021.

Rezende (2010, p. 115) expõem nas Figuras 4 e 5 extrapolações matemáticas para quantificação de habitações na Vila Restauração, através de regressões exponenciais.

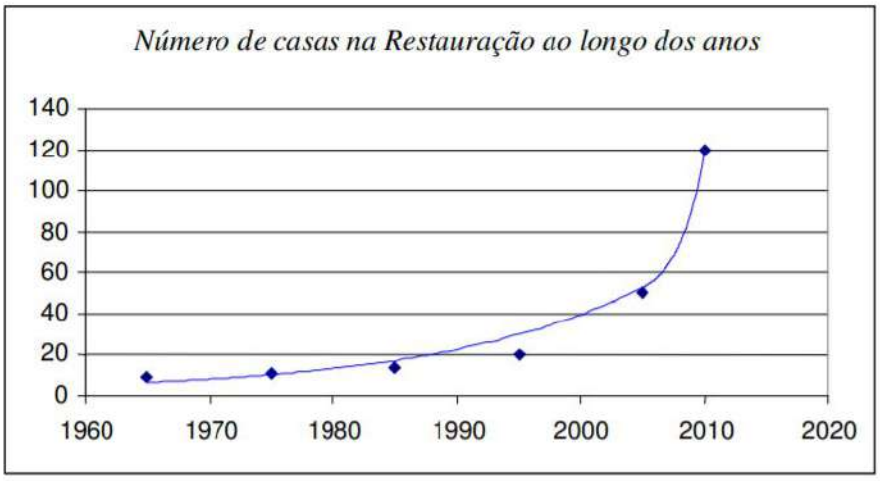


Figura 4: Crescimento populacional projetado na Vila Restauração.
Fonte: (REZENDE, 2010, p. 115).

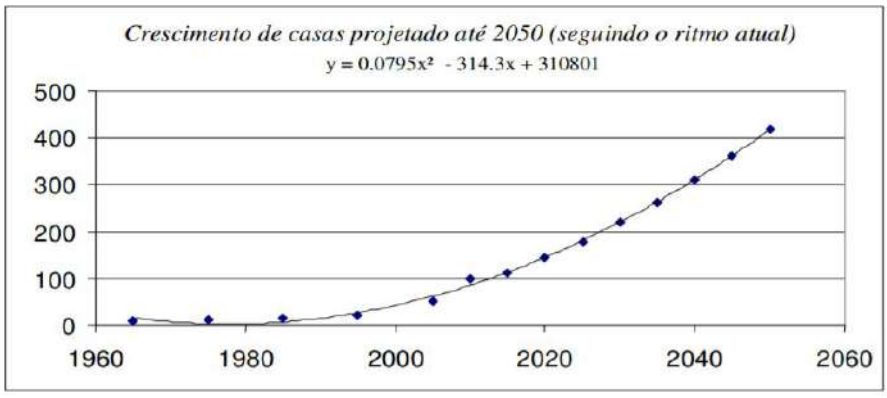


Figura 5: Crescimento projetado de edificações na Vila Restauração.
Fonte: (REZENDE, 2010, p. 115).

Nota-se que a estimativa, através de regressão exponencial, realizada por Rezende (2010), previa menos de 200 habitações em 2021 para a Vila Restauração, fato que não se comprovou verdadeiro, uma vez que foram contabilizadas 215 edificações.

Logo, o aumento populacional esperado em 2010 foi superado consideravelmente, resultando na ampliação de problemas já existentes, como a gestão de resíduos sólidos na comunidade.

4. Resíduos Sólidos

A questão dos resíduos sólidos está relacionada com diversos fatores como a grande quantidade de resíduos sólidos que são gerados, a origem e composição destes resíduos, que perpassam o modo como a sociedade contemporânea se relaciona com o mundo, pautada no consumo. Estes fatores por sua vez, são intensificados de acordo com o crescimento populacional, condições econômicas, sociais e culturais de determinada comunidade, que permitem tanto a maior geração (consumo) quanto a destinação final adequada ou não destes resíduos (gestão).

> A última geração consumiu uma quantidade maior de recursos do que o conjunto de todas as populações humanas, desde o seu aparecimento na Terra. Antigamente, os resíduos eram orgânicos e voltavam para a natureza por meio da decomposição. Em decorrência da industrialização que aumentou a produção de produtos inorgânicos que não se decompõem (ou que requerem um tempo muito grande para se degradar), tais como o vidro, plástico, metais, borracha, houve um grande aumento na produção de resíduos. (ANDREOLI, *et al.*, 2012, p. 531).

Em relação ao crescimento populacional na Vila Restauração Rezende (2010) observou que:

> Um dos problemas gerados por esse crescimento exponencial é o do lixo, tão reclamado por Pedrinho, que há anos mora na comunidade, e que não afeta apenas a ele. Com centenas de moradores produzindo lixo e dejetos, o igarapé que corta a comunidade e corre paralelamente ao rio não é capaz de absorver todas essas impurezas. Localizado em uma baixada entre duas terras mais altas, o caminho d'água, antes utilizado para tomar banho e lavar roupas, e que hoje está cercado de pequenos banheiros

> de madeira que despejam os dejetos no solo, não serve mais para essas atividades e até mesmo os peixes são raros de se encontrar. (REZENDE, 2010, p. 115).

Rezende (2010, P. 111) ainda demonstra a tentativa de resolução do problema por parte de um morador e as consequências ocasionadas pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos na Vila Restauração:

> Um dos mais antigos moradores da Restauração, Pedro Gomes do Nascimento, tem tido problemas com a subprefeitura, que insiste em utilizar uma área próxima da sua casa como depósito de lixo. Segundo ele, o lixão, onde se deposita todo tipo de material, incluindo pilhas, está contaminando a água de sua cacimba[3]. Pedrinho, como é conhecido, chegou a procurar o subprefeito e fez um acordo para que não mais fosse utilizado aquele local para o despejo do lixo. Porém, após regressar de uma viagem que o deixou longo período fora de casa, ele constatou que a área estava novamente sendo utilizada como lixão. Frente a essa situação, Pedrinho desabafou e ameaçou não permitir a passagem de ninguém pelo terreno de sua casa, que é cercado. (REZENDE, 2010, p. 115).

Apesar de 15 anos separarem Rezende (2010) das autoras, os problemas com resíduos sólidos na Vila Restauração persistem. Os resíduos oriundos das habitações são descartados em lixeiras comunitárias, que são "limpas" uma vez por dia por um funcionário da prefeitura de Marechal Thaumaturgo (morador da Vila). No intervalo entre a deposição do lixo e a retirada, foi evidenciada a presença de urubus e cachorros nas lixeiras. Ainda, não há coleta seletiva e tampouco incentivo para esta prática, tanto pela falta de cooperativas de reciclagem na região quanto por falta de gestão destes resíduos, como incentivos governamentais e educação ambiental.

Os resíduos coletados nas lixeiras, de forma manual, com auxílio de carrinho-de-mão, são depositados em um lixão a céu aberto, próximo da margem do Rio Tejo, conforme exibido na Figura 6.

3 Uma cacimba é um buraco aberto na terra onde se sabe que há um olho d'água que o encherá. É parecida com um poço, com a diferença de que não é tão profunda e de que na maior parte das cacimbas a água enche o buraco aberto até próximo da altura do chão. É de lá que os moradores costumam tirar água para beber e para diversas outras atividades cotidianas, como cozinhar, lavar louça, ou ainda tomar banho.

Figura 6: A) Lixeira na Vila Restauração. B) Descarte de resíduos sólidos na Vila Restauração. C) Descarte de resíduos sólidos na Vila Restauração. Da esquerda para a direita de cima para baixo.
Fonte: (AMORIM, 2019).

Para controlar a quantidade de resíduos sólidos, é realizado, anualmente, "a queima do lixo". Impactos ambientais como degradação do solo, perda da vegetação do entorno, riscos à saúde humana (como inalação de substâncias tóxicas e poluição da água) não são avaliados por parte da população local. A seleção da época de queima coincide com o período mais seco, ocasionando uma fumaça persistente que todos os moradores inalam, gerando desconforto, mas não reclamações intensas.

Outro ponto relevante é o costume do descarte de resíduos sólidos nos recursos hídricos superficiais (Igarapé e Rio Tejo), pois conforme habitantes locais "o rio leva". Ação como esta faz parte dos costumes locais atuais, que aliado ao consumo cada vez mais intenso de bens industrializados e à ausência de educação ambiental, tem se tornado recorrente na comunidade.

5. Considerações Finais

A problemática de resíduos sólidos no mundo está longe de ser encerrada, pois com o aumento da população, do consumo, e a falta de implementação da legislação vigente, é muito difícil vislumbrar um cenário distinto. É notório que a questão se diz respeito tanto à questão da geração (consumo) quanto da gestão destes resíduos sólidos. O dilema em torno da geração, está longe de se resolver, visto que a sociedade contemporânea, se pauta nas relações de consumo, ou seja, o mundo ainda é movimentado de forma que as pessoas precisam consumir para gerar lucros ou satisfação, o que muitas vezes, significa a estabilidade ou crescimento econômico para muitas populações. Entretanto, não quer dizer que seja de todo sustentável, apesar das inúmeras pautas sustentáveis defendidas por diversas nações.

Dentro deste cenário, não entendemos que as pessoas não devem ir contra a demanda por conforto ou bens de consumo que possibilite isso, mas acredita-se que a busca de crescimento econômico pautada em maneiras sustentáveis de produção ainda é o melhor caminho, aliado às condutas que visam repensar o modo como as sociedades contemporâneas têm se relacionado com a natureza, seja utilizando-a como recurso para produção de bens de consumo, ou consumindo estes bens e os descartando arbitrariamente. Para tal, a educação ambiental, assim como implementação efetiva das políticas públicas de gestão de resíduos sólidos[4], faz-se extremamente indispensáveis. E na Vila Restauração onde o aumento populacional tem sido intenso e o consumo cada vez mais expandido, os hábitos precisam ser repensados, e a educação ambiental em conjunto com a gestão de resíduos sólidos efetiva possibilita a reflexão e mudanças de comportamentos, onde o meio ambiente tende a se tornar mais saudável, viabilizando melhor qualidade de vida à população.

Presume-se que por se tratar de uma comunidade tradicional, pautada em atividades que vem garantindo o uso sustentável da floresta ao longo de anos, o estímulo de hábitos por meio de informações e orientações – educação ambiental, talvez perdidos pela ideia de consumo fácil, porém muitas vezes nada saudáveis, podem encontrar terreno fértil para florescer. A substituição por exemplo de enlatados por alimentos naturais, produzidos por meio da utilização de técnicas sustentáveis poderia ser

4 Para maior entendimento da gestão de resíduos sólidos ver Andreoli, 2012.

um grande aliado da segurança alimentar, já que resultaria na menor produção de resíduos, menos descartes, e gastos com a gestão dos mesmos.

6. Agradecimentos

Às empresas ENERGISA, ALSOL, ENGM ENERGIA e EKOS PLANEJAMENTO AMBIENTAL por nos permitir vivenciar este ambiente por alguns meses.

7. Referências

AGUIAR, L. do S., VEIGA, L. B. E. **A problemática dos resíduos sólidos no Brasil: uma análise dos instrumentos de gestão ambiental em um aterro sanitário no município de Nova Friburgo**. *In:* Anais do XXII ENGEMA – Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2020.

AMORIM, M. O. F. 2019. Arquivo Pessoal.

ANDREOLI, C. V., ANDREOLI, F. D. N., TRINDADE, T. V., HOPPEN, C. 2012. **Resíduos sólidos: origem, classificação e soluções para destinação final adequada**. PROGRAMA AGRINHO. Disponível em: https://www.agrinho.com.br/materialdoprofessor/residuos-solidos-origem-classificacao-e-solucoes-para-destinacao-final-adequada. Acesso em: 14 out. 2021.

BRASIL. 1990. Decreto nº 98.863 de 23 de janeiro de 1990. **Cria a Reserva Extrativista do Alto Juruá**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D98863.htm.

BRASIL. 2010. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm.

COSTA, B. S., DIZ, J. B. M., OLIVEIRA, M. L. de. 2018. **Cultura de consumismo e geração de resíduos. Revista Brasileira de Estudos Políticos**. n. 116. p. 159-183. jan./jun. 2018. Belo Horizonte.

DANIEL DIAS. 2021. Arquivo Pessoal.

MAY, T. Pesquisa social. **Questões, métodos e processos.** 2001. Porto Alegre, ARTE-MED.

MEMORIAL CHICO MENDES. **Reserva Extrativista do Alto Juruá**. 2021. Disponível em: http://www.memorialchicomendes.org/resex-alto-jurua/.

REZENDE, R. **Das colocações à vila: processos de urbanização no Alto Rio Tejo, Acre**. Dissertação de mestrado em antropologia social da Unicamp, Campinas/SP, 2010.

SILVEIRA, S. M. B., AMORIN, M. O. F. Educação ambiental e sustentabilidade na comunidade extrativista do Alto Juruá – Vila Restauração. 2021. *In:* Anais (E-Book) do V Simpósio de Recursos Hídricos & I Diálogo Fluvial Internacional.

Reflexões sobre a Gestão Hídrica a Partir da Revisão do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

Priscila Marcon[1]
Frederico Yuri Hanai[2]

Resumo: Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) são essenciais para a gestão integrada, descentralizada e participativa das águas. Todavia, a sua atuação tem encontrado dificuldades que podem refletir na situação hídrica das bacias hidrográficas. Em 2017, o CBH do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) aprovou seu novo plano de recursos hídricos, o qual foi elaborado por meio de estudos sobre a situação das águas nesta bacia hidrográfica. Durante a elaboração deste plano, foram promovidas reuniões públicas, a fim de coletar sugestões para aprimorar o cenário identificado. Nestes encontros, inicialmente, as áreas críticas para a gestão das águas foram apresentadas aos atores de gerenciamento hídrico da bacia hidrográfica. Em seguida, os atores indicaram suas propostas e pactuaram a execução de 118 ações. Este trabalho teve como objetivo verificar se estas ações estavam em consonância com as áreas críticas identificadas. Os resultados encontrados apontam que a minoria das propostas se relacionava com essas áreas, independente do proponente ser representante da administração pública, ou da sociedade civil organizada. Somente uma proposta foi elaborada por um órgão estadual, a qual abordou uma questão crítica para gestão hídrica na bacia hidrográfica. Além disso, notou-se que prevaleceram propostas que abrangiam os municípios, à revelia do recorte territorial das bacias hidrográficas. Desta forma, o estudo evidenciou a existência de propostas não alinhadas com as demandas críticas identificadas, revelando a necessidade de adequações para as iniciativas e as ações de gestão e planejamento da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Gestão das águas; Comitê de Bacia Hidrográfica; Participação; UGRHI-13.

Abstract: Watershed Committees are essential for integrated, decentralized and participatory water management. However, their performance has encountered difficul-

1 Universidade Federal de São Carlos – primarconi86@gmail.com.

2 Universidade Federal de São Carlos – fredyuri@ufscar.br.

ties that may reflect on the watershed water situation. In 2017, the Tietê-Jacaré Watershed Committee approved its new water plan, which was elaborated through studies on the water situation in this watershed. During the preparation of this plan, public meetings were held in order to collect suggestions to improve the identified scenario. In these meetings, initially, the water management critical areas were presented to the water management stakeholders. Then, the stakeholders indicated their proposals and agreed to carry out 118 actions. This work aimed to verify if these actions were in line with the identified critical areas. The results show that a minority of the proposals were related to these areas, regardless of whether the proponent was a public administration or an organized civil society representative. Only one proposal was elaborated by a state agency, which addressed a water management critical issue in the river basin. In addition, it was noted that proposals that covered the municipalities prevailed, despite the watershed territorial cut. Thus, the study evidenced the existence of proposals not aligned with the identified critical demands, revealing the need for adjustments to the initiatives and actions of watershed management and planning.

Keywords: Water management; Watershed Committee; Participation; UGRHI-13.

1. Introdução

Cenários críticos, ou conflituosos, em relação aos usos da água podem estar relacionados a baixas disponibilidades regionais, ou a elevadas taxas de demandas dos recursos hídricos (BARROS *et al.*, 2015). A poluição dos mananciais, o aumento populacional, o desenvolvimento industrial, o avanço rural e a alteração dos padrões de consumo podem levar regiões outrora autossuficientes, a enfrentarem situações de escassez de água (UNESCO, 2009).

Para assegurar a disponibilidade e a qualidade de água para todos os usuários de uma determinada região, faz-se necessário gerir este recurso considerando integração entre os interessados, além dos aspectos físicos, sociais e econômicos. Ressalta-se que a integração consiste em solucionar questões satisfatoriamente para todas as partes envolvidas, sem dominação, ou transigência (WAHRLICH, 1977).

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), Lei Federal nº 9.433/97, tem como um de seus fundamentos a gestão da água de forma descentralizada e com a participação do poder público, dos usuários e

social (BRASIL, 1997). Essa política também institui a bacia hidrográfica como sua unidade territorial de implementação. Tal recorte é interessante para gerir as águas por possuir um limite natural bem definido, ser drenado por um corpo hídrico principal e seus afluentes, além de possuir os recursos naturais integrados (PORTO; PORTO, 2008).

O plano de recursos hídricos, um dos instrumentos da PNRH, é um documento diretivo de planejamento com metas e ações para implementação das políticas hídricas e, consequentemente, do gerenciamento das águas das bacias hidrográficas. As instituições responsáveis por aprovar e acompanhar sua execução são os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) que são compostos por representantes do estado, da administração municipal, dos usuários das águas e da sociedade civil (BRASIL, 1997). A quantidade de representantes de cada segmento é regulamentada pelas legislações estaduais e especificada nos estatutos de criação dos CBHs.

Foi a partir da existência dos CBHs que a gestão hídrica pode ser fundamentada na integração, descentralização e participação, uma vez que esta entidade é o ente responsável pelos processos participativos de tomada de decisão, baseado nas especificidades de cada bacia hidrográfica (BARBOSA, 2019).

Apesar de a importância dos CBHs na implementação da política hídrica no país, estudos têm indicado dificuldades no funcionamento destes colegiados como, por exemplo, a falta de representatividade de segmentos da sociedade, os diferentes níveis de envolvimento nos processos de planejamento e de tomada de decisão, assimetria de poder dentre os membros do colegiado, dentre outras (BARBOSA; MUSHTAQ; ALAM, 2017; BARBOSA, 2019; the decision-making process was decentralized at the river basin committee level, which compromises both government and non-government representatives. However, until now Brazil has struggled to effectively implement IWRM. This paper analyses stakeholders' perspective regarding the water policy and explores their interactions in the state of São Paulo, Brazil. Using a mixed- methods approach, combining the stakeholder and complexity theories, an exploratory case study was conducted. Data was obtained via an online survey of 206 participants. Results identified different levels of interactions, where stakeholders from the water sector demonstrated higher levels of interactions compared to institutions from other sectors (e.g., environment, energy,JACOBI, MONTEIRO, 2006). Assim, a atuação dos CBHs pode não promover efetivamente os fundamentos das políticas hídricas, ao mesmo tempo que influencia os processos decisórios e de planejamento.

A PNRH foi inspirada em algumas iniciativas estaduais que recentemente haviam sido implementadas no país, como a Lei Estadual nº 7.663/91 que orientou a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no estado de São Paulo (ABERS; KECK, 2017). Nesta lei, foi instituído o Plano Estadual de Recursos Hídricos, que dividiu o estado em vinte e duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). Na região central do estado, está localizada a UGRHI-13, a bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, que abrange 34 municípios e possui seis bacias hidrográficas (SÃO PAULO, 2016).

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) é tripartite e composto pela mesma quantidade de representantes do estado, dos municípios e da sociedade civil organizada, os quais são eleitos a cada quatro anos (CBH-TJ, 1999).

Sobre a situação hídrica da UGRHI-13, destaca-se o aumento constante, e a níveis alarmantes, das demandas de águas superficiais e subterrâneas, consequente do crescimento urbano, das atividades industriais e agrícolas. Além disso, embora o esgotamento sanitário na UGRHI-13 tenha melhorado nos últimos anos, ainda é um aspecto crítico na gestão hídricas da bacia hidrográfica, especialmente em relação à remoção de carga orgânica. Os índices de perdas no abastecimento de água e a condição das Áreas de Preservação Permanente são outros temas que têm exigido atenção na gestão da bacia (CBH-TJ, 2020).

Em 2017, foi aprovado pelo CBH-TJ, o novo plano de recursos hídricos dessa bacia (Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – PBH-TJ), para o período de 2016 a 2027. Este documento foi elaborado por uma ampla equipe técnica, a fim de delimitar os pontos nevrálgicos da gestão dos recursos hídricos para a bacia hidrográfica em questão (CBH, 2017). As áreas identificadas como críticas foram apresentadas aos atores envolvidos com a gestão dos recursos hídricos da UGRHI-13, que puderam elaborar propostas para aprimorar o cenário apresentado e compor o plano de ação do PBH-TJ.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar se os atores envolvidos com a gestão e o gerenciamento das águas da UGRHI-13 (membros do CBH-TJ, ou não) atuam de forma alinhada com as demandas decorrentes da situação hídrica da bacia hidrográfica. Para tanto, foi feito um recorte da participação destes atores na elaboração do PBH-TJ 2016-2027, avaliando, mais especificamente, suas propostas para a gestão das águas, em comparação com criticidade da gestão hídrica identificada neste processo.

2. Metodologia

Esta pesquisa foi possível a partir de uma análise documental sobre o processo de elaboração do PBH-TJ, com vigência de 2016 a 2027, disponível nos Relatório I (CBH-TJ, 2016) e Relatório II (CBH-TJ, 2017). Estes documentos apresentam as metodologias empregadas na elaboração do plano, bem como o diagnóstico e prognóstico da situação nas águas da bacia hidrográfica. Além disso, os documentos apresentam as áreas críticas para a gestão dos recursos hídricos na bacia (CBH-TJ, 2017).

A análise realizada foi focada na comparação dessas áreas críticas com as propostas realizadas e pactuadas pelos atores que participaram das reuniões promovidas durante o processo de elaboração do PBH-TJ, particularmente na segunda fase de consultas. Nestes encontros foram coletadas propostas de intervenção para gestão e gerenciamento dos recursos hídricos.

A comparação foi realizada de forma sistemática com auxílio da metodologia Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016), sendo que o *corpus* de análise consistiu nas propostas pactuadas. As temáticas utilizadas para categorizar as unidades de registro foram os temas e subtemas utilizados para classificar as áreas críticas para gestão das águas, presentes no PBH-TJ. As propostas também foram classificadas em relação às suas escalas de abrangência, ou seja, se abordavam toda a UGRHI, alguma sub-bacia, um município (municipal), ou uma região de um município (local).

Os proponentes foram classificados segundo a sua possível participação dentro do CBH-TJ, considerando a possibilidade de serem representantes da administração municipal, do estado, ou da sociedade civil organizada. Assim, os dados foram tratados de forma a viabilizar sua comparação com a situação dos recursos hídricos na temática verificada por município. A situação de alguns temas foi identificada somente por sub-bacia, e, nestas ocasiões, este foi o recorte territorial utilizado na análise.

3. Resultados e discussões

O PBH-TJ foi elaborado por meio de estudos desenvolvidos por uma equipe composta por profissionais de diferentes áreas e a partir da participação pública em reuniões abertas. Estes encontros foram realizados em três momentos diferentes: no início da elaboração do plano; após a determinação das áreas críticas para gestão dos recursos hídricos da ba-

cia hidrográfica; e no estabelecimento do plano de ação e do programa de investimentos.

Os primeiros encontros promovidos, no início da elaboração do PBH-TJ, tiveram como objetivo coletar os principais problemas ambientais relacionados com a água na bacia hidrográfica, visando complementar os dados oficiais com a percepção dos atores locais. Neste momento, foram realizadas quatro reuniões, para as quais foram convidadas mais de 450 organizações que, diretamente, ou indiretamente, relacionavam-se com os recursos hídricos da bacia, como órgãos das prefeituras municipais, instituições de ensino e de pesquisa, ONGs, usuários de água, etc.

Os dados coletados foram analisados e utilizados para consolidação do diagnóstico e do prognóstico da situação dos corpos hídricos na bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré. Os resultados obtidos permitiram determinar as áreas críticas para a gestão dos recursos hídricos, e, com isso, o estabelecimento de prioridades e a elaboração de propostas de intervenção.

As áreas críticas identificadas, por área de abrangência, foram classificadas pelos temas apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Temas e subtemas utilizados para categorizar as áreas críticas de gestão dos recursos hídricos, por área analisada.

Tema	Subtema	Área analisada
Disponibilidade de águas, demandas e balanço hídrico	Águas superficiais	Municipal e por sub-bacia
	Águas subterrâneas	Municipal e por sub-bacia
Saneamento básico	Abastecimento de água	Municipal e por sub-bacia
	Perdas de água na rede	Municipal e por sub-bacia
	Esgotamento sanitário	Municipal e por sub-bacia
	Manejo de resíduos sólidos	Municipal e por sub-bacia
	Drenagem	Municipal e por sub-bacia
Qualidade das águas	Águas superficiais	Por sub-bacia
	Águas subterrâneas	Por sub-bacia
	Áreas contaminadas	Por sub-bacia
Avaliação da gestão	Levantamento de dados sobre as águas superficiais	Por sub-bacia
	Levantamento de dados sobre as águas subterrâneas	Por sub-bacia
	Levantamento de dados sobre as outorgas para uso urbano	Municipal e por sub-bacia
	Instrumentos de planejamento ambiental	Municipal e por sub-bacia
	Funcionamento do CBH-TJ	UGRHI

Fonte: Adaptado de CBH-TJ, 2017.

A situação dos corpos hídricos encontrada poderia ser classificada como sendo "crítica"; que demanda "atenção"; ou "boa". O Quadro 2 apresenta os temas e subtemas classificados como áreas críticas para a gestão dos recursos hídricos, por sub-bacia e por municípios.

Quadro 2: Municípios e sub-bacias classificados como em situação crítica nos temas e subtemas analisados.

Tema	Subtema	Área analisada no tema
Disponibilidade de águas, demandas e balanço hídrico	Águas superficiais	Barra Bonita, Boa Esperança do Sul, Dois Córregos, Igaraçu do Tietê, Macatuba, Nova Europa
	Águas subterrâneas	Agudos, Araraquara, Bariri, Bauru, Gavião Peixoto, Ibitinga, Igaraçu do Tietê, Itaju, Lençóis Paulista, Macatuba, Mineiros do Tietê, Pederneiras, São Carlos
		Sub-bacia 5
Saneamento básico	Abastecimento de água	Iacanga
	Perdas de água na rede	Araraquara, Barra Bonita, Bauru, Dois Córregos, Ibaté
	Esgotamento sanitário	Agudos, Bauru, Gavião Peixoto, Ibaté, Ibitinga, Itapuí, Ribeirão Bonito
		Sub-bacia 5
	Manejo de resíduos sólidos	Areiópolis, Boracéia
	Drenagem	Araraquara, Bauru
Qualidade das águas	Águas superficiais	Sub-bacia 5
	Águas subterrâneas	-
	Áreas contaminadas	Araraquara, Bauru, Brotas, Itirapina, Jaú, Lençóis Paulista, Ribeirão Bonito, São Carlos, Tabatinga
Avaliação da gestão	Levantamento de dados – águas superficiais	Sub-bacia 1, Sub-bacia 2, Sub-bacia 3, Sub-bacia 4
	Levantamento de dados – águas subterrâneas	Sub-bacia 2, Sub-bacia 3
	Levantamento de dados – outorgas para uso urbano	Agudos, Barra Bonita, Boa Esperança do Sul, Borebi, Brotas, Ibaté, Itapuí, Jaú, Lençóis Paulista, Mineiros do Tietê, Nova Europa, São Manuel, Tabatinga
		Sub-bacia 3
	Instrumentos de planejamento ambiental	-
	Funcionamento do CBH-TJ	-

Fonte: Adaptado de CBH-TJ, 2017.

Os resultados obtidos sobre a situação da gestão hídrica na bacia, por município e por sub-bacia, foram enviados aos convidados antes do segundo encontro. Estes dados também foram espacializados em mapas para facilitar a visualização da situação das águas da bacia hidrográfica, sendo apresentados e disponibilizados durante os encontros.

Nestas ocasiões, foram realizadas duas reuniões, quando foram coletadas sugestões de propostas de intervenção dos atores participantes que, além de elaborarem sugestões, pactuaram a execução das propostas.

No total, foram convidados 487 atores, os quais, por suas naturezas jurídicas, poderiam ser membros do CBH-TJ, seja como representantes do estado, dos municípios, ou da sociedade civil organizada. Todos os membros dos CBH-TJ, bem como das suas câmaras técnicas e dos grupos de trabalho foram convidados para os encontros. Depois das reuniões, foi disponibilizado um prazo adicional para mais propostas de ações, demandas, ou pactuação do compromisso de execução fossem enviadas, tanto para quem participou dos encontros, quanto para quem não pode estar presente.

É importante destacar que existe no PBH-TJ uma ressalva sobre as limitações encontradas no seu processo de elaboração, como a falta de dados em alguns municípios, a baixa participação pública nas reuniões, e a mobilização insuficiente para participação nos eventos, atribuída aos curtos prazos disponíveis para promoção dos encontros.

Dentre sugestões, demandas e propostas pactuadas, foram coletadas 453 ações, sendo que somente 118 delas foram pactuadas. Os proponentes das ações pactuadas eram majoritariamente representantes dos municípios (77) e da sociedade civil organizada (40). Apesar do estado ocupar um terço da representação no CBH-TJ, somente um órgão realizou uma proposta para a UGRHI-13. A Tabela 1 apresenta a quantidade de propostas pactuadas, por tipo de representação do proponente e por área de abrangência da ação.

Tabela 1: Quantidade de propostas pactuadas por proponente e área de abrangência.

Área de abrangência	Proponente	Quantidade
UGRHI	Municípios	0
	Sociedade civil organizada	13
	Estado	1
Sub-bacia	Municípios	0
	Sociedade civil organizada	1
	Estado	0
Municipal	Municípios	56
	Sociedade civil organizada	18
	Estado	0
Local	Municípios	21
	Sociedade civil organizada	8
	Estado	0
Total		118

Fonte: Adaptado de CBH-TJ, 2017.

Somente uma proposta foi realizada no âmbito da área de abrangência da sub-bacia, apesar das informações terem sido disponibilizadas ao público, tanto por município, quanto por sub-bacia. Com relação aos proponentes, os representantes da sociedade civil organizada propuseram a maioria dos projetos pensados para a UGRHI, enquanto os representantes dos municípios majoritariamente propuseram ações em escalas municipais e locais. A única proposta pactuada por um órgão estadual foi elaborada para toda a UGRHI.

Mais da metade das propostas foi realizada para a escala municipal, mesmo com as referências legais para o gerenciamento dos recursos hídricos trazendo as bacias hidrográficas como as unidades territoriais adequadas. Dentro deste contexto, pode-se afirmar que o limite político-administrativo dos municípios foi utilizado como o principal recorte territorial para a gestão hídrica.

Dentre as propostas, havia 19 ações que tratavam de iniciativas de educação ambiental, ou de restauração florestal. Como a UGRHI-13 tem planos diretores específicos para estas áreas (CBH-TJ, 2011; CBH-TJ, 2017), o PBH-TJ não analisou a demanda destes campos à gestão hídrica. Das 99 propostas remanescentes, 67 foram ações feitas por representantes da administração municipal, 31 por organizações da sociedade civil organizada e uma pelo estado, mantendo, assim, a mesma tendência sobre os principais propositores de ações.

Analisando as propostas em relação às temáticas em que elas se enquadravam e a situação identificada nos temas analisados, somente 14 tratavam de assuntos identificados como críticos para a gestão hídrica da bacia hidrográfica. A Tabela 2 apresenta de forma mais detalhada a quantidade de ações enquadradas em subtemas com situação "crítica", que demandam "atenção", ou "boa", também relacionadas aos proponentes e às áreas de abrangência das ações.

Tabela 2: Quantidade de propostas classificadas por situação identificada nos subtemas em que foram classificadas e, também, por área de abrangência e tipo de proponente.

Área de abrangência	Proponente	Quantidade "crítica"	Quantidade "atenção"	Quantidade "boa"
UGRHI	Municípios	0	0	0
	Sociedade civil organizada	0	7	2
	Estado	1	0	0
Sub-bacia	Municípios	0	0	0
	Sociedade civil organizada	0	0	0
	Estado	0	0	0

Área de abrangência	Proponente	Quantidade "crítica"	Quantidade "atenção"	Quantidade "boa"
Municipal	Municípios	5	24	17
	Sociedade civil organizada	5	2	9
	Estado	0	0	0
Local	Municípios	1	9	11
	Sociedade civil organizada	2	0	4
	Estado	0	0	0
Total		14	42	43

Fonte: Adaptado de CBH-TJ, 2017.

As propostas indicadas pelos atores tiveram pouca relação com a criticidade da situação da gestão hídrica identificada e publicizada no processo de elaboração do PBH-TJ. Dentre as dez propostas realizadas para a UGRHI, somente uma, aquela proposta pelo órgão estadual, estava alinhada com as áreas mais críticas. Assim, cabe refletir se as entidades que participaram do processo propuseram ações a partir dos dados que foram disponibilizados, ou se as propostas foram realizadas baseadas em suas percepções sobre as demandas da UGRHI, ou nos recursos e habilidades que têm acesso.

Em geral, as propostas elaboradas para o nível municipal estão relacionadas aos subtemas considerados menos críticos. A maioria das propostas indicadas pelos representantes municipais tratava de questões que demandavam atenção da gestão hídrica, mas não estavam em situação crítica. Isso pode indicar que os municípios estão em contato cotidiano com outras demandas, ou que não encontraram formas de atuar para trazer melhorias aos temas mais críticos. Além disso, foram propostas 17 ações em subtemas identificados como em boa situação, um número relativamente elevado quando comparado com o total de propostas realizadas dentro deste recorte (46).

A maior parte das ações trazidas pela sociedade civil organizada foi realizada nas áreas apontadas como em melhor situação no PBH-TJ. No entanto, cinco das 16 propostas foram ações classificadas em subtemas identificados como críticos. Mais uma vez, é pertinente refletir sobre qual foi a motivação destes atores ao elaborar suas propostas. Ressalta-se que, dentro deste segmento, encontram-se representantes dos usuários da água, como, por exemplo, as autarquias municipais. Assim, as ações podem ter sido propostas seguindo mesma lógica da administração municipal, desconsiderando criticidades apontadas.

As ações propostas pelos representantes dos municípios e da sociedade civil organizada para escalas locais também foram realizadas, em geral, para os subtemas identificados como em situações menos críticas.

Destaca-se que, depois de retirar da análise as ações relacionadas com a educação ambiental e com a restauração florestal, não restaram propostas pensadas para as sub-bacias. Esperava-se que os atores do gerenciamento dos recursos hídricos também utilizassem esta divisão territorial para elaborar suas propostas, uma vez que ela possibilita a gestãodescentralizada, ao envolver territórios que compartilham o mesmo corpo hídrico.

Voltando às reuniões públicas realizadas durante a elaboração do PBH-TJ 2016-2027, a terceira consulta foi realizada em outras duas ocasiões. O objetivo destes encontros foi construir colaborativamente o plano de ação e o programa de investimentos do plano, que são as partes que operacionalizam sua execução no horizonte de planejamento. As ações incorporadas no plano de ação foram aquelas pactuadas e outras que foram sugeridas pela relevância ao contexto identificado. Para estas ações não havia comprometimento prévio de execução por nenhuma organização.

Os dados apresentados incitam algumas reflexões sobre como a gestão e o gerenciamento das águas estão sendo praticados. Sobre os Planos de Bacias Hidrográficas, a diretriz básica da gestão hídrica, cabe avaliar se estão sendo elaborados a partir da real situação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. Além disso, sua aplicação depende de atores comprometidos em executar as ações determinadas, e, por isso, demanda o reconhecimento da pertinência da ação e da viabilidade de atuar na área.

Um aspecto relevante para a análise realizada neste trabalho é que a crise política e econômica que o Brasil está vivenciando reduziu a disponibilidade de fundos para as entidadespleitearem receitas, logo aqueles escassos recursos existentes são requisitados para os mais diversos fins.

Notou-se também que houve municípios que não contribuíram com propostas durante a elaboração do PBH-TJ 2016-2027, embora apresentassem cenários críticos nos subtemas analisados.

A dissociação da prática ao instituído pelas leis de gerenciamento de recursos hídricos também pode ser observada na participação dos entes estaduais. Em geral, o corpo técnico que trabalha nestes órgãos é mais especializado tecnicamente do que os outros entes que participam do colegiado. Entretanto, não foi possível observar, no âmbito desta pesquisa, a intenção de uma participação ativa destes órgãos para incentivar boas práticas no gerenciamento dos recursos hídricos, nem para envolver-se na execução das ações.

4. Considerações finais

Com os resultados obtidos, não foi possível identificar uma relação direta entre as propostas pactuadas pelos atores e a situação dos recursos hídricos identificada no momento da elaboração do PBH-TJ 2016-2027. Assim, este trabalho apresenta indícios de que a gestão promovida pelo CBH-TJ precisa ser adequada para alcançar efetivamente a gestão integrada, descentralizada e participativa das águas.

É necessário aprofundar os estudos sobre os reais motivos que levaram à existência de propostas desalinhadas com as demandas identificadas. Como no PBH-TJ foi feita uma ressalva sobre as limitações encontradas em seu processo de elaboração, é importante considerar que o diagnóstico realizado não ter sido adequado às realidades locais. No entanto, não é possível descartar outras explicações, como se os atores da gestão e gerenciamento hídrico estavam apropriados das situações publicizadas no momento em que elaboraram suas propostas.

Além disso, é preciso ampliar a percepção dos atores sobre suas atuações, dentro das suas organizações, para englobar a gestão hídrica, além das suas demandas cotidianas. Isto é pertinente especialmente aos representantes da administração municipal.

Os órgãos estaduais poderiam agir visando incentivar ações a nível de bacia hidrográfica, não só na gestão hídrica, mas em outros campos, a fim de criar uma identidade para este recorte territorial e, com isso, promover projetos e ações dentro deste espaço. Afinal, com os resultados apresentados neste trabalho, é possível notar que a gestão hídrica não superou os limites políticos-administrativos municipais.

Uma das dúvidas que pairou sobre os resultados analisados é o quanto os entes que podem participar do CBH-TJ estariam apropriados de seus papeis dentro desta instituição, bem como da função que o colegiado exerce no sistema de gerenciamento dos recursos hídricos. Questiona-se também se as instituições que participam deste colegiado conseguem se distanciar da exclusividade de seus compromissos institucionais para deliberar sobre uma causa sistêmica.

5. Referências

ABERS, R. N; KECK, M.E. **Autoridade Prática**: ação criativa e mudança institucional na política das águas do Brasil. Rio de Janeiro, editora Fiocruz, 2017.

BARBOSA, F. D. **Comitês de Bacias Hidrográficas, representação e participação: desafios e possibilidades à gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 417 p., 2019.

BARBOSA, M. C.; MUSHTAQ, S.; ALAM, K.. Integrated water resources management: Are river basin committees in Brazil enabling effective stakeholder interaction? **Environmental Science and Policy**, [*s. l.*], v. 76, n. June, p. 1–11, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.06.002

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 70. ed. Casa de Ideias: São Paulo, 2016.

BARROS, C. M.; LATTARI, P. G. Z.; PEREIRA, D. C. O.; FOLEGATTI, M. V. Análise comparativa entre os sistemas de gestão da água: Brasil, Estados Unidos, Alemanha, África do Sul. *In:* **12º SILUSBA Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa**, 2015, Brasília, Anais do 12º SILUSBA, 2015.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, criao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 daConstituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Leinº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 4 out. 2021.

CBH-TJ – Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. **Estatuto do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**. São Paulo, 1999. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/estatuto. Acesso em: 5 out. 2021.

_____. **Plano Diretor de Restauração Florestal visando a produção de água e a preservação da biodiversidade da UGRHI – Tietê-Jacaré**. São Paulo, 2013. Disponível em: http://www.institutoproterra.org.br/attach/upload/planodiretorderestauracaoflorestaltiete-jacare.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

_____. **Relatório I Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê- Jacaré**. São Paulo, 2016. Disponível em http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/deliberacoes. Acesso em: 5 out. 2021.

_____. **Relatório II Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê- Jacaré**. São Paulo, 2017. Disponível em http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/deliberacoes. Acesso em: 5 out. 2021.

_____. **Plano Diretor de Educação Ambiental da bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré**. São Paulo, 2017. Disponível em: http://pdea.teia.org.br/wp-content/uploads/2018/12/e-Book_PDEA-TJ.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

_____. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020 da UGRHI-13 – Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**, Ano base 2019. São Paulo, 2020. Disponível em https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-TJ/19536/relatorio-situacao-final.pdf. Acesso em: 5 out. 2021.

JACOBI, P. R.; MONTEIRO, F. Social capital and institutional performance: methodological and theoretical discussion on the water basin committees in metropolitan Sao Paulo - Brazil. **Ambiente & Sociedade**, [s. l.], v. IX, n. 2, p. 25–45, 2006.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p.43-60, 2008.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 16.337, de 14/12/2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html. Acesso em: 19 out. 2021.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Water in a changing world. *In:* **The United Nations world water development report 3**. Londres, 2009. 349 p.

WAHRLICH, B. M. S. Uma análise das teorias de organizações. 4. ed. Rio de Janeiro, **FundaçãoGetúlio Vargas**, Serv. De publicações, 1977.

Análise da Evolução da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos no Piauí (2018 A 2020) e no Rio de Janeiro (2011 A 2021): O que há em Comum?

Alessandra Moraes da Rocha[1]
Estela Miridan Rosas[2]
Daniela Nogueira[3]

Resumo: O presente trabalho busca avaliar a Gestão Participativa dos Recursos Hídricos dos Comitês de Bacia Hidrográfica dos Estados brasileiros do Rio de Janeiro (Região Sudeste) e do Piauí (Região Nordeste), comparando os processos de formação e composição destes. Desta forma, almeja-se identificar as similaridades e diferenças e analisar fatos ou processos que permitam uma maior efetividade da participação da sociedade civil na gestão de recursos hídricos. A metodologia utilizada para o estudo foi pesquisa qualitativa, com levantamento bibliográfico acerca do tema e análise documental (atas das reuniões dos respectivos Comitês) dos processos de instalação, de composição e registro de atividades dos organismos de Bacias Hidrográficos estudados. Após a análise das atividades realizadas pelos Comitês, registradas em Atas Públicas e disponibilizadas nos respectivos Websites, observou-se uma participação limitada da comunidade local, ou seja, da sociedade civil, nos CBH Rio Dois Rios e dos Rios Canindé e Piauí. Percebe-se que os representantes do poder público, apesar da paridade com os demais membros, apresentam uma participação mais ativa nas reuniões, pautando as discussões, enquanto os demais representantes atuam como ratificadores do que eles propõem. Apesar das diferenças quanto ao grau de maturidade das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos, com o Estado do Rio de Janeiro apresentando uma implementação dos instrumentos bem mais robusta que o Estado do Piauí, a gestão participativa é insuficiente em ambos os entes, nos CBHs analisados.

Palavras-chave: Gestão Participativa; Recursos Hídricos; Comitês de bacia: Rio Dois Rios; Canindé.

1 UERJ - alessandra.rocha@profagua.uerj.br.

2 UnB- estelamiridan@hotmail.com.

3 UnB - danielanogueiracds@gmail.com.

Abstract: The present work seeks to evaluate the Participatory Management of Water Resources in the River Basin Committees of the Brazilian states of Rio de Janeiro (Southeast Region) and Piauí (Northeast Region), comparing the processes of their formation and composition. In this way, the aim is to identify the similarities and differences and analyze facts or processes that allow a greater effectiveness of civil society participation in water resources management. The methodology used for the study was qualitative research, with a bibliographic survey on the theme and a documentary analysis (minutes of the meetings of the respective Committees) of the processes of installation, composition and record of activities of the studied River Basin Organisms. After the analysis of the activities carried out by the Committees, registered in public minutes and made available on their respective websites, it was observed a limited participation of the local community, that is, the civil society, in the CBH Rio Dois Rios and the Rios Canindé and Piauí. It is noticeable that the representatives of the public authorities, despite their parity with the other members, present a more active participation in the meetings, guiding the discussions, while the other representatives act as ratifiers of what they propose. Despite the differences as to the degree of maturity of the State Water Resources Policies, with the State of Rio de Janeiro presenting a much more robust implementation of the instruments than the State of Piauí, participative management is insufficient in both entities, in the analyzed CBHs.

Keywords: Participatory Management; Water Resources; Basin Committees: Rio Dois Rios; Canindé.

1. Introdução

A Gestão Participativa (GP) é um modelo advindo da Administração que vem sendo adotado no Brasil, em algumas instituições, desde a década de 1970. Esse modelo de gestão pode ser conceituado como um conjunto de processos de diálogo que procuram incluir diversos setores e grupos envolvidos em uma questão, seja para compartilhar conhecimentos sobre um tema, seja para a identificação coletiva de desafios, seja para planejar ações e tomar decisões coletivamente (ANA, 2021).

A GP tem como principal objetivo motivar a participação dos indivíduos e melhorar a qualidade do produto a ser gerado no caso das empresas ou de grupos de atuação setoriais (PACHECO, 2020). Ao trazer esse modelo à gestão brasileira dos recursos hídricos, percebe-se que ainda há muitas

controvérsias em relação à manifestação e atividade da coletividade, mesmo com a Lei 9.433 abordando a importância desse processo colaborativo.

A Política Nacional de Recursos Hídricos deixa claro o papel da sociedade civil organizada quanto à atividade participativa na defesa de seus interesses no monitoramento dos recursos arrecadados e na concessão das outorgas de forma justa. Isso pode ser demonstrado logo em seu primeiro artigo quando determina que "a gestão dos recursos hídricos deve ocorrer de forma descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades" (Brasil, 1997, p. 1). JACOBI (2006) apresenta com clareza como se constrói essa organização da Gestão Participativa:

> A União e parte significativa dos estados aprovaram na década de 1990, leis que definiram uma nova organização do sistema de gestão de recursos hídricos. O sistema rompe com uma lógica de planejamento tecnocrático e centralizado. Reconhece-se a água como bem econômico, e se define a gestão integrada e descentralizada dos usos múltiplos da água. Isto demanda negociações entre os órgãos dos diferentes níveis de governo, os usuários e a sociedade civil organizada. (JACOBI et alii., 2004, p.1)

A legislação garante a participação da sociedade civil organizada no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) através da composição dos Conselhos Nacionais e Estaduais de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacias Hidrográficas, garantindo a representação de usuários, entidades e organizações civis (BRASIL, 1997).

Ocorre que, em muitos casos, surgem algumas discussões em que se relata a ação de grupos ruralistas e industriais com maior poder de fala e liderança dentro dos Comitês de Bacias Hidrográficas, por exemplo, tema que inclusive foi discutido nas Oficinas Temáticas do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), no 1° semestre deste ano de 2021.Percebe-se, portanto, uma da concentração de falas em muitas ocasiões, de acordo com o poder econômico dos atores em cada caso. O que se torna um desafio do ponto de vista da Gestão Participativa e suas bases. Um documento que comprova essa discussão é o Relatório Preliminar dos Grupos de Trabalho produzido para a Elaboração do PNRH (Plano Nacional de Recursos Hídricos).

Como Jacobi (2006) explicou, a participação colegiada objetiva neutralizar práticas predatórias orientadas pelo interesse econômico ou político. Desta forma, facilita-se a interação entre os atores envolvidos, permitindo maior transparência no relacionamento entre governo, empresas e usuários. Ocorre, como bem explicita o autor, que esta participação reduz

as chances de abuso de poder, mas não a manipulação de interesses, uma vez que isso depende principalmente da capacidade de organização da sociedade civil.

Fato é que se faz necessária a tomada de consciência da população para que sejam absorvidas as informações fundamentais sobre a importância dos Recursos Hídricos. E, acima de tudo, sejam discutidos de vários pontos de vista os valores sociais e econômicos da água, a fim de que as participações não sejam meramente ilustrativas, que tenham credibilidade e continuidade no que diz respeito à administração e fomento dos projetos de atendimento à população enquanto coletividade.

Com isso, esse artigo busca analisar a gestão participativa nos Comitês de Bacia Hidrográfica nos Estados do Rio de Janeiro e do Piauí, comparando os processos de formação e composição destes. Desta forma, almeja-se identificar as similaridades e diferenças e analisar fatos ou processos que permitem uma maior efetividade da participação da sociedade civil na gestão de recursos hídricos.

2. Aspectos metodológicos

Para atingir os objetivos propostos, a metodologia utilizada para o estudo foi pesquisa qualitativa, com levantamento bibliográfico acerca do tema e análise documental dos processos de instalação, de composição e registro de atividades dos Comitês de Bacias Hidrográficos estudados, com recorte temporal específico por bacia, No caso do CBH Rio Dois Rios, no Rio de Janeiro, de 2011 a 2020 e do CBH Rios Canindé-Piauí, de 2018 a 2020. Os estados escolhidos apresentam diferentes realidades regionais, sociais e econômicas, o que permite avaliar o processo da gestão participativa sob duas díspares perspectivas.

Ao analisar o estado Rio de Janeiro, foi escolhido o Comitê Rio Dois Rios por se tratar de um grupo que abarca municípios do interior do estado, especificamente da região serrana. No entanto, entendeu-se pertinente apresentar o histórico do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), uma vez que as configurações das regiões hidrográficas fluminenses extrapolam os limites do estado e necessitam de uma coordenação em rede entre os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais a fim de consolidar as ações dos comitês de forma a dirimir

possíveis conflitos entre os entes da federação. No Estado do Piauí foram estudados os comitês estaduais, uma vez que não há comitê de bacia instalado para os rios de domínio da União.

Optou-se pela análise documental, nesta pesquisa, uma vez que a partir das informações escritas, torna-se possível extrair e resgatar ações e entendimentos a respeito de determinados objetos de análises presentes nas discussões dos Comitês, cuja compreensão necessita de contextualização regional, histórica e sociocultural.

> [...] o documento escrito constitui uma fonte extremamente preciosa para todo pesquisador nas ciências sociais. Ele é, evidentemente, insubstituível em qualquer reconstituição referente a um passado relativamente distante, pois não é raro que ele represente a quase totalidade dos vestígios da atividade humana em determinadas épocas. Além disso, muito frequentemente, ele permanece como o único testemunho de atividades particulares ocorridas num passado recente (CELLARD, 2008, p. 295).

De acordo com Denzin e Lincoln (2006, p. 17), a pesquisa qualitativa envolve o estudo do uso e a coleta de uma variedade de materiais empíricos que descrevem momentos e significados rotineiros e problemáticos na vida dos indivíduos. Desta forma, aponta que os pesquisadores que optam por essa metodologia utilizam várias práticas interligadas na esperança de se conseguir compreender melhor o assunto, compreendendo que cada prática garante uma visibilidade distinta do mundo.

Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

A Lei Federal nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, formalizou a Política Nacional de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) em 1997. Essa política formata a gestão hídrica no Brasil com caráter de descentralização e ratifica a importância da participação dos usuários, do poder público e da sociedade civil organizada. Tem como forte apelo assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água adequada, quantidade e qualidade, aos respectivos usos, sua utilização racional e integrada e a prevenção contra eventos hidrológicos críticos., uma vez que a bacia é uma unidade territorial para aplicação da PNRH e onde os Comitês atuam.

Seguindo a Lei 9.433 (1997), o SNRH criou a figura dos Comitês de Bacia, ou seja, grupos que se organizam através de fóruns democráticos a fim de se debater e tomar decisões a respeito aos usos da água de determinada

bacia hidrográfica. As Agências de Bacia, consideradas braços executivos dos Comitês são as responsáveis pela aplicação dos recursos arrecadados através da cobrança pelo uso da água bruta na bacia. E no âmbito federal, a autarquia denominada Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, criada para atuar como órgão gestor dos recursos hídricos de domínio da União.

No Rio de Janeiro, a partir do Decreto Federal nº 1.842, de 22 de março de 1996, é criado o CEIVAP, Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. A partir de 2008, incluiu 4 municípios na bacia, abrangendo, portanto, 184 municípios nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

> O Comitê foi criado com o intuito de promover, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilidade técnica e econômico-financeira de programas de investimento e a consolidação de políticas de estruturação urbana e regional, visando o desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, e a articulação interestadual, garantindo que as iniciativas regionais de estudos, projetos programas e planos de ação sejam partes complementares, integradas e consonantes com as diretrizes e prioridades estabelecidas para a Bacia. (CEIVAP, 2021, p. 1)

Participam desse Comitê 60 membros, destes são três da União e 19 de cada estado (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) da bacia do Paraíba do Sul de várias esferas de atuação: companhias de abastecimento e saneamento, indústrias, hidrelétricas, dos setores: agrícola, pesqueiro, de turismo e lazer. Tais participantes estão percentualmente distribuídos, como mostra o gráfico abaixo, oriundo da página do site do CEIVAP, da seguinte forma:

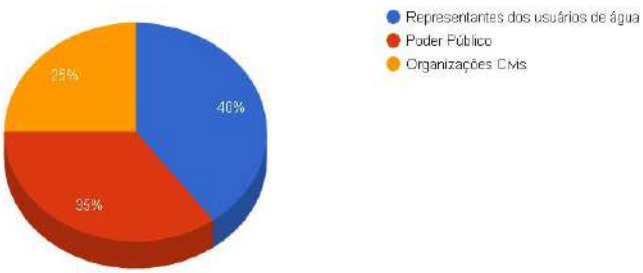


Figura 1: Gráfico de distribuição de representantes no CEIVAP
Fonte: CEIVAP (2021)

De acordo com CHACON-PEREIRA *et al.* (1999), a Lei nº 3.239/99 estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos no estado do Rio de Janeiro,

com objetivos, diretrizes e arranjo institucional do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI), incluindo mecanismos e instrumentos da política. O Artigo 43 apresenta o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos as seguintes instituições: I. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), II. Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI), III. Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), IV. Agências de Água e no V. Organismos dos poderes públicos federal, estadual e municipais, cujas competências estão em consonância com a gestão de recursos hídricos.

A Resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013 que revogou a Resolução CERHI-RJ n° 18 de 08.11.2006 dividiu o estado do Rio de Janeiro em 9 regiões geográficas com a bacia do rio Itabapoana integrando a RH IX, atualmente denominada Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, e a Região X foi extinta.

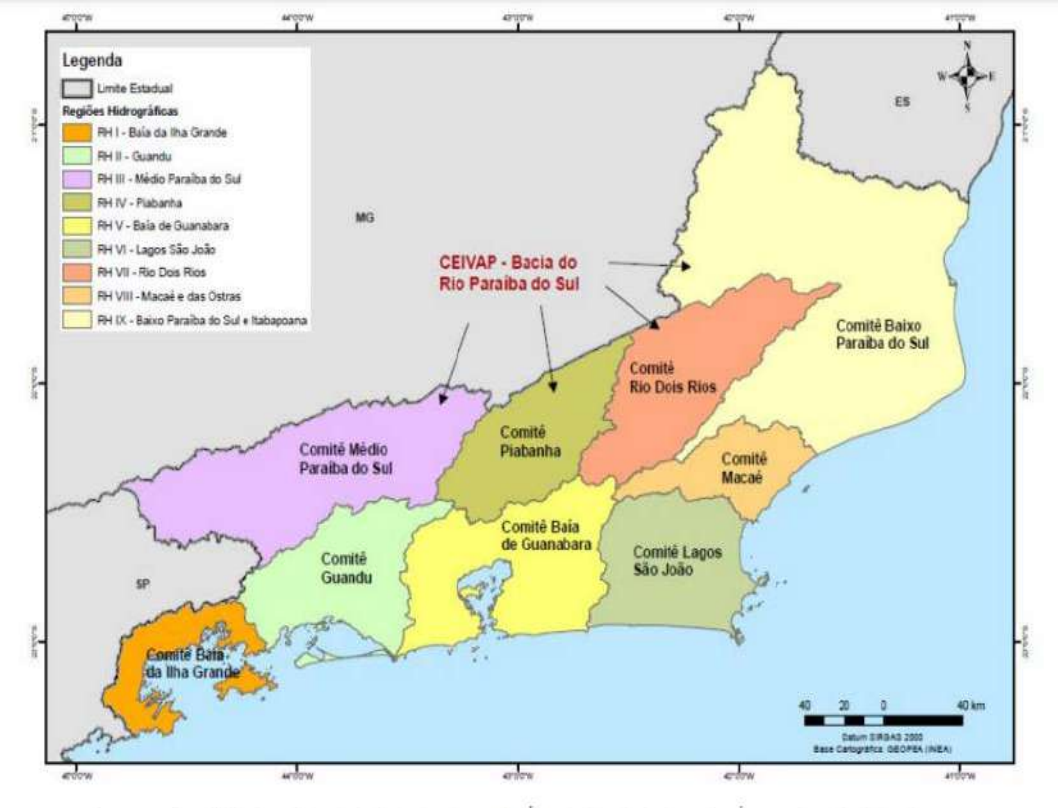


Figura 2: Regiões hidrográficas e Comitês de Bacia do estado do Rio de Janeiro.
Fonte: Informações disponibilizadas pela Gerência de Apoio à Gestão das Águas/ Diretoria de Gestão das Águas e do Território/ Instituto Estadual do Ambiente (Geagua/Digat/INEA), 2013 apud CHACON-PEREIRA *et al.*

Em 2002 é criada a Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - AGEVAP, com personalidade jurídica tal qual à associação de direito privado, com fins não econômicos. Inicialmente, foi incumbida de exercer funções de Secretaria Executiva. Hoje,

atua com funções definidas no Art. 44 da Lei Federal n° 9.433/97, Art. 59, da Lei Estadual do Rio de Janeiro nº 3.239/99 e Art. 38 da Lei Estadual de Minas Gerais nº 13.199/99, que se debruçam sobre as competências das Agências de Água ou Agências de Bacia.

> A sede da AGEVAP está localizada em Resende/RJ. A Agência possui 10 (dez) Unidades Descentralizadas (UDs) localizadas nos municípios de Volta Redonda, Petrópolis, Nova Friburgo, Campos dos Goytacazes, Seropédica, Rio de Janeiro, Angra dos Reis (localizadas no estado do Rio de Janeiro), Juiz de Fora, Guarani (localizadas em Minas Gerais) e São José dos Campos (localizada em São Paulo). A Agência possui ainda 01 (uma) filial localizada em Governador Valadares/MG. (CEIVAP, 2021, p.1)

Figura 3: Organização da Associação.
Fonte: AGEVAP (2021).

O CEIVAP passou a incentivar a implementação dos chamados "organismos de bacia", ou seja, entidades ou órgãos que atuariam no espaço geográfico de determinada bacia hidrográfica, ampliando o campo de visão na gestão participativa. O objetivo desta ação seria ampliar a capacidade de atuação cujos braços físicos não seriam suficientes para abarcar a totalidade das bacias.

De acordo com as informações do próprio CEIVAP:

> Atuam na região comitês de bacias, consórcios e uma associação, além do Comitê Guandu que, apesar de sua área de atuação propriamente dita (as bacias dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim, no estado do Rio de Janeiro) não estar situada na bacia do Paraíba do Sul, possui um forte vínculo hídrico com esta bacia, cuja preocupação comum fundamental é a preservação e recuperação dos cursos d'água. O que se pode perceber

> nesse período é uma grande evolução deste modelo de gerenciamento participativo, onde a população propõe e define as ações de intervenção nas várias sub bacias do Paraíba do Sul. (CEIVAP, 2021, p. 1)

Em relação a maior integração entre diversos atores, em algumas situações os Comitês Estaduais podem vir a passar por determinadas tensões, tanto em relação à atuação desses organismos, assim como na tomada de decisões em relação às bacias contempladas. Isso pôde ser observado entre Rio de Janeiro e São Paulo, quanto à Bacia do Paraíba do Sul em que a ANA precisou atuar de forma a dirimir os conflitos entre os dois entes estaduais, em 2014. Nesta ocasião, disputas quanto à transposição de 5.000 litros por segundo do Paraíba do Sul para a Represa Atibainha, do Sistema Cantareira foi judicializada, considerando conflitos de interesses interfederativos (REVISTA VEJA, 2014).

O impasse citado é incomum, no entanto, é passível de ocorrer quando os estados possuem competência de atuação igual, mas não conseguem, através de uma gestão participativa, de forma democrática, resolverem seus imbróglios. Uma gestão participativa efetiva poderia mitigar os conflitos quanto ao uso da água.

Uma Gestão Participativa com duplo domínio de águas é um desafio no âmbito de Gestão de Águas no Brasil. Tal fato demanda uma capacidade de organização e de operacionalização muito específica e de flexibilidade frente às especificidades das regiões geográficas e aos diversos usos das águas de suas bacias hidrográficas.

RH VII – Comitê da Bacia Hidrográfica Rio Dois Rios

O CEIVAP é o comitê de integração, que abrange bacias de domínio estritamente estadual. Uma dessas bacias é a do Rio dos Rios, à qual será analisada quanto à implementação da gestão participativa.

> O Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Rio Dois Rios - Comitê Rio Dois Rios teve sua criação aprovada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERHI em 13 de novembro de 2003, sendo reconhecido e qualificado pelo Decreto Estadual nº 41.472, de 11 de setembro de 2008, cuja redação foi alterada pelo Decreto Estadual nº 45.460/2015. Com sede no município de Nova Friburgo/RJ, o Comitê é um órgão colegiado integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento e Recursos Hídricos – SEGRHI, nos termos da Lei Estadual nº 3.239/1999. (Comitê da Bacia Hidrográfica Rio Dois Rios, 2021, p.1)

A bacia abrange os municípios de Bom Jardim, Cantagalo, Cordeiro, Duas Barras, Itaocara, Macuco e São Sebastião do Alto e, em parte, os municípios de Carmo, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, Trajano de Moraes e São Fidélis, na região serrana do estado do Rio de Janeiro. O principal objetivo do Comitê é a promoção de uma gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos da Região Hidrográfica VII, do estado do Rio de Janeiro, composta pelas bacias dos rios Negro e Dois Rios, do córrego do Tanque e adjacentes, e da bacia da margem direita do curso médio inferior do rio Paraíba do Sul, cujos rios principais são os rios Bengalas, Negro, Grande e Dois Rios, com foz no município de São Fidélis.

São atribuídas ao Comitê Rio Dois Rios funções de natureza consultivas, deliberativas e normativas, em nível regional, com um plenário formado por 24 membros titulares, com direito a voz e voto, e seus respectivos suplentes, distribuídos em 8 Representantes dos Usuários da Água, 8 Representantes da Sociedade Civil e 8 Representantes do Poder Público (municipal, estadual, federal). Também conta com um Diretório Colegiado, composto por um Diretor-Presidente, um Diretor Vice-Presidente, um Diretor Secretário Executivo e três Diretores Administrativos, bem como de uma Câmara Técnica Permanente Institucional Legal.

Em 2009, o Regimento Interno foi aprovado em Reunião Plenária do Comitê, sendo alterado em 2013.

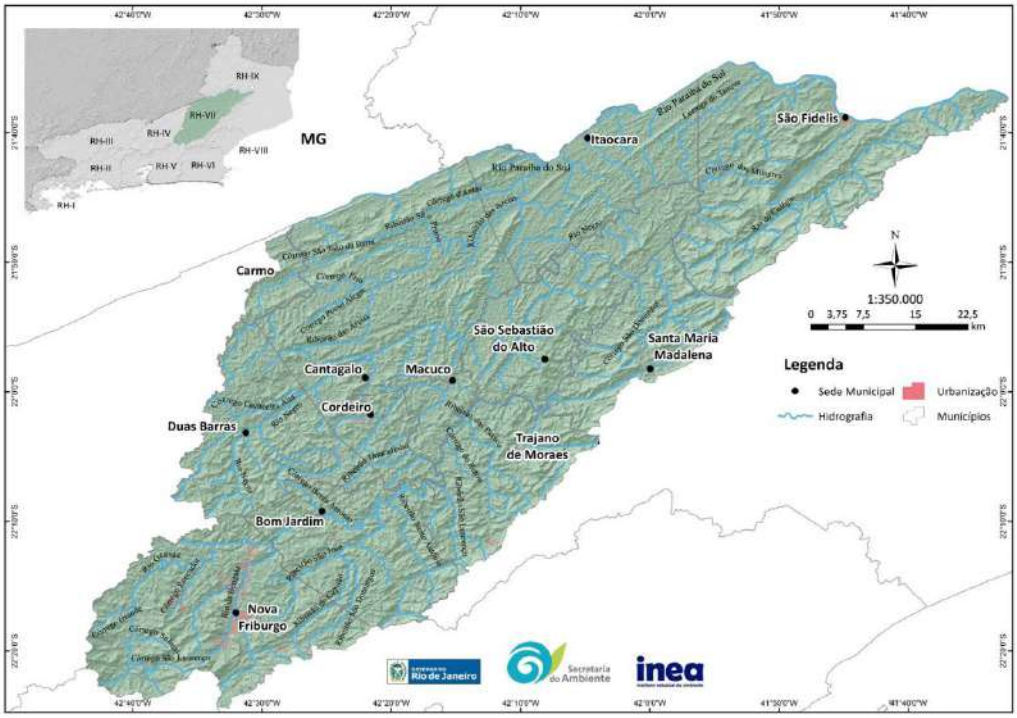


Figura 4: Mapa com a delimitação da área de atuação do CBH R2R.
Fonte: INEA (2021).

As Reuniões Ordinárias ocorrem anualmente desde 2011, com exceção de 2020 por conta da pandemia. Já as reuniões extraordinárias vêm ocorrendo desde 2011. Atualmente as discussões versam sobre a Aprovação da Consolidação do Plano de Bacia da Região Hidrográfica do Rio Dois Rios. Há inúmeras proposições de projetos entre o INEA, a AGEVAP e outras instituições públicas e privadas com ampla participação.

Em fevereiro deste ano de 2021, houve a troca de Gestão do Comitê relativa ao biênio 2019-2020 com a posse dos membros da nova composição do Plenário e Diretório Colegiado do CBH-R2R para o biênio 2021-2022.

Ao se realizar uma análise das Atas das Reuniões Ordinárias e Extraordinárias, vê-se os nomes de membros, em suma, representantes das prefeituras cujos municípios estão incluídos na sub-bacia, assim como de representantes de instituições públicas e privadas como: APROJAN (Associação dos Pequenos Produtores Rurais Comunidade Janela das Andorinhas), CECNA (Centro de Estudos e Conservação da Natureza), ACIANF (Associação Comercial Industrial e Agrícola de Nova Friburgo), INEA (Instituto Estadual do Ambiente), CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos), CONRURAL (Conselho dos Dirigentes das Organizações de Agricultores Familiares de Nova Friburgo), FIPERJ (Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro), Emater (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) -RJ, Radio Brasil Rural – ACERDAT, AEANF (Associação de Engenheiros e Arquitetos de Nova Friburgo), Empresa Águas de Nova Friburgo, REDEC - Defesa Civil Estadual Regional Serrana II, Associação da Indústria Cervejeira de Nova Friburgo e Região, Fazenda Soledade LTDA, FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro) e Lafarge-Holcim Brasil S.A.

Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Canindé e Piauí

Segundo Lima (2017), no Estado do Piauí a circulação das águas doces no meio ambiente está associada ao grande volume de águas subterrâneas, à presença de lagoas naturais, açudes e lagos de barragens geralmente construídos em vales fluviais. Além disso, o sistema de redes fluviais em sua maior parte é comandado pelo rio Parnaíba.

De acordo com Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH, a hidrografia do estado do Piauí se insere no contexto da Região Hidrográfica do Parnaíba, onde existem 12 bacias hidrográficas. Dessas, foram instalados apenas 02 (dois) comitês de bacia hidrográficas

(CBH): o Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Canindé e Piauí (Decreto Estadual nº 13.585/09) e o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia (Decreto Estadual nº 15.562/14). O CBH dos Rios Canindé e Piauí será o objeto do estudo no âmbito do Estado do Piauí.

O CBH dos Rios Canindé e Piauí foi criado em 2009. Ocorre que há poucos registros de sua atuação entre o ano de sua criação até o ano de 2018. A atuação a partir do ano 2018 passou a ser mais intensa, muito provavelmente devido à adesão do Estado do Piauí, em 2017, ao Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas – Procomitês, instituído pela Resolução ANA nº 1.190/2016. Este programa tem como objetivo promover o aprimoramento dos comitês de bacia hidrográfica dos estados e do Distrito Federal. Desta forma, foram levantados dados acerca das atividades do CBH ocorridas neste período.

Quanto a sua composição, o CBH do rio Canindé e Piauí deve contar com 48 representantes, os quais 24 são representantes do Estado e Municípios que integram a bacia e 24 representantes de usuários e de entidades da sociedade civil, com atuação na área de recursos hídricos, com sede ou representação na bacia hidrográfica. Representando a sociedade civil, foram nomeados através da Portaria nº 48/2018 da SEMARH, 10 representantes de Sindicatos de Trabalhadores Rurais de municípios que integram a bacia e 01 representante de Colônia de Pescadores. Representando os usuários, foram nomeadas pessoas de Igreja evangélica (01), da Igreja Católica (01), de Associações de Produtores Rurais (02), de Associação de Apicultores (01), da Associação de Pescadores (01), da Associação do Vale do Guaribas (01) e da Associações de Moradores (02), da AGESPISA (01), da Cáritas Diocesana (01) e da Cooperativa Aquícola Regional de Picos (01):

Na direção executiva do CBH há 03 representantes do poder público, nos cargos de Presidente, Secretário Executivo e Secretário Adjunto. O cargo de vice-presidente é ocupado por uma representante dos usuários.

Ao analisar as atividades dos comitês, em especial as atas e memórias de reunião, nota-se que os representantes do poder público participam ativamente, ao contrário dos representantes dos usuários ou da sociedade civil. De acordo com as atas publicadas, entre os anos de 2018 e 2020, foram realizadas 09 reuniões de CBH. Destas, apenas 02 tiveram participação de algum representante de usuários ou da sociedade civil.

De forma geral, segundo os registros das atividades do CBH no período estudado, as pautas das reuniões se concentraram em cumprir os requisitos do PROCOMITÊS. A sociedade civil e os usuários se comportaram

de forma passiva, com algumas exceções, em especial do senhor Francisco José da Luz, representante da Cooperativa Aquícola Regional de Picos, que se manifestou nas reuniões do ano de 2019. Como órgão gestor dos recursos hídricos do Estado, os representantes que são servidores da SEMARH conduzem a maior parte das reuniões, sendo a voz predominante.

Ressalta-se que as reuniões que ocorreram no ano de 2020 foram registradas de forma geral, sem especificar as falas ocorridas ou relatar a participação dos representantes. Com isso, a análise das reuniões deste ano foi prejudicada.

As ações que constam nos relatórios são, em 2018, implantação de sede, de site, aquisição de material de expediente e realização de capacitação. No ano seguinte, as ações se concentraram no site e em capacitações, além de um termo de referência para a elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica. Em 2020, o relatório consta a realização de 03 reuniões, as capacitações, a atualização do plano de trabalho, novamente o termo de referência para a elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica e elaboração de estudo para implementação de cobrança. Como os relatórios não detalham as ações, a análise da atuação da atuação da sociedade civil foi prejudicada.

Análise comparativa entre os Comitês do Rio e do Piauí

Com a criação do CEIVAP, viu-se a possibilidade de se discutir as questões relacionadas aos Recursos Hídricos num espectro de organização entre estados brasileiros com potenciais em diversos segmentos, bem como com inúmeros desafios do ponto de vista populacional e social. A estrutura do CEIVAP e dos Comitês do Rio de Janeiro demonstram que avanços em termos de Política Nacional de Recursos Hídricos ocorreram, bem como em relação à Gestão Participativa, em especial, na bacia do rio Paraíba do Sul.

Quando delimitamos ainda mais a área de abrangência dos Comitês no estado do Rio de Janeiro, percebe-se comparativamente ao estado do Piauí que enquanto o Comitê Rio Dois Rios, possui sede em Nova Friburgo, site informativo publicizando todos os atos e reuniões que ocorrem desde 2011 com representantes de várias instituições, o CBH dos Rios Canindé e Piauí demonstra pouca maturidade. Apesar de ter surgido em 2009, o Comitê não tem estrutura física e não tem atuado nos instrumentos previstos na Lei 9433/1997. Percebe-se que isso se dá pela deficiência da implementação da Política de Recursos Hídricos no Estado do Piauí, o que

prejudica de forma considerável a atuação do CBH dentro do que prevê o SINGRH.

De forma exemplificativa, podemos citar que como não há Plano de Bacia elaborado, o CBH não atuou sobre a aprovação ou não deste. Como não houve proposta de enquadramento, o CBH não selecionou qual a melhor alternativa. Não há registro, nas atividades do CBH de deliberações ou discussões acerca das prioridades de uso dos recursos hídricos. Além disso, as definições de usos não outorgáveis foram definidas por Decreto Estadual, sem registro de contribuição do CBH. Quanto à cobrança, o CBH aprovou o Plano Para Implementação Da Cobrança Pelo Uso Dos Recursos Hídricos na Bacia Dos Rios Canindé/Piauí, em reunião ocorrida no fim do ano de 2020, sem registro de discussão acerca do tema.

De forma geral, a gestão participativa inserida na atuação do CBH Canindé e Piauí está prejudicada pela própria inoperância do CBH. Este, apesar dos avanços ocorridos no último biênio, provavelmente graças ao PROCOMITÊS, se apresenta como mero auxiliar da SEMARH na aprovação de documentos ou para cumprir o que define o programa e a legislação, sem demonstrar um compartilhamento ideias ou experiência sobre a gestão de Recursos Hídricos ou no planejamento de ações ou com um debate efetivo nas tomadas de decisão. Em outras palavras, ele cumpre o papel de ratificador das ações da SEMARH.

4. Considerações Finais

Após a análise das atividades dos Comitês de Bacia estudados, observa-se uma participação limitada da comunidade local, ou seja, da sociedade civil, nos CBH Rio Dois Rios e dos Rios Canindé e Piauí. Apesar das diferenças quanto ao grau de maturidade das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos, com o Estado do Rio de Janeiro tendo uma implementação dos instrumentos bem mais robusta que o Estado do Piauí, a gestão participativa é insuficiente em ambos os entes, nos CBHs estudados.

Percebe-se que os representantes do poder público, apesar da paridade com os demais membros, apresentam uma participação mais ativa nas reuniões, pautando as discussões, enquanto os demais representantes atuam como ratificadores do que eles propõem. A exceção, entre os casos estudados, é o CEIVAP, no qual se notou um maior envolvimento por

parte dos usuários. Isso provavelmente se dá pela maturidade do Comitê, uma vez que foi um dos primeiros a ser criado no País e ser pioneiro na implementação dos instrumentos da PNRH, como a cobrança, por exemplo (CEIVAP, 2021).Isso proporcionou maior autonomia ao Comitê, o que permitiu uma maior atuação de seus membros.

Neste artigo, além da pesquisa bibliográfica, a análise documental das Atas de ambos os Comitês se fez presente e apontou para uma Gestão Participativa integrada majoritariamente por usuários da água e membros de interesse direto, como prefeituras e secretarias. Tais considerações não significam dizer que as discussões ocorridas nas reuniões dos CBHs não tenham ocorrido, mas não demonstraram a participação popular. É possível que uma ação que convoque a participação popular com o intuito de informar o que é uma bacia hidrográfica seja necessária, além da divulgação do que sejam os Comitês e a importância da responsabilidade cidadã em relação à água.

Uma proposta para rever esse cenário seria dar maior publicização do que são os Comitês, da atuação deles, quais itens abarcam e como podem fomentar a participação popular. Além disso, no início das atividades dos ciclos de gestão dos CBH, são necessárias capacitações aos seus membros, para possibilitar o entendimento das suas funções e a abrangência de suas competências. Esse entendimento precedendo um empoderamento das suas capacidades consultivas e deliberativas podem incentivar uma atuação efetiva dos representantes da sociedade civil nos CBHs.

5. Referência Bibliográfica

ANA, Agência Nacional de Águas. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/123.

CEIVAP, **Comitê completa 23 anos de história**, CEIVAP NEWS, Ed. 83 | 1º de abril de 2019. Disponível em: https://www.ceivap.org.br/ceivap_news/ed83/CEIVAPNEWS-mat2.html. Acesso em: 18 ago. 2021.

CELLARD, A. **A análise documental**. *In:* POUPART, J. *et al*. A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis, Vozes, 2008.

CHACON-PEREIRA, A; SILVA, L. P.; NEFFA, E.; BARBOSA, G.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M. **Educação ambiental e gestão participativa nos comitês de bacia hidrográfi-**

ca do estado do Rio de Janeiro. Núcleo de Educação, Meio-Ambiente e Desenvolvimento, Revista Interface, Edição nº 12, p. 70-83, 2016, Rio de Janeiro.

Comitê da Bacia Hidrográfica Rio Dois Rios, 2021. Disponível em: http://www.cbhriodoisrios.org.br/ocomite.php. Acesso em: 15 set. 2021.

DEZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Orgs). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

INEA, Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/os-comites/. Acesso em: 20 set. 2021.

JACOBI, P. R. **Gestão Participativa das Águas**, SP, 2006. Disponível em: http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cea/2011/12/TextoJacobi.pdf. Acesso em: 18 ago. 2021.

JACOBI, P. *et al*. **Capital social e desempenho institucional: reflexões teórico metodológicas sobre estudos no comitê de bacia hidrográfica do Alto Tietê, SP**. *In:* Anais do II Encontro da ANPPAS, 2004, Indaiatuba. Disponível em: http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cea/2011/12/TextoJacobi.pdf. Acesso em: 18 ago. 2021.

PACHECO, F. Gestão Participativa: entenda a importância do franchising, Central do Franqueado Blog, 2020. Disponível em: https://centraldofranqueado.com.br/blog/gestao-participativa/. Acesso em: 15 set. 2021.

PINTO, M. L. M.; COSTA, M. B. da S. **Gestão participativa: a trajetória no brasil**. Rio de Janeiro: Revista Pensamento Contemporâneo em Administração, v. 3, n. 1, 2009. Disponível em: file:///C:/Users/Home/Downloads/11046-Texto%20do%20Artigo-44884-1-10-20111024.pdf. Acessoem: 18 ago. 2021.

VEJA. Disponível em: https://veja.abril.com.br/economia/disputa-sobre-transposicao-de-agua-entre-sp-e-rj-pode-parar-no-stf/. Acesso em: 10 set. 2021.

Áreas Prioritárias para Serviços Hidrológicos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite – Goiás

Mariane Rodrigues da Vitória[1]
Klaus de Oliveira Abdala[2]

Resumo: Este artigo analisa a modelagem de serviços ecossistêmicos hidrológicos na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite em Goiás. Para tal foi utilizado os modelos InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs), ferramenta que integra métodos conceituados da literatura científica, como a equação universal da perda de solo (USLE) e o sistema solo-água-atmosfera-planta (SWAP), dentre outros, a fim de simular o fluxo de sedimentos em três cenários anterior, durante e posterior ao Programa Produtor de Águas – Ribeirão João Leite (2009, 2011 e 2017). Através do modelo InVEST foi possível identificar as sub-bacias que apresentaram maior produção e exportação de sedimentos, ao longo dos cenários. Sendo a modelagem hidrológica uma importante ferramenta na identificação dos tradeoffs de uma política ambiental.

Palavras-chave: Modelagem hidrológica, USLE, Bacia hidrográfica.

Abstrac: This article analyzes the modeling of hydrological ecosystem services in the Ribeirão João Leite watershed in Goiás. For this purpose, the InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) models were used, a tool that integrates well-regarded methods from the scientific literature, such as the universal equation of soil loss (USLE) and the soil-water-atmosphere-plant system (SWAP), among others, in order to simulate the sediment flow in three scenarios before, during and after the Water Producer Program – Ribeirão João Leite (2009 , 2011 and 2017). Through the InVEST model, it was possible to identify the sub-basins that presented greater production and export of sediments, along the scenarios. Hydrological modeling is an important tool in identifying the tradeoffs of an environmental policy.

Keywords: Hydrological Modeling, USLE, Hydrographic Basin.

1 Universidade Federal de Goiás - marianervm@gmail.com.

2 Universidade Federal de Goiás - agroklaus@gmail.com.

1. Introdução

A água é elemento essencial para a existência e para o desenvolvimento dos seres vivos. Ela exerce influência direta no comportamento cotidiano da população e até nas estratégias de desenvolvimento das sociedades (MAZOYER; ROUDART, 2008). Além de catalisadora do desenvolvimento econômico e social, a água também é capital natural e, portanto, elemento essencial para a produção de serviços ecossistêmicos (COSTANZA, 2003). Devido à sua condição de essencialidade à produção da existência, a água constitui, ainda, um dos maiores desafios de nossa época, protagonizando diversas formas de conflito, a depender de sua disponibilidade e localização geográfica. Segundo Rebouças (2004), durante milênios, a água doce foi considerada um recurso infinito, entretanto, o aspecto contraditório dessa realidade encontra-se na distribuição desse recurso.

A água vem se tornando um recurso geopolítico estratégico em função das utilidades vitais (JARDIM, 2011). Mesmo com a reconhecida importância ecológica, econômica e social, esse recurso tem se tornado cada vez mais escasso nos últimos anos (LANNA,2008). Parte desse problema se deve à diferentes níveis de precariedade no planejamento e gestão das bacias hidrográficas, materializando-se no uso indiscriminado dos recursos hídricos, no desmatamento de nascentes e na poluição dos rios e lagos (TUNDISI, 2005). Nesse sentido, uma diversidade de propostas de programas de gerenciamento de bacias hidrográficas, incluindo gerenciamento integrado destas bacias, e até o pagamento por serviços ambientais, estão emergindo como possíveis mitigadores destes conflitos (BREMER, AUERBACH, *et al*., 2016; SALZMAN *et al*., 2018, BREMER, 2019).

O Ribeirão João Leite é um dos três principais mananciais de abastecimento de água da cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, esse corpo hídrico vem sendo degradado ao longo dos anos, principalmente devido ao inadequado uso do solo, ocupação desordenada e redução da cobertura vegetal (NASCIMENTO, 1998).

Assim, a preservação desse corpo hídrico passa pela compreensão de que sua existência está relacionada a uma complexa rede de interações ecológicas responsável pela produção de funções ecossistêmicas. Essas funções são fundamentais para a manutenção do bem-estar da sociedade, uma vez que são responsáveis pela criação de um conjunto de bens e utilidades às comunidades usuárias. Dentre estes bens, podemos destacar os serviços ecossistêmicos de provisão, que são os produtos obtidos dos

ecossistemas (alimentos, água, fibras, recursos genéticos), os serviços de regulação, que são os benefícios obtidos pela regulação de processos ecossistêmicos (regulação do clima, regulação hídrica e controle de doenças) e os serviços culturais, que podem ser definidos como o aumento da área verde (ARAÚJO, 2018).

Quando iniciativas antrópicas são responsáveis pela manutenção, produção ou regulação de funções ecossistêmicas, tais iniciativas são denominadas na literatura, serviços ambientais (GARCIA, 2013)

Neste sentido, melhorar a qualidade, a quantidade produzida e a regularidade da água, por meio da redução de sedimentos carreados aos corpos hídricos em bacias hidrográficas degradadas por atividades agrícolas – caso da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, são importantes objetivos políticos, por se tratar de um bem público

Assim, várias ações, projetos e instrumentos **têm sido implantados no Brasil e no mundo, a fim de** estimular a produção de serviços ambientais visando mitigar o cenário de degradação ambiental através de políticas públicas agroambientais. Um desses instrumentos que tem se destacado na gestão em recursos hídricos é denominado Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Exemplo disto é o Programa Produtor de Águas (PPA) da Agência Nacional de Águas (ANA), que tem como objetivo a redução de processos erosivos em áreas agrícolas e a recuperação de mananciais (ANA, 2009). Ainda de acordo com a ANA, tal programa parte de um modelo de tomada de decisão que leva em consideração os diversos aspectos econômicos, sociais e ambientais na área de interesse, utilizando instrumentos de mercado para produzir estímulos positivos no comportamento dos agentes responsáveis pelas alterações das funções ecossistêmicas.

Além da recuperação da área degradada, tal ação traz como vantagem a compensação, ou seja, custo de oportunidade de uso da terra reflorestada (além dos benefícios ambientais, como a melhora da qualidade do solo e, consequentemente, o aumento na produção de água). Essas vantagens beneficiam desde o produtor – que não arca com nenhum custo para a implantação do Programa– à população, como o caso da Região Metropolitana de Goiânia (RMG), a qual faz uso da água de abastecimento da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite.

2. Metodologia

2.1 Localização e caracterização da área de estudos

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (BHJL) (Figura 1). O Ribeirão João Leite é um dos três mananciais de abastecimento de água da cidade de Goiânia (NASCIMENTO, 1998). A BHJL abrange os municípios de Campo Limpo de Goiás, Ouro Verde de Goiás, Terezópolis de Goiás, Nerópolis, Anápolis, Goianápolis e Goiânia (SOUSA, 2013). Ocupando uma área de cerca de 761 km² (76.100 hectares), o reservatório possui uma área de 14 Km² de espelho d'água, recentemente incorporado ao sistema de captação de Goiânia.

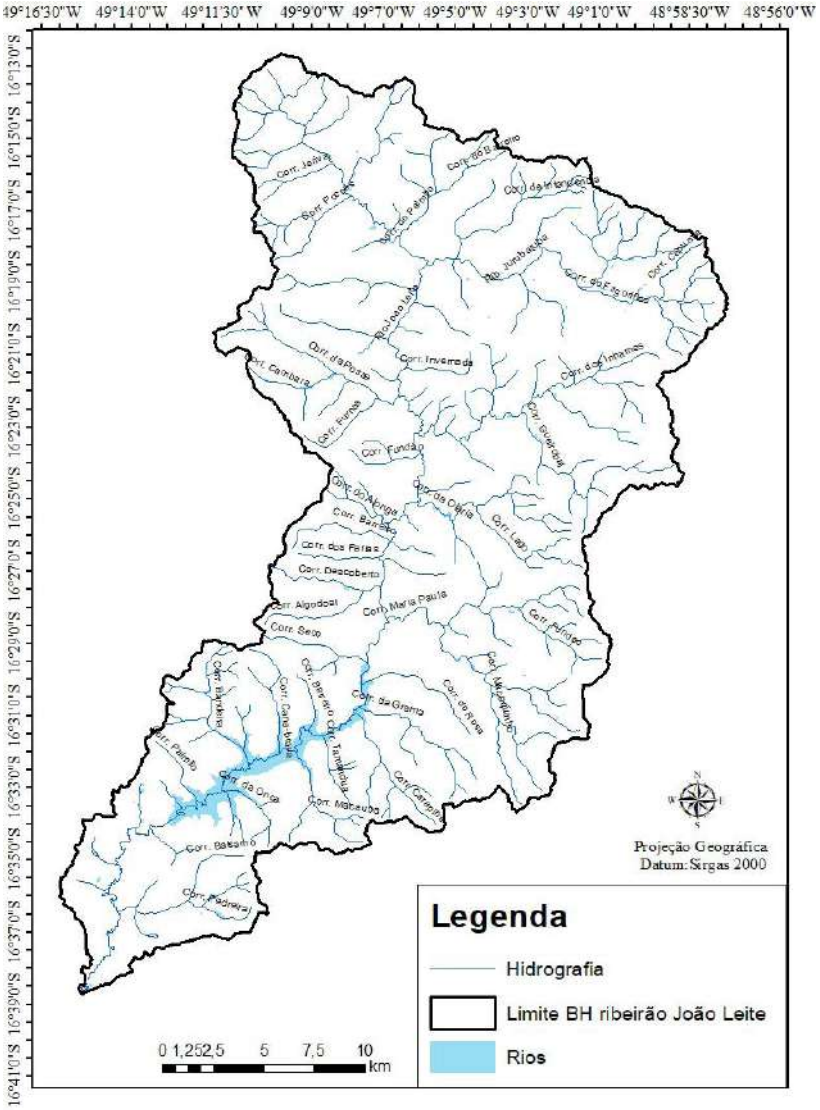


Figura 1: Delimitação bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite.
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2.2 Metodologia adotada

A metodologia consistiu em aplicar o modelo SDR - *Sediment delivery model* do Natural Capital Project, InVEST um software livre e de código aberto que utiliza um conjunto de modelos para representar e valorar serviços ecossistêmicos.

O objetivo do modelo de entrega de sedimentos é reproduzir os elementos e parâmetros responsáveis pela geração e carreamento de sedimentos por via terrestre para o fluxo terminal (cursos hidrográficos) em um contexto de mudanças de uso/cobertura da terra e eventos climáticos diversos. Tais informações podem ser usadas para simular o serviço de retenção de sedimentos em uma bacia hidrográfica e são de particular interesse para a gestão de reservatórios – que tem como objetivo desde a qualidade até a quantidade de água disponível para consumo – além de fornecer parâmetros que podem ser economicamente valorados.

As saídas do modelo de sedimentos incluem a carga de sedimentos enviada à corrente em uma escala de tempo anual (Figura 2), bem como a quantidade de sedimentos erodidos na bacia e retidos pela vegetação, bem como suas características topográficas. Deve-se ter em mente que o modelo gera apenas resultados biofísicos, a partir dos quais é possível atribuir outras escalas de valores, como o econômico, social, político etc.

$$\text{Total exportado} = \sum_{\text{pixel}_i} \text{usle}_i \times \text{SDR}_i$$

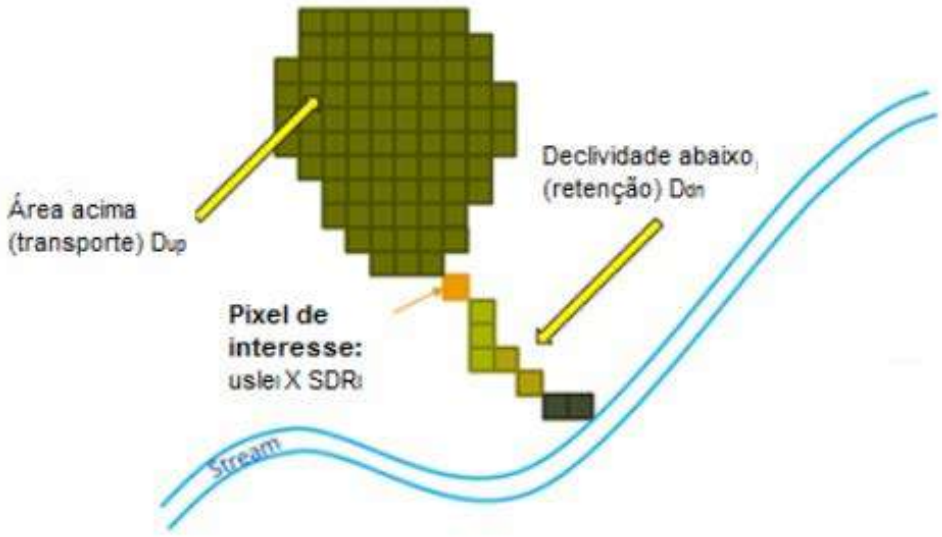


Figura 2: Abordagem conceitual proposta por Borselli *et al.*, (2008), utilizada no modelo de exportação de sedimentos.
Fonte: SHARP *et al.*, (2016).

A perda de solo anual no pixel i, é obtida por meio da equação universal de perda de solo (USLEi), conforme a Equação 1 (SHARP et al., 2015).

$$A = RxKxLSxCxP \qquad \text{Equação 1}$$

Sendo,

A= perda de solo, em [ton.(ha..ano)-1]; R= fator erosividade da chuva, em [(MJ.mm). (ha. h. ano)-1]; K= fator erodibilidade do solo, em [(ton. h.). (MJ..mm)-1)]; LS= fator topográfico, integração do fator L, comprimento de rampa, e o fator S, declividade [adimensional]; C= fator uso e manejo do solo [adimensional]; e P= fator práticas conservacionistas [adimensional].

2.3 Dados de entrada (Sediment delivery model – SDR)

Diferente de outros modelos o InVEST requer um número baixo de parâmetros e habilidades de modelagem relativamente baixas (HAMEL,2020). Os dados de entrada utilizados para o estudo foram escolhidos de acordo com o requerido pela interface do InVEST *versão 3.2.2*. Para o modelo SDR, os dados de entrada foram (Tabela 1):

Tabela 1: Relação de dados a serem inseridos no software InVEST para a predição, produção e retenção de sedimentos

DADOS DE ENTRADA	FORMATO	FONTE	DESCRIÇÃO
Modelo Digital de Elevação (MDE)	Raster	Earth Explorer	Mapa raster com o valor de elevação para cada célula.
Índice de Erosividade da Chuva (R)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor do índice de erosividade para região (MJ mm ha-1 h-1 ano-1).
Erodibilidade do Solo (K)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor de erodibilidade (Mg ha h MJ-1 mm-1) para cada tipo de solo.
Uso e Cobertura do Solo	Raster	MapBiomas	Mapa raster com os usos e coberturas da região de estudo.
Bacias Hidrográficas de Interesse (Watersheds)	Shapefile	Elaborado pela autora	Mapa com a delimitação das sub-bacias hidrográficas, que serão analisadas quanto à produção e retenção de sedimentos para um determinado ponto de interesse.
Tabela Biofísica C/P	Arquivo CSV	Literatura específica	Tabela com os usos e coberturas dos solos com seus respectivos fatores relativos ao potencial de retenção de sedimentos e referidas práticas conservacionistas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos dados de entrada anteriores o modelo requer alguns parâmetros de calibração que são a relação máxima do aporte de sedimento ($SDR_{máx}$), os fatores de calibração k e ICo e o limite de acumulação de fluxo (*Threshold flow accumulation*).

Segundo Zanella (2016) e Maidment (2002), no caso de MDE, com células de dimensões de 30 metros, o valor típico para o *Threshold flow accumulation* é de 5000.

Em relação aos fatores k e ICo, foram utilizados valores conforme indicados por Vigiak *et al.*, (2012), Jamshidi *et al.*, (2013) que adotaram ICo de 0,5 e k de 2, os autores afirmaram que estes valores foram os ideais para a calibração, com coeficiente de eficiência do modelo da ordem de 97%.

Já a relação do aporte de sedimento máxima ($SDR_{máx}$) corresponde ao valor máximo que uma célula pode atingir em função da textura do solo, foi aplicado seu valor padrão de 0,8 – principalmente quando não existem estudos detalhados do transporte de sedimento da região de interesse Natural Capital Project, 2020[3].

2.4 Simulação dos cenários

Com objetivo em analisar a eficiência da modelagem na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, foram idealizados alguns cenários, os cenários teriam como foco, avaliar o efeito da intervenção do programa Produtor de Água como um todo (Cenário Pós-Programa) em relação à condição anterior (Cenário Pré Programa) e à condição sem nenhuma prática de conservação (Cenário Antropizado);

A simulação foi realizada para os anos de 2009, 2011, 2017. A escolha dos períodos analisados se deu pelos seguintes motivos.

Em setembro de 2009, foi criado o Consórcio Intermunicipal da Área de Proteção Ambiental do Ribeirão João Leite, visando ao desenvolvimento ambiental e socioeconômico das comunidades inseridas (JÚNIOR, 2014).

No ano de 2011, em Goiás, inicializou-se o PL Nº 1.060/11, o qual estabeleceu conceitos, objetivos e diretrizes da Política Estadual de Pagamentos por Serviços Ambientais, além da criação do Fundo Estadual e do Cadastro Estadual de Pagamentos por Serviços Ambientais (RIBEIRO, 2015).

O ano de 2017 foi propício para se verificar se, após a implantação de todas as medidas citadas, houve alguma modificação em relação à paisagem.

3 https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest

3. Resultados e Discussão

A fim verificarmos o comportamento da modelagem ao longo dos cenários, optou-se pela divisão da bacia hidrográfica. Além disso, buscou-se analisar a resposta do modelo frente as práticas conservacionistas implantadas pelo programa Produtor de Água no Córrego Bandeiras em Nerópolis - Go, aqui definido como sub-bacia 18.

O modelo, estimou inicialmente a quantidade de sedimento erodido (USLEi), em seguida, o sedimento exportado (SDRi) que é a proporção de perda de solo que realmente alcança o exutório da bacia, por sub-bacias, conforme cenários definidos (Figura 3). Desta forma, foi possível observar alterações na perda de solo ao longo dos cenários, em um contexto de mudanças relativa as mudanças de uso e cobertura do solo.

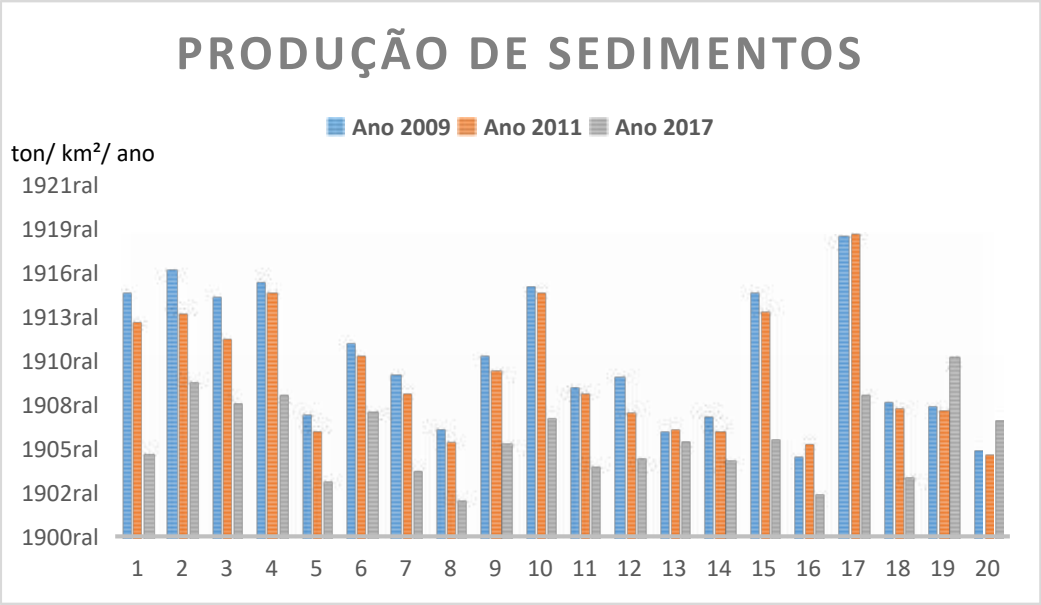


Figura 3: Estimativa de produção de sedimentos (USLE), por microbacia.
Fonte: Elaborado pelos Autores.

Em relação a sub bacia analisada identificada como 18 foi possível observar uma queda em relação aos sedimentos conforme cenários. Com a adoção das ações do Programa PPA na bacia, espera-se uma redução em relação a quantidade de sedimentos, o que pode ser significativo numa bacia onde há escassez de água no período de estiagem.

O modelo se mostrou bastante sensível ao fator C (uso e manejo do solo) e P (práticas conservacionistas), ressaltando que a classe de maior representatividade na bacia hidrográfica em questão foi a pastagem.

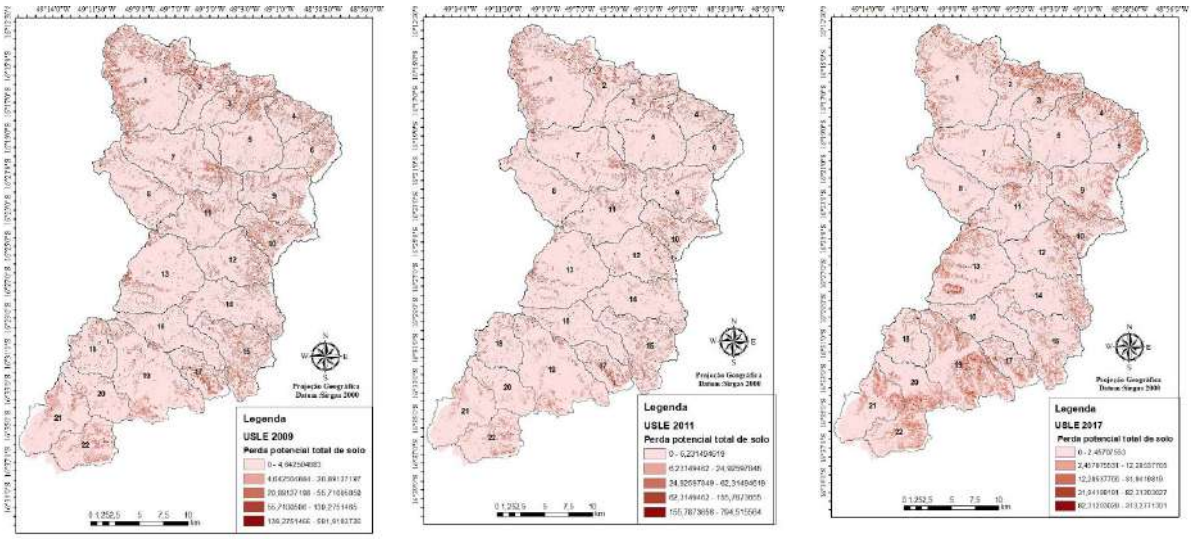
Conforme classificação realizada a pastagem representou um total de (39,16%) seguida de área de floresta (29,67%) e por fim agricultura (15,32%) perímetro urbano (3,31%) e rios (1,88%).

A pastagem apresenta um papel importante no planejamento ambiental para fins de controle de erosão, fornecendo boa proteção ao solo contra processos erosivos, desde que não esteja degradada. Sendo o ressemeio periódico da área, correção de solos e adubação, práticas recomendáveis para manter a pastagem com densidade de cobertura capaz de assegurar suporte para o gado e garantir a presença desse fundamental escudo natural (PRUSKI *et al*., 2009).

Áreas de floresta, por sua vez, protegem o solo e captam a água da chuva, facilitando o processo de infiltração pela passagem lenta por seus ramos, troncos e raízes, melhorando a recarga do lençol freático (KAZAY, 2014).

Com o objetivo de assegurar a qualidade da água no manancial, a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, foi transformada em uma Área de Preservação Ambiental (APA), pelo decreto nº 5.709, o que arbitrou à área, composta majoritariamente por propriedades privadas, uma série de restrições à utilização das terras, principalmente no que diz respeito ao parcelamento do solo, irrigação e utilização de agrotóxicos (SEMARH, 2007). Assim a bacia, agora gerenciada pelo plano de manejo da APA, tem como um dos objetivos principais conter a poluição do solo e dos recursos hídricos por meio da restrição do uso de agrotóxicos. Porém, as terras pertencentes à bacia desempenham importante papel no abastecimento de hortifruti na Grande Goiânia respondendo, em 2010, por cerca de 35% da oferta destes itens, além de ser região tradicionalmente utilizada para pecuária, sendo coberta por extensas áreas de pastagens (SOUSA, 2013).

Além de gerar estimativas de processos biofísicos a partir de diferentes cenários de uso manejo da terra. Foi possível identificar espacialmente que porções da bacia são mais estratégicas para provisão de serviços ambientais. Através de produtos cartográficos, possibilitando uma inspeção visual de possíveis pontos de intervenção (Figuras 4, 5 e 6).



Figuras: 4,5,6 - Identificação de possíveis áreas prioritárias modelo SRD InVEST cenários (2009,2011,2017).
Fonte: Autores.

De acordo com a EMATER-GO, pretende-se implantar o Programa Produtor de Água Ribeirão João Leite, em toda a sua extensão, com uma média de 700 produtores rurais aderindo ao programa, porém, devido ao alto custo relativo ao financiamento do programa, a alternativa seria a priorização das sub-bacias que apresentassem maior grau de degradação.

Desta forma, modelos hidrológicos poderiam contribuir na identificação dos tradeoffs, ou seja, a definição de uma situação de escolha conflitante, isto é, quando uma ação econômica visa à resolução de determinado problema e acarreta outros (CALLAN & THOMAS, 2013). Como exemplo, a conversão de áreas naturais, com fins econômicos em detrimento à provisão de serviços ecossistêmicos dessas áreas convertidas e adjacentes. Além disso, permite gerar estimativas e análises de escala "sustentável", "possível" ou "aceitável" de uso dos recursos naturais. Essas informações podem fornecer subsídios para uma gestão mais adequada do capital natural em contexto de bacias hidrográficas, uma vez que permitem identificar as áreas provedoras e beneficiadas pelos serviços ecossistêmicos (GARCIA e ROMEIRO, 2013; AZEVEDO, 2017).

4. Considerações Finais

Neste artigo exploramos a modelagem hidrológica como ferramenta de tomada de decisão em projetos de PSA hidrológico, como o Programa

Produtor de Águas Ribeirão João Leite. Estudos que indiquem áreas prioritárias para as intervenções, ou seja, aquelas que estão mais suscetíveis à erosão hídrica e ao transporte de sedimentos para o corpo hídrico, são de extrema importância para a validação e continuidade de programas de gestão hídrica, uma vez que a eficiência do uso dos recursos públicos é um dos princípios que regulamentam tais serviços.

De acordo com a ANA (2020) um dos grandes desafios de projetos, como o Produtor de Águas, é a captação de fontes de financiamento para PSA, além da validação dos resultados do projeto. Desta forma, há uma demanda crescente por modelos hidrológicos que possam fornecer informações de forma simples e acreditadas e que permitam análises econômicas. Este trabalho utilizou o modelo InVEST para estimar o fluxo de sedimentos em diferentes cenários (2009, 2011, 2017), a fim de analisarmos a resposta do modelo frente as práticas conservacionistas.

Desta forma, a modelagem executada foi capaz de demonstrar alterações na perda de solo ao longo dos cenários, permitindo auxiliar em um melhor entendimento das relações entre uso do solo e qualidade dos recursos hídricos na bacia em estudo.

Porém, se reconhece uma fragilidade acerca da estimativa da perda de solo, já que o presente trabalho não envolveu uma calibração explícita. Sendo a validação do modelo sugerido como tema de trabalho futuro.

5. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Programa Produtor de Água.** Manual operativo. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. WEBINAR ANA - **Programa Produtor de Água: Desafios e Perspectivas**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=8xUkkGvBYJw. Acesso em: maio. 2020.

ALVES F. J. W. **Consórcio intermunicipal da APA do ribeirão João Leite**. 2014.

ARAÚJO, I. da S. **Identificação e valoração de serviços ecossistêmicos no Parque das Dunas**, Natal-RN. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

BORSELLI, L., C. P., Torri, D., 2008. **Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment**. Catena 75, 268–277.

BREMER, L. L., Auerbach, D. A., Goldstein, J. H., Vogl, A. L., Shemie, D., Kroeger, T., *et al*. (2016). **One size does not fit all: Natural infrastructure investments within the Latin American water funds partnership**. Ecosystem Services, 17.

BREMER, Leah L. *et al.* **Who are we measuring and modeling for? Supporting multi-level decision-making in watershed management**. Water Resources Research, p. e2019WR026011, 2019.

BIDDLE, J. C. (2017). **Improving the effectiveness of collaborative governance regimes: Lessons from watershed partnerships**. Journal of Water Resources Planning and Management, 143(9), 1–12.

BUMA, E. L. L. *et al*., **Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia hidrográfica Ribeirão João Leite, por metodologias moleculares**. 2017.

CARVALHO, C. E. (2005). **Desenvolvimento de Procedimentos e Métodos para Mensuração e Incorporação das Externalidades em Projetos de Energia Elétrica: uma aplicação às Linhas de Transmissão Aéreas**. Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.

CONCEIÇÃO, J. R. da. **Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: Estudo de caso bacia do Passaúna.** 2017.

COSTA, Ana Lúcia Carneiro da. **Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING**. 2005.

COSTANZA, R. **Social goals and the valuation of natural capital**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 86, n. 1, p. 19-28, 2003.

CHAVES, H. M. L. **Avaliação econômica e socioambiental do retorno do investimento da implantação do projeto produtor de água na bacia do ribeirão Pipiripau (DF/GO).** Relatório de consultoria preparado para o The Nature Conservancy do Brasil – TNC, contrato No. AFCS-BR 00293-2012, 2012.

GARCIA, J. R.; ROMEIRO, A. R. ST4-94 **modelagem econômico-ecológica com o invest model como subsídio para a implantação de esquemas de pagamentos por serviços ambientais** (PSA'S). Anais ENANPUR, v. 15, n. 1, 2013.

GUIMARÃES, R. Z. *et al.*, **Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do Rio Campinas, Joinville SC**. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 23, 2011.

HAMEL, P. *et al.* **The value of hydrologic information for watershed management programs: The case of Camboriú, Brazil**. Science of the Total Environment, v. 705, p. 135871, 2020.

JARDIM, M. H. **Pagamentos por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso do município de Extrema-MG**. 2011.

JAMSHIDI, R. A.; CHANG, S. C.. **Common electrode connections in integrated touch screens**. U.S. Patent Application n. 13/492,671, 6 jun. 2013.

KAZAY, D. F. *et al.* **Avaliação da Capacidade de Infiltração e do Pagamento por Serviços Ambientais em Sistemas Agroflorestais Sucessionais: o caso da Cooperafloresta.** Projeto de graduação (Engenharia Ambiental)-Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

LANNA, A. E. **A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso**. estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 113-130, 2008.

MAIDMENT, D. R.; MOREHOUSE, S. **Arc Hydro: GIS for water resources**. ESRI, Inc., 2002.

MARTINS S. G., **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, E**S, Universidade Federal de Lavras, 2005, Tese de Doutorado, 117.

MERRITT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. **A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software**, v. 18, n. 8-9, p. 761-799, 2003.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo**. Do Neolítico à crise contemporânea. São Paulo, Editora UNESP, 2008.

NASCIMENTO, M. A. **Bacia do Ribeirão João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar.** 176 p. (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro-SP. 1998.

OLIVEIRA, W. N. *et al.*, **Avaliação da qualidade ambiental da paisagem da bacia hidrográfica e do reservatório do Ribeirão João Leite,** 2013.

PRUSKI, F. F.; MOREIRA, G. T. G.; SILVA, J. M. A.; FERREIRA, C. de P.; MOREIRA, M. C. de O.; GRIEBELER, N. P.; ANDRADE, M.V. A.; TEIXEIRA, A. de F. Terraço 4.1: **Práticas mecânicas para a conservação de solo e água em áreas agrícolas**. Viçosa: AEAGRI-MG, 2009. 88 p.

RESENDE, F. de M. *et al.*, **Planejamento para conservação de serviços ecossistêmicos no Cerrado.** 2018.

RIBEIRO, A. R. *et al.*, **Percepção dos integrantes do Programa produtor de água Produtor de Água sobre os desafios do processo de implantação**. 2015.

SANTOS, E. H. M. dos; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C de. **Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite**. Rev. bras. eng. agríc. ambient, p. 826-834, 2010.

SAAD, S. I. **Modelagem e valoração dos serviços ambientais hidrológicos na recuperação da vegetação no Ribeirão Ribeirão das Posses, Extrema, MG.** 2015. 169 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Ambiental, Programade Pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SALZMAN, J., BENNETT, G., CARROLL, N., GOLDSTEIN, A., & JENKINS, M. (2018). **The global status and trends of payments for ecosystem services.** ***Nature Sustainability*****, 1**(3), 136–144.

SEMARH – **Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos**. Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro Oeste - ITCO. Plano de Manejo APA João Leite - Goiânia, 2007.

SOUSA, S. B. de. **Impactos da implantação da barragem no Ribeirão João Leite sobre a oferta de hortifruti na Grande Goiânia**. 2013.

SILVA, R. C. da. **Cultivo Da Alface Com Coberturas De Solo**. 2018.

TUNDISI, J. G. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. Revista USP, n. 70, p. 24-35, 2006.

VIGIAK, O.; BORSELLI, L.; NEWHAM, L. T. H.; MCINNES, J.; ROBERTS, A. M. **Comparison Of Conceptual Landscape Metrics To Define Hillslope-Scale Sediment Delivery Ratio. Geomorphology.** P 74–88. 2012. Disponível em: Http://Www.Sciencedirect.Com/Science/Article/Pii/S0169555x11004478#. Acesso em: 5 ago. 2018.

ZANELLA, B. P. **Modelagem do aporte de sedimentos aplicada à bacia hidrográfica contribuinte da PCH Costa Rica (MS) e proposta de mitigação do assoreamento.** 2016.

Caracterização Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico, Goiás (GO)

Mayco Douglas Garcia[1]
Ana Carolina Santomé Franco[2]
Robson de Sousa Moraes[3]
Fernanda Alves de Oliveira Ferreira[4]

Resumo: A Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico (BHCPL), está situada no município de Goiás – GO, sendo um arranjo hidrológico integrante do sistema de abastecimento de água da cidade. Em contexto de crise ambiental e de stress hídrico, os estudos de verificação das condições ambientais com levantamentos de dados primários, são condições fundamentais para o planejamento e desenvolvimento sustentável. O presente artigo é resultante de Pesquisas de Campo e de análises de imagens de satélites realizadas entre os anos de 2019 e 2021, pelo Grupo de Geotecnologia Aplicada a Análises Espaciais (GEOTEC – UEG) e o Grupo Interdisciplinar de Pesquisa e Extensão "Águas do Cerrado (GWATÁ – UEG). Para a compreensão da configuração do sistema de drenagem da BHCPL, foram calculados alguns parâmetros de caracterização geométrica, através de equações consolidadas nabibliografia especializada. No cruzamento de informações derivadas do perfil morfométrico, hidrológico e topográfico, com as características do processo de ocupação do solo, (ampliação da bovinocultura extensiva e parcelamento irregular do solo rural para fins urbanos), foi possível identificartendências de intensificação das dinâmicas erosivas com consequente perda de solos e assoreamentos do leito dos rios. Tais fenômenos associados ao índice de Compacidade, Rugosidade e Circularidade, apontam para elevada propensão de enchentes, tornando a utilização das áreas de baixa altimetria inerentes ao perímetro da BHCPL para fim de moradia urbana completamente inapropriadas, ao passo que o crescimento da produção da bovinocultura extensiva pode, em função de manejo inapropriado, agravar o stress hídrico e prejudicar o fornecimento de água.

Palavras-chave: Morfometria; Caracterização geométrica; Uso do solo; APP.

1 UEG - maycon_garcia@hotmail.com.

2 UEG - carolinafs93@hotmail.com.

3 UEG - robson.moraes@ueg.br.

4 Docente da Rede Estadual de Goiás - fernanddafferreira@hotmail.com.

Resumen: La Cuenca Hidrográfica del Arroyo Pedro Ludovico (BHCPL), se encuentra en el municipio de Goyaz - GO, siendo una disposición hidrológica integrante del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad. En el contexto de la crisis ambiental y el estrés hídrico, los estudios de verificación de las condiciones ambientales conencuestas de datos primarios son condiciones fundamentales para la planificación y el desarrollo sostenible. El presente artículo es el resultado de la Investigación de Campo y el análisis de imágenes satelitales realizadas entrelos años 2019 y 2021, por el Grupo de Geotecnología Aplicada al Análisis Espacial (GEOTEC - UEG) y el GrupoInterdisciplinario de Investigación y Extensión "Aguas del Cerrado (GWATÁ - UEG). Para conocer la configuración del sistema de drenaje de la BHCPL, se calcularon algunos parámetros de caracterización geométrica, a través de ecuaciones consolidadas en la bibliografía especializada. Al cruzar la información derivadadel perfil morfométrico, hidrológico y topográfico, con las características del proceso de ocupación del suelo, (expansión de la ganadería extensiva y parcelación irregular del suelo rural para fines urbanos), fue posible identificar tendencias de intensificación de la dinámica erosiva con la consecuente pérdida de suelos y colmatacióndе los cauces. Tales fenómenos, asociados al índice de compacidad, rugosidad y circularidad, apuntan a una alta propensión a la inundación, lo que hace totalmente inadecuado el uso de las áreas de baja altimetría inherentes al perímetro de la BHCPL para viviendas urbanas, mientras que el crecimiento de la ganadería extensiva puede, debido a una gestión inadecuada, agravar el estrés hídrico y perjudicar el suministro de agua.

Palabras clave: Morfometría; Caracterización geométrica; Uso del suelo; APP.

1. Introdução

A demanda crescente pelo uso da água e as condições de degradação dos recursos hídrico, tem gerado um cenário de crise hídrica e de conflito por esse recuso nas áreas urbanas e rurais do Brasil. Dentre as consequências da degradação desses ambientes, está a redução da vazão dos rios, condições de intermitência, poluição e contaminação. No Brasil, as normas para gestão dos recursos hídricos estão na Lei das Águas (Lei n° 9.433/97), que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e define as bacias hidrográficas como unidades territoriais para implementação dessa política (BRASIL, 1997).

A gestão das águas em uma bacia hidrográfica requer uma compreensão geossistêmica, que integre fatores ambientais e socioeconômicos,

bem como o potencial de degradação dos recursos naturais, frente ao processo de uso e ocupação do solo (BOTELHO; SILVA, 2010). Dentre as metodologias que contribuem para o diagnóstico e compreensão sistêmica de uma bacia estão a caracterização morfométrica, associada a dinâmica de uso e cobertura do solo. A morfometria são estudos matemáticos das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica e visam desenvolver índices das interações entre a fisiografia, a dinâmica fluvial e a relação entre os diversos elementos físicos e bióticos (DE BIASI, 1992; MOREIRA; NETO, 1998).

O município de Goiás, antiga capital do estado de Goiás, localizado às margens do Rio Vermelho, vivencia uma situação de crise hídrica, desencadeada pelas mudanças do padrão do uso do solo urbano e rural, combinadas com a ampliação do processo de degradação ambiental e a ausência de Políticas Públicas de preservação e conservação da Natureza (FRANCO, 2021). A crise ambiental em andamento vem provocando a redução da vazão dos mananciais utilizados para captação de água por parte da Companhia de Saneamento de Goiás (SANEAGO), gerando a interrupção temporária dos serviços de abastecimento de água para a população, no período da estiagem. A situação tem se agravado pelas práticas de intercepção dos cursos d'água, com a construção de barragens (represas) pelos proprietários de terras, tornado os cursos intermitentes por estas intervenções irregulares (FERREIRA, 2021).

O texto que apresentamos como contribuição ao VIII Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas é derivado de uma pesquisa sobre caracterização ambiental da Bacia Hidrográfica do córrego Pedro Ludovico. A pesquisa foi realizada pelos integrantes do Grupo Interdisciplinar de Estudos, Pesquisa e Extensão "ÁGUAS DO CERRADO", vinculado ao Núcleo de Agroecologia (GWATÁ) e do Grupo de Pesquisa "GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE ESPACIAL",

(GEOTEC), ambos vinculados à Universidade Estadual de Goiás.

Este texto tem a finalidade de apresentar os resultados da caracterização ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico (BHCPL), que teve como objetivo a elaboração de um diagnóstico das condições ambientais da bacia, a partir da descrição dos elementos do meio físico e avaliação das formas de uso do solo e da água, por meio de estudos de campo e técnicas de geoprocessamento.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A BHCPL possui uma área de 2,9 km², sendo tributária da bacia do Ribeirão Limeira, compondo o sistema de drenagem da Alta Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho. O exutório da BHCPL está a aproximadamente 3,5 km da área urbana da cidade de Goiás a aproximadamente 350 metros do ponto de captação de água, feita pela SANEAGO (Companhia Saneamento de Goiás S/A), no leito do Ribeirão Limeira, que contribui com o sistema de fornecimento de água para a população urbana da antiga Vila Boa (Figura 1).

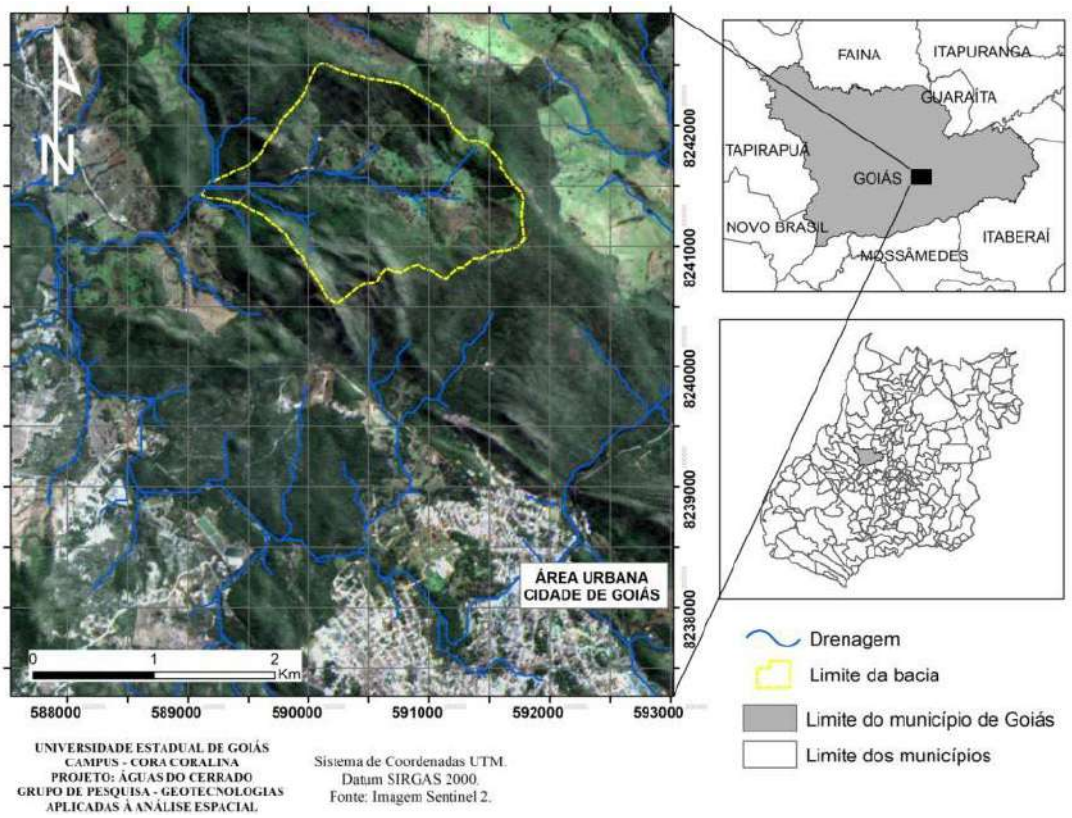


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico.
Fonte: Adaptado de Sentinel 2.

2.2 Materiais

A BHCPL se localiza na zona 22 coordenadas planas 589100/591800m E e 8240500/8242500m N. A delimitação da bacia foi feita por vetorização manual sobre o TIN (Triangulated Irregular Network) e curvas de nível

extraído do modelo digital de elevação (MDE) Alos Palsar com resolução de 12,5 metros.

Os mapas de declividade, hipsometria, curvatura plana e curvatura do perfil também foram elaborados a partir do MDE Alos Palsar. O mapa de uso e cobertura do solo foi construído a partir da classificação por vetorização sobre imagem Sentinel 2, composição RGB bandas 432. As técnicas de geoprocessamento foram desenvolvidas no software ArcGis 10.3. As imagens de satélite (Sentinel 2) e de MDE (Alos Palsar) foram adquiridas nas plataformas https://earthexplorer.usgs.gov/ e https://search.asf.alaska.edu/#/?flightDirs=.

2.3 Métodos

A delimitação das áreas de preservação permanentes (APPs) dos cursos d'água e das nascentes seguiram os parâmetros do Código Florestal Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

A caracterização geométrica da bacia e do sistema de drenagens foi feita a partir da aplicação das equações apresentadas na Tabela 1. Na mesma tabela também são apresentadas as definições e alguns parâmetros de cada variáveis geomorfométricas utilizadas na caracterização.

Tabela 1 – Caracterização geométrica da BHCPL

Variável	Definições e parâmetros	Equação
Densidade da drenagem	Relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia onde se considera todos os cursos d'água, tanto os perenes comoos temporários (HORTON, 1945).	$Dd = \frac{L}{A}$
Densidade dos rios	Relação do número de rios ou canais com a área da bacia(CHRISTOFOLETTI, 1969).	$Dr = \frac{N}{A}$
Perímetro	Distância linear da área da bacia. Parâmetro utilizado emdiversos cálculos geomorfométricos em bacias.	Cálculo automáticono software
Ordem da bacia	A ordem da bacia está relacionada à ramificação dos cursosd'água segunda metodologia proposta por Strahler (1957).	-

Variável	Definições e parâmetros	Equação
Índice de circularidade	O IC relaciona a área da bacia com a área de um círculo. Valorespróximos de 1 indicam que a bacia possui um formato mais circular e, valores mais próximos de zero, formas mais alongadas (CARDOSO *et al*., 2006). Quanto mais alongada a bacia, ou seja,com IC próximos de zero, menores as chances de ocorrência decheias (LANA; ALVES; CASTRO (2001).	$IC\ 12,57\ X\ A = p^2$
Coeficiente de Compacidade	Relaciona a forma da bacia com um círculo, definido como arelação entre perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. É um número adimensional que varia com a forma da bacia, Sendo: Kc = 1 = circular (VILLELA; MATTOS, 1975).	$Kc = 0,28X \frac{P}{\sqrt{A}}$
Fator Forma	Relaciona a forma da bacia com a forma de um retângulo. É determinado pela relação entre a largura média e o comprimento do curso d'água principal. Sendo: Kf = 1 = retangular (VILLELA; MATTOS 1975).	$Kf \frac{A}{L^2}$
Coeficiente sinuosidade hidráulico	É a razão entre o comprimento do canal do rio e o comprimento máximo da bacia que o forma. Sendo: Retilíneo < 1,05; Sinuoso 1,05-1,50; Meandrante >1,50; Entrelaçado > 1,80; Anastomosado > 2,00 (MORISAWA, 1975).	$Is = \frac{L}{dv}$
Coeficiente de manutenção	O ***Cm*** representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro do sistema de drenagem (TRAJANO,*et al.*, 2012).	$Cm = \frac{1x1000}{Dd}$
Índice de rugosidade	O ***Ir*** é a relação entre a amplitude altimétrica e a densidade da drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas (TRAJANO, *et al*., 2012).	$Ir = Hx\ Dd$

3. Resultados e discussão

A BHCPL possui elevação mínima de 467 m e máxima de 833 m, apresentando amplitude altimétrica de 366m. A bacia possui um padrão de drenagem dendrítico e a extensão das drenagens é de 5.041,23 m. O mapa hipsométrico foi elaborado com fatiamento do relevo com intervalos de 40 m. Em função da disposição topográfica, as drenagens seguem no sentido Leste-Oeste e as maiores elevações (780-833) ocorrem em relevos dobrados e altamente dissecados, com ocorrência de xistos e quartzitos (Figura 2).

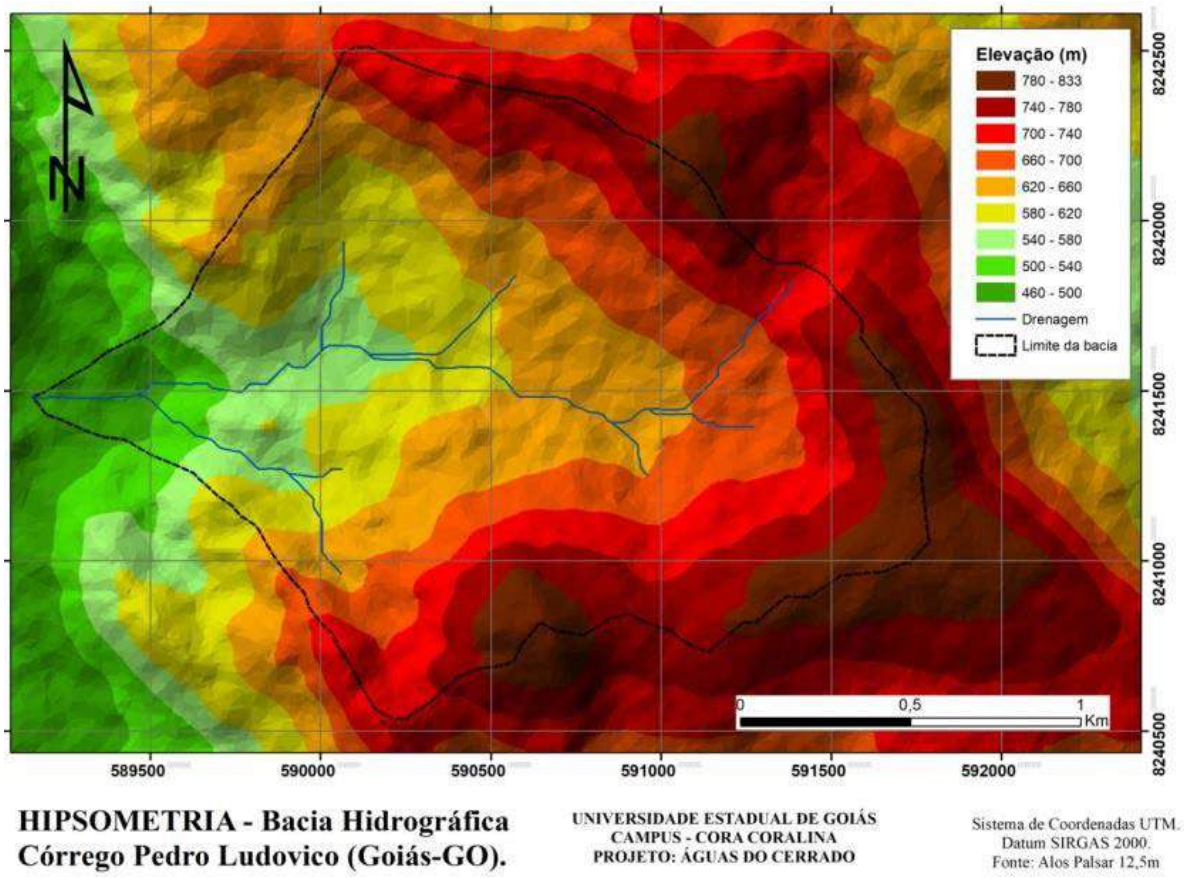


Figura 2: Localização da bacia hidrográfica do córrego Pedro Ludovico.
Fonte: Adaptado de Alos Palsar 12,5m.

O perfil topográfico da drenagem principal da bacia apresenta a variação topográfica do curso do córrego indicando que o exutório está na elevação de 469m e a nascenteprincipal a 710m.

Figura 3: Perfil topográfico do curso principal da BHCPL.
Fonte: Adaptado de Alos Palsar 12,5m.

A bacia apresenta uma declividade máxima de 88% e média de 25,8%. O mapa da Figura 5 apresenta a espacialização das classes de declividades segundo classificação propostapela Embrapa (2018) e a Tabela 2 relaciona as classes de declividades com as respectivas áreasem porcentagem, metros quadrados e a definição de cada classe de forma de relevo proposta pela Embrapa (2018).

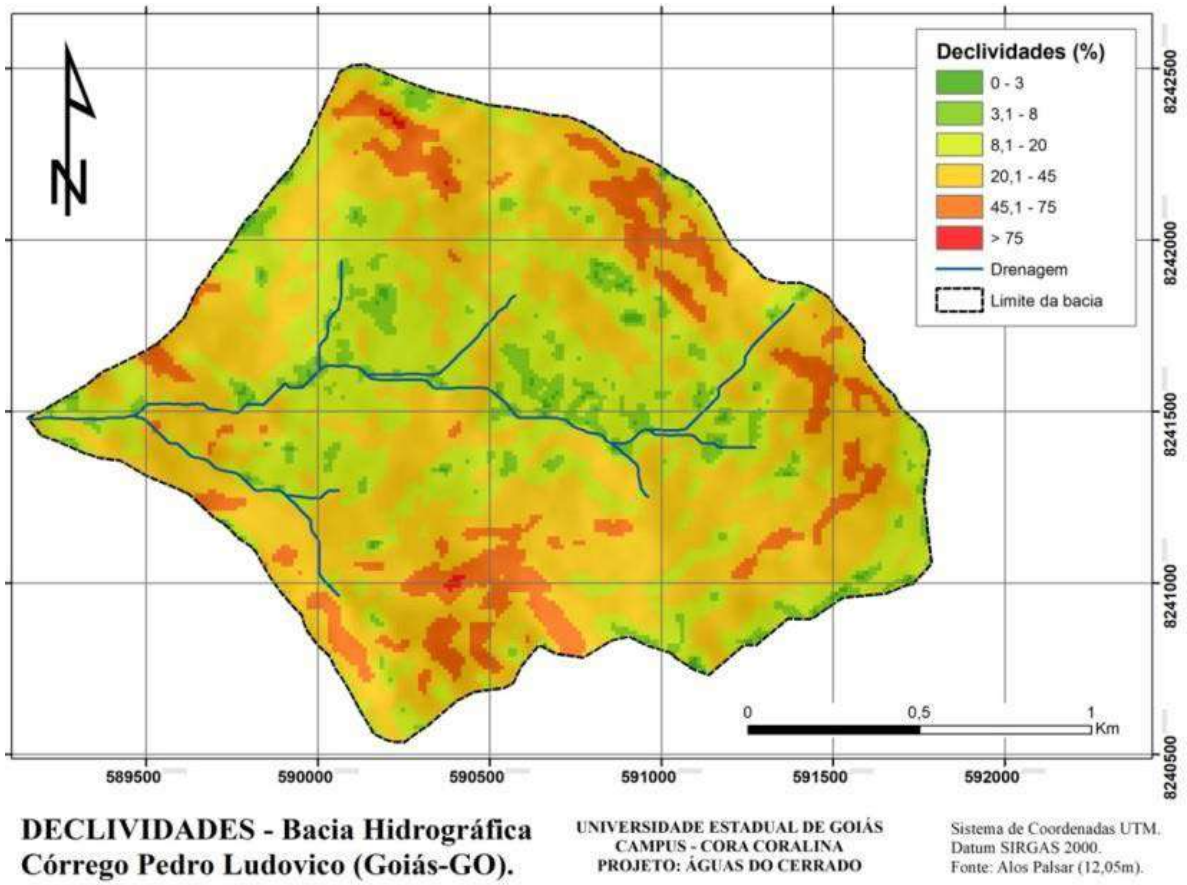


Figura 4: DECLIVIDADES da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico.
Fonte: Adaptado de Alos Palsar 12,5m.

Tabela 2 – Declividades e formas de relevo da bacia

Formas de relevo	Intervalo(%)	Área(%)	Área(m²)	Definição
Plano	0 - 3	0,71	20,8	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde osdesnivelamentos são muito pequenos.
Suave ondulado	3,1 - 8	6,07	177,8	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída porconjunto de colinas e/ou outeiros (elevações até 100 metros), apresentando declives suaves.
Ondulado	8,1 - 20	32,68	957,5	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída porconjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis.
Forte ondulado	20,1 - 45	50,36	1475,7	Superfície de topografia movimentada, formada por outeirose/ou morros (elevações de altitudes relativas de 50m a 100me de 100m a 200m, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20% a 45%.

Formas de relevo	Intervalo(%)	Área(%)	Área(m²)	Definição
Montanhoso	45,1 – 75	10,06	294,7	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, dobras, apresentando desnivelamentos relativamente grandese declives fortes e muitos fortes, predominantemente variáveis.
Escarpado	>75	0,12	3,5	Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendosuperfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: frentes de cuestas, vertentes de declives muito fortes, usualmente com declividades superiores a 75%.
Total	-	100	2930	-

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2018).

As áreas planas e suaves onduladas, declividades entre 0% a 8%, se encontram predominantemente próximo a calha das drenagens e o tipo de relevo de maior ocorrência na bacia é o forte ondulado (20% - 45%), onde ocorrem solos como os Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos. Estes solos apresentam em função da declividade e textura, alta vulnerabilidade a processos erosivos.

A curvatura do relevo contribui na compreensão das ocorrências de inundações e erosões em uma bacia, pois indica o direcionamento e concentração dos fluxos de água numa vertente. Na representação do relevo em curvatura plana (Figura 5), as vertentes côncavas concentram o fluxo do escoamento superficial, tornando estas vulneráveis a erosão e inundaçãoe, as vertentes convexas provocam dispersão no escoamento (VALERIANO, 2003; GUERRA, *et al.*, 2003). 38,19% da área da bacia apresenta vertentes côncavas em curvatura plana.

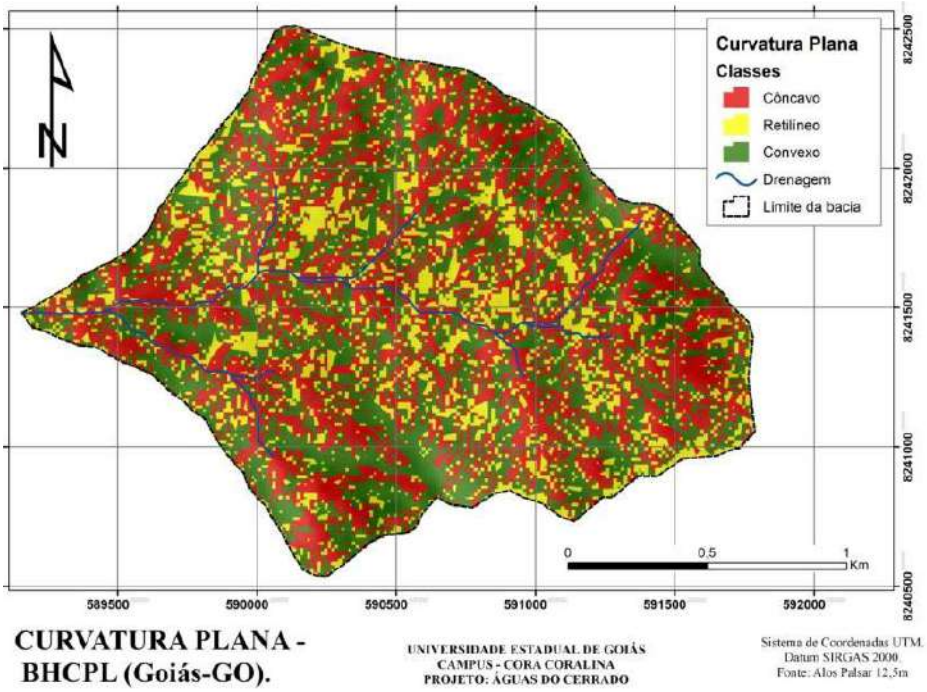


Figura 5: Curvatura Plana da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico.
Fonte: Adaptado de Alos Palsar 12,5m.

A curvatura em perfil (vertical) (Figura 6) as vertentes côncavas também apresentam características de concentração do fluxo, sendo vistas como áreas suscetíveis a remoção e transporte de sedimentos. Nas vertentes convexas, a tendência é o aumento da velocidade do fluxo associado ao formato da vertente e à força da gravidade (VALERIANO, 2003; GUERRA, *et al.*, 2003). 39,47% da área da bacia apresenta vertentes côncavas em curvatura em perfil(vertical).

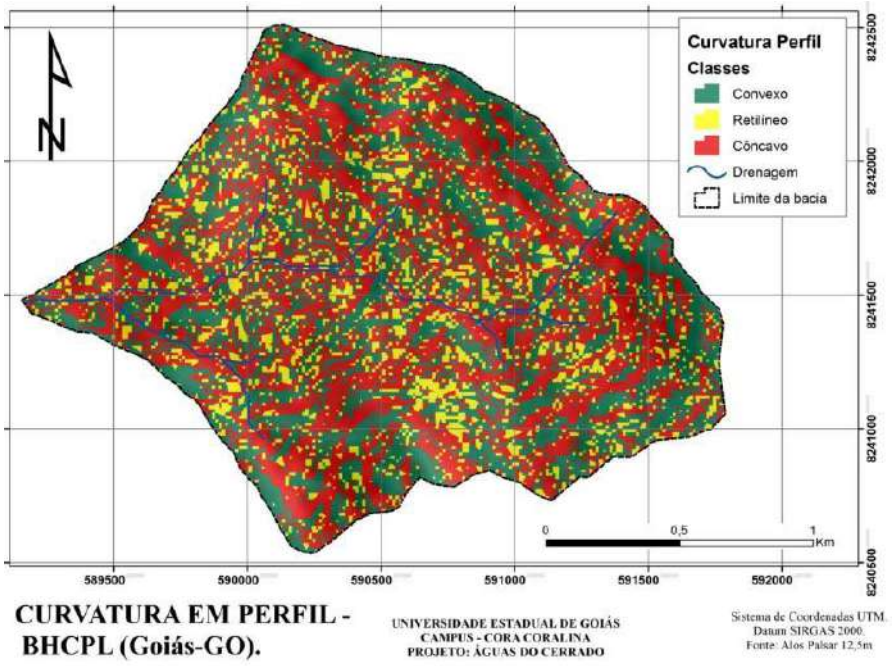


Figura 6: Curvatura do Perfil da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico.
Fonte: Adaptado de Alos Palsar 12,5m.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados e indicativos de parâmetros das variáveis geométricas da bacia e das drenagens para fins de avaliação das condições da bacia, relacionando aspectos hidrológicos e morfométricos.

A BHCPL possui uma densidade mediana de drenagem e baixa densidade de rios. O índice de circularidade, de compacidade e o fator forma indicam que a bacia apresenta alto risco a enchentes. O coeficiente de sinuosidade dos canais é mediano, assim considerado como relativamente sinuoso. O coeficiente de manutenção é alto para a bacia, pois indica que há a necessidade de 581 m^2 para manter 1m de canal fluvial. O índice de rugosidade e a relação relevo indicam que a bacia tem alto potencial a erosão. A bacia é de terceira ordem e apresenta padrão dendrítico de drenagem.

Os tipos de uso do solo, cobertura vegetal e a delimitação das áreas de preservaçãopermanentes (APPs) são apresentados no mapa da Figura 8. Os solos da BHCPL são cobertospredominantemente por vegetação de Cerrado, aproximadamente 60% da área. Os tipos deCerrado identificados são a formação florestal (Cerradão e Mata Seca), formação savânica (Cerrado Rupestre e Cerrado Típico) e formações campestres (Campo Sujo e Campo Rupestre).A cobertura antrópica predominante são as pastagens plantadas, cobrindo em torno 37% da área. Como pode se observar no mapeamento as pastagens avançam sobre as áreas de APPsdas drenagens e nascentes. No mapeamento das APPs consideramos 30 metros para as drenagens e 50 metros para as nascentes. A ocupação das APPs por pastagens impactam diretamente na dinâmica hidrográfica e hidrológica da bacia, pois reduz a infiltração, aumentao escoamento superficial, aumenta o potencial de erosão e assoreamento e induz a compactaçãodo solo pelo trânsito de animais.

Tabela 3 – Caracterização geométrica da BHCPL

Variávias	Parâmetro/indicativo	Resultado
Densidade da drenagem	Na classificação proposta por Beltrame (1994),a BHCPL possui uma densidade de drenagem MEDIANA, por se posicionar no intervalo de 0,5 – 2.	1,72 Km/Km²
Densidade dos rios	Segundo a classificação proposta por Lollo(1995), a BHCPL se enquadra na classe BAIXA, por apresentar valor menor que 3.	2,38 Cursos/Km²
Perímetro	Distância linear da área da bacia.	7, 277 Km

Variávias	Parâmetro/indicativo	Resultado
Ordem da bacia	A bacia possui 7 cursos de 1ª ordem e 1 curso de 2ª ordem que drenam assim para o curso principal (3ª ordem).	3ª ordem
Índice de circularidade	A bacia tem o formato mais próximo de uma área circular, apresentando assim, chances altasde ocorrência de cheias.	0,69
Coeficiente de Compacidade	O valor do coeficiente de compacidadetambém indica que a área da bacia está mais próxima do formato circular.	1,19
Fator Forma	O resultado do fator forma sustenta que oformato da bacia é mais circular que retangular.	0,42

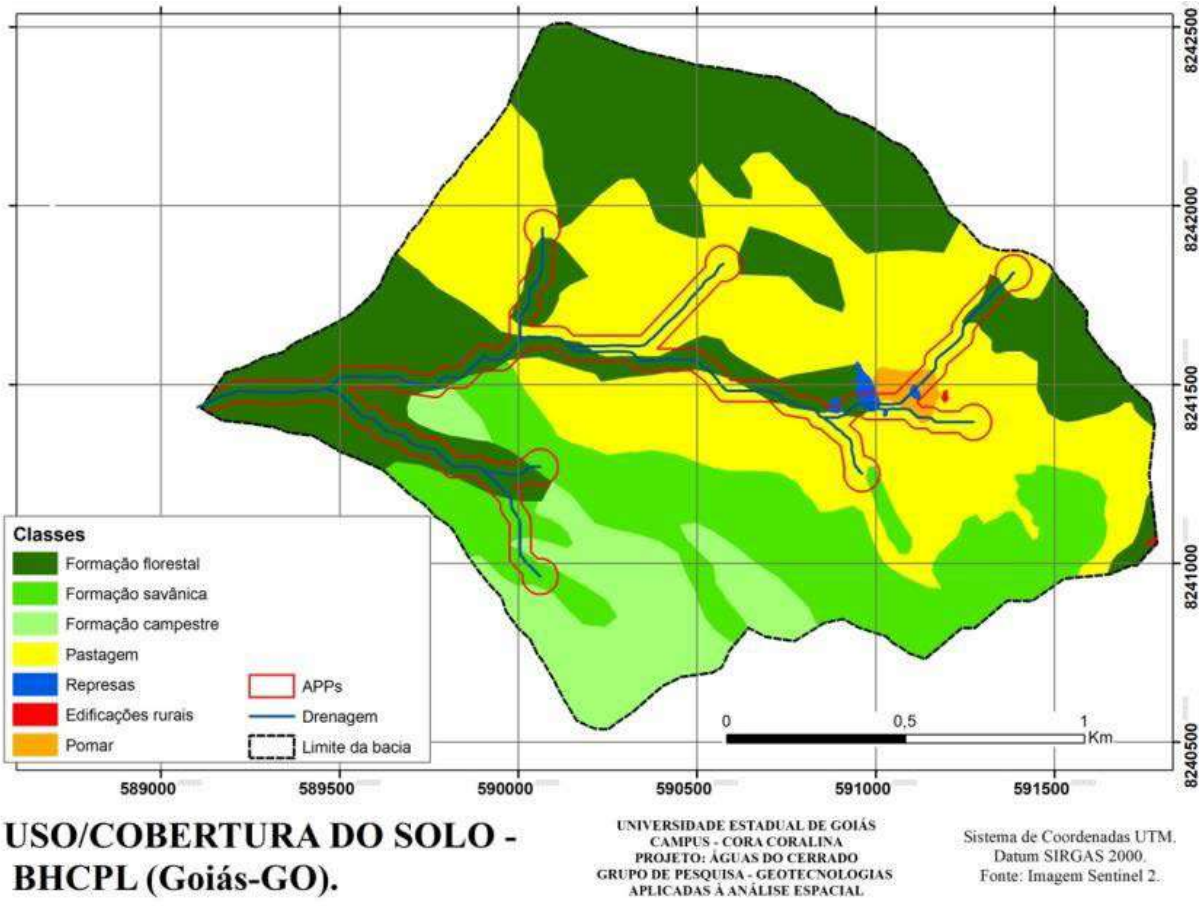


Figura 7: Uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico.
Fonte: Adaptado de Sentinel 2.

Além da ocupação irregular das APPs, outras intervenções foram identificadas nas observações de campo com os barramentos feitos para represamento de água. Na Tabela 4 a seguir são apresentadas as localizações dos barramentos e a descrição dos mesmos.

Tabela 4 – Coordenadas planas (UTM) intervenções na drenagem da bacia do Córrego Pedro Ludovico

Ponto	Norte (m) Y	Este (m) X	Descrição
1	8241504	589495	Barragem do curso d'água, feito por maquinários, na confluência como principal tributário da bacia. Distância aproximada de 400 metros doexutório da bacia (confluência com o Córrego Limeira) no sentido oeste-leste. Este barramento obstruiu por completo o fluxo da drenagem.
2	8241657	590017	Barragem do curso d'água, feito por maquinários, na confluência emum dos tributários, à margem direita do curso. Distância aproximadade 1000 metros do exutório da bacia, no sentido oeste-leste.
3	8241610	590014	Pequena barragem no leito do córrego com fragmentos de rochas desacos de área para dessedentação de animais.

Fonte: Levantamento de campo.

Conclusões e recomendações

Dadas às condições ambientais da BHCPL encontradas, ou seja, o padrão dendrítico, a amplitude altimétrica e disposição topográfica, as características da geomorfologia, o uso do solo, entre outras variantes observadas, o Grupo "Águas do Cerrado" (GWATÁ – UEG) e o grupo GEOTEC – UEG, chama a atenção para as condições de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Pedro Ludovico, expressada em sua composição pedológica, que associados às variações altimétrica, com índice de rugosidade elevado, tornam essa região hidrográfica sujeita a intensos processos erosivos.

Os processos de deslocamentos de sedimentos têm o potencial de agravar o assoreamento dos cursos de água, que combinados com as vertentes côncavas e sua natural concentração de fluxo de escoamento superficial, podem aumentar significativamente os riscos de enchentes, em uma área na qual o Índice de Circularidade de 0,69, ou seja, já suscetível a cheias, hipótese reforçada pelo Índice de Compacidade (1,69), que indica elevada propensão a enchentes.

O processo de antropização praticada pela retirada da cobertura vegetal nativa, já atingiu 37% da área da BHCPL. A expansão da bovinocultura extensiva, que passam a ocupar as Áreas de Proteção Permanente (APP's)

de rios e nascentes, além do manejo inadequado do solo, com baixíssima inserção tecnológica é um fator de grande preocupação. Apesar do perímetro da bacia se encontrar totalmente em área rural, iniciou-se em 2020, nas proximidades da área urbana, um processo de parcelamento ilegal da terra, em flagrante desrespeito ao Plano Diretor Vigente. Os dados obtidos pela caraterização morfométrica desta bacia, apontam para uma elevada propensão de enchentes e inundações, tornando esta área inadequada para a expansão urbana para fins de moradia.

As dinâmicas de apropriação e uso das terras e das águas na BHCPL, se não revertidas, tendem a agravar o stress hídrico já vivenciado pelo município de Goiás contribuindo para a redução de habitat de espécies da fauna e da flora, com consequente perda de biodiversidade para o ecossistema Cerrado.

Referências

BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994.

BRASIL, 2012. Código Florestal Brasileiro. Disponível em: http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12 Acesso: 02/12/12.

BRASIL. Lei nº 9.433. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, janeiro de 1997.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e a qualidade ambiental. *In:* VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T (org.). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. M. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo – RJ. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Notícia Geomorfológica, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2018.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. Geografia, FFLCH-USP, São Paulo, v. 6, p. 46-60, 1992.

FERREIRA, F. A. de O. AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BAGAGEM, GOIÁS - GO. 2021. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Campus Cora Coralina, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2021.

FRANCO, A. C. S. MODELAGEM AMBIENTAL E INDICADORES DE PRESSÃO NOS RECURSOS HÍDRICOS DA ALTA BACIA DO RIO VERMELHO (GOIÁS). 2021. 79 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Campus Cora Coralina, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2021.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. *In:* CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. A. (org.). Questão Ambiental: Diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

LOLLO, J. A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MOREIRA, C. V. R.; NETO, A. G. P. Clima e Relevo. *In:* OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1998.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of America Bulletin, v. 67, n. 5, p. 597- 646, 1956.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957.

TRAJANO, S. R. R. S. *et al.* Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial, ISSN 2317-8779; 2. Campinas, SP, 2012.

VALERIANO, M.M. Curvatura a vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 539-546, 2003.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

Disponibilidade Hídrica na Bacia do Rio Curicuriari para fins de Outorga de Recursos Hídricos no Amazonas

Matheus da Rocha Uchôa de Paula[1]
Maria Astrid Rocha Liberato[2]
Carlossandro Carvalho de Albuquerque[3]

Resumo: O rio Curicuriari possui águas pretas e elevado índice de acidez, é um dos muitos afluentes do Rio Negro, localizado na margem direita deste, e banha o Município de São Gabriel da Cachoeira. Rio de domínio público, a União, juntamente com a Agência Nacional de Águas (ANA), são responsáveis pela emissão de outorgas, ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o poder público permite o uso do recurso hídrico pela população. O presente estudo teve por objetivo quantificar e caracterizar a disponibilidade hídrica para a outorga na bacia do rio Curicuriari, por meio da vazão de referência Q95, utilizando a série histórica de vazões da estação fluviométrica de Jusante da Cachoeira do Caju (1982-2014), localizada no estado do Amazonas, Brasil, cujos dados foram extraídos a partir do portal Hidroweb (ANA). As maiores médias de vazões diárias ocorreram no início do mês de junho, a mais alta com cerca de 1413,515 m3/s, enquanto as menores vazões ocorreram entre o final de outubro e início de dezembro, a menor sendo de 558,667 m^3/s. A maior vazão máxima ocorreu no ano de 1989 enquanto a mínima ocorreu em 1997, com 2182,00 m^3/s e 214,00 m^3/s respectivamente, a média das vazões máximas foi de cerca de 1781,79 m^3/s enquanto a das mínimas foi de 343,15 m^3/s. O valor da Q95 do rio Purus, calculado através da curva de permanência, para a série histórica de 32 anos, foi de 392,407 m^3/s e sua vazão máxima outorgável é de 294,00 m3/s.

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica; Amazônia; Outorga; Vazão.

Abstract: The Curicuriari River has black waters and a high acidity index, is one of the many tributaries of the Rio Negro, located on its right bank, and bathes the Municipa-

1 Acadêmico do mestrado em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos, da Universidade do Estado do Amazonas – mdrudp.mgr21@uea.edu.br.

2 Professora da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Normal Superior – astrid.liberato@gmail.com.

3 Professor da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Normal Superior – cscarvalho@uea.edu.br.

lity of São Gabriel da Cachoeira. River in the public domain, the Union, together with the Agência Nacional de Águas (ANA), are responsible for issuing grants, an administrative act that expresses the terms and conditions under which the government allows the use of water resources by the population. The present study aimed to quantify and characterize the water availability for granting in the Curicuriari river basin, through the reference flow Q_{95}, using the historical series of flows from the river flow station of Jusante da Cachoeira do Caju (1982-2014), located in the state of Amazonas, Brazil, whose data were extracted from the Hidroweb (ANA) portal. The highest average daily flows occurred in the beginning of June, the highest with about 1413.515 m³/s, while the lowest flows occurred between the end of October and early December, the lowest being 558.667 m³/s. The highest maximum flow occurred in 1989 while the minimum occurred in 1997, with 2182.00 m³/s and 214.00 m³/s respectively. was 343.15 m³/s. The Q_{95} value of the Purus River, calculated through the permanence curve, for the 32-year historical series, was 392.407 m³/s and its maximum flow rate is 294.00 m³/s.

Key Words – Watershed; Amazon; Granting to the Use; Discharge.

1. Introdução

Considerada uma das maiores e principal afluente da margem esquerda do Amazonas, a bacia do rio Negro tem suas cabeceiras nas encostas ocidentais (Serra do Junaí, na Colômbia) do Escudo das Guianas, drena uma área de aproximadamente 719.000 km², cuja origem está associada à terrenos de planaltos, apresenta águas pretas e de alta acidez devido ao intenso escoamento e acúmulo de matéria orgânica em decomposição em seu leito (ARAUJO *et al.*, 2020).

O rio Curicuriari é um dos afluentes da margem direita do rio Negro e está localizado no município de São Gabriel da Cachoeira/AM no Noroeste do Estado do Amazonas, na fronteira do Brasil com a Colômbia e a Venezuela, região também conhecida popularmente como Cabeça do Cachorro, apresenta baixa piscosidade devido ao elevado índice de acidez que suas águas pretas apresentam (DE AQUINO, 2010; PASCOALOTO et al, 2014). Existem poucos estudos sobre o rio Curicuriari, um exemplo é o de levantamento bioflorístico realizado por Da Costa e colaboradores na região durante o ano de 2017, e isso se deve a sua localização isolada dentro da Terra Indígena Médio Rio Negro I, o que justifica pesquisas quanto a qualidade e a outorga de suas águas.

Um marco na história a Lei n° 9.433, também conhecida como "lei das águas", criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos. Segundo a mesma lei, a água é um bem de domínio público, limitado e a gestão de recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas através de cinco instrumentos: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos hídricos em classes, segundo os usos preponderantes da água, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, o sistema de informações sobre recursos hídricos e a outorga do direito de uso de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Dentre estes instrumentos descritos a outorga é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o poder público permite, por prazo determinado, o uso do recurso hídrico, um instrumento implantado afim de assegurar a regulação e o controle qualitativo do uso da água pela população vez que garante ao usuário outorgado o direito de acesso a água (NOVO, 2019). Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a vazão máxima outorgável de um corpo hídrico é de aproximadamente 70% da $Q_{95,}$ vazão de referência determinada a partir das observações em um posto fluviométrico em certo intervalo de tempo, em que 95% daquele período as vazões foram iguais ou superiores a vazão determinada, esse valor pode variar de acordo com as leis estaduais e as especificidades do corpo hídrico estudado (ANA, 2011).

A gestão de recursos hídricos no estado do Amazonas foi instituída pela Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei Nº 2.712/2001, reformulada pela Lei Nº 3.167/2007 e regulamentada pelo Decreto Nº 28.678/2009. A Resolução Nº 1/2016 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos estabelece que a soma das vazões máximas outorgadas na bacia, limitada pela seção transversal, não poderá exceder a 75% da vazão de referência $Q_{95.}$

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo quantificar e caracterizar a disponibilidade hídrica para a outorga na bacia do rio Curicuriari, por meio da vazão de referência Q_{95}, obtida através do cálculo da curva de permanência, bem como analisar o comportamento do rio por meio do hidrograma e curvas de máximos e mínimos, utilizando as séries históricas de vazões da estação fluviométrica de Canutama, localizada no estado do Amazonas, Brasil.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

O Rio Curicuriari, Kurikuriari em Nheegatu, possui águas pretas e elevado índice de acidez, é um dos muitos afluentes do Rio Negro, localizado na margem direita deste, e banha o Município de São Gabriel da Cachoeira, bem como a Terra Indígena Médio Rio Negro I, com quatro comunidades indígenas ao longo de sua extensão começando pela comunidade de Fonte Boa, chamada de comunidade Curicuriari, Comunidade São Jorge, Inebo e por último Tumbira (DE AQUINO, 2010).

A área de estudo da presente análise se limita à estação fluviométrica Jusante da Cachoeira do Caju, de código 14350000, latitude -0,25, longitude -67,01 e área de drenagem de aproximadamente 13.100,00 km^2. A localização da estação observada no rio Curicuriari é apresentada na Figura 1.

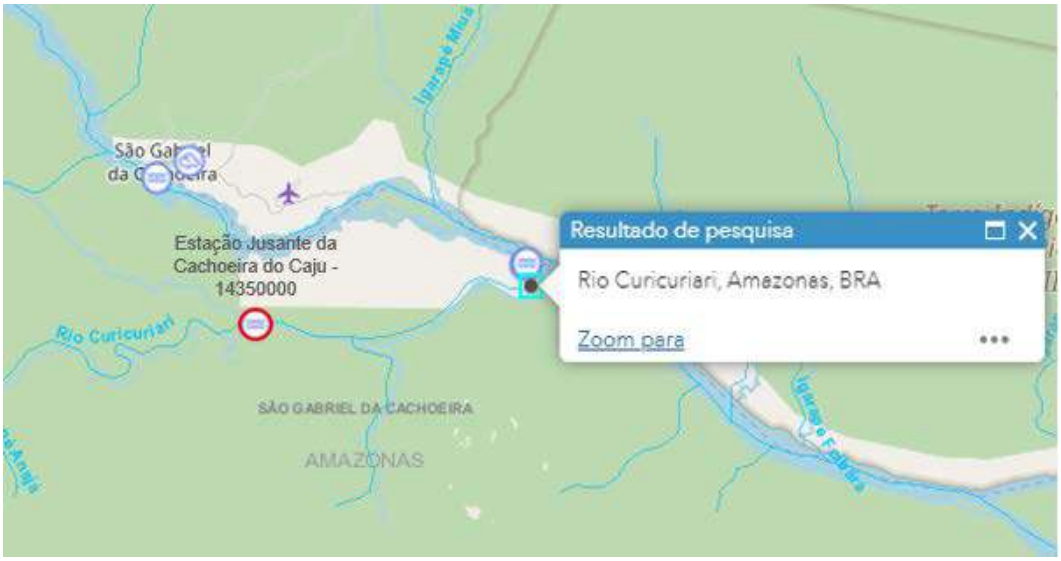


Figura 1: Localização da estação fluviométrica Jusante da Cachoeira do Caju – 14350000 (marcada em vermelho), próxima ao município de São Gabriel da Cachoeira (Amazonas, BRA).
Fonte: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa.

2.2 Dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os dados de vazão da estação Jusante da Cachoeira do Caju, cadastrada no banco de dados da ANA sob o código 14350000, dentro do intervalo de tempo de 32 anos entre o início das medições (1982) até o ano de 2014, obtida a partir do Por-

tal Hidroweb (http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf), pertencente ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), e que disponibiliza uma gama de dados hidrológicos coletados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

A escolha da estação considerou dois critérios principais: proximidade da foz do rio a ser analisado e quantidade de dados de vazão disponíveis pela estação. A única estação, localizada no rio Curicuriari, que continha dados referentes as vazões do rio era a estação Jusante da Cachoeira do Caju - 14350000, que se encontra próxima da foz do rio e seus dados apresentaram pouca quantidade de falhas/lacunas e se enquadraram na quantidade mínima de 30 anos necessários para análise. A estação de Curicuriari – 66002 foi descartada pois utilizava os dados de vazões referentes a estação de Jusante da Cachoeira do Caju (Tabela 1).

Tabela 1 - Estações disponíveis para a extração de dados pluviométricos referentes as vazões do rio Curicuriari

Estação	Código	Latitude	Longitude	Série histórica de dados de vazões	Número de anos de dados de vazão disponíveis
Jusante da Cachoeira do Caju	14350000	-0,25	-67,01	1982-2014	32
Curicuriari	66002	-0,20	-66,80	1982-2014	32

Fonte: ANA.

2.3 Métodos

A partir dos dados de vazão disponíveis da estação Jusante da Cachoeira do Caju, procedeu-se com a elaboração de três ferramentas gráficas: a curva de permanência, o hidrograma e o gráfico de máximas e mínimas. Para o desenvolvimento destas foi utilizado o software Excel, desenvolvido pela Microsoft, como apoio na organização dos dados e geração das curvas.

2.4 Hidrograma

Este gráfico foi obtido a partir da ordenação, no Excel, dos dados de vazão de forma que cada coluna representasse um ano e cada linha dessa coluna, um dia. Sendo assim, uma matriz de 366 linhas (considerando o dia 29/fev) e N_a (número de anos) colunas foi formada. De cada linha foi

retirado seu valor médio, representando, assim, a vazão média daquele dia considerando todos os anos registrados, conforme equação 1.

$$q_{md} = \frac{\sum q_d}{n_{rd}} \quad (1)$$

Onde:

q_{md} : vazão média diária [m³/s];
q_d: vazão diária [m³/s]; e
n_{rd}: número de registros do dia.

O gráfico foi elaborado colocando no eixo das abscissas os dias equivalentes ao período de um ano inteiro, do dia 01/jan ao dia 31/dez, porém, no eixo das ordenadas foram distribuídas as vazões médias diárias considerando todos os anos.

2.5 Máximas e Mínimas

Utilizando-se da mesma organização dos dados para o hidrograma, a obtenção dos valores máximos e mínimos, entretanto, foi feita a partir dos dados de cada ano, separadamente. onde foram extraídos os valores máximos e mínimos anuais e, para fins de otimização do potencial de análise, foram inseridas as linhas representativas da média de cada grupo (média das máximas e média das mínimas), conforme equações 2 e 3.

$$\bar{q}_{máx} = \frac{\sum q_{máx}}{n_a} \quad (2)$$

$$\bar{q}_{mín} = \frac{\sum q_{mín}}{n_a} \quad (3)$$

Onde,

$\bar{q}_{máx}$: vazão média máxima [m³/s];
$q_{máx}$: vazão máxima anual [m³/s];
$\bar{q}_{mín}$: vazão média mínima [m³/s];
$q_{máx}$: vazão mínima anual [m³/s]; e
n_a: número de anos com registros de vazão.

2.6 Curva de Permanência

A elaboração desta curva se com auxílio do software Excel, onde ordenou-se as vazões de forma crescente, e atribuiu-se, a cada vazão, uma discriminação correspondente à sua posição na sequência, sendo 1 para a menor vazão registrada e para a maior vazão do conjunto. Sendo assim, calculou-se a frequência acumulada de cada classe de vazão segundo as equações 4 a 6.

$$f = \frac{N_o}{n_r} \tag{4}$$

$$f_{acum} = f + f_a \tag{5}$$

Finalmente, partiu-se para a determinação da permanência das vazões, conforme equação 6.

$$P = 1 - f_{acum} \tag{6}$$

Onde:

f: frequência de ocorrência de vazão dentro da classe;
n_r: número de registros de vazões;
N_o: número de ocorrências da classe de vazão;
f_a: frequência da vazão analisada;
f_{acum}: frequência acumulada; e
P: permanência da vazão.

Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta o hidrograma da série de vazões diárias registradas na estação Jusante da Cachoeira do Caju para o intervalo de tempo observado de 32 anos, com início das medições em 1982 até o ano de 2014. É possível notar que as vazões observadas obedecem ao padrão da sazonalidade de cheias e estiagem na Amazônia Central, entre os meses de fevereiro e abril ocorre a época chuvosa seguida pelas cheias dos rios que se iniciam em maio e se estendem até agosto, enquanto nos meses de setembro e outubro as chuvas cessam e ocorre as estiagens entre os meses de novembro e janeiro (SCHÖNGART e JUNK, 2020). A inundação

se desenvolve sobre vários meses e permanece em sua superfície máxima durante algumas semanas, dando origem a um hidrograma modal assimétrico, com ascensão lenta e recessão acelerada, resultante do regime tropical austral (RODIER, 1964; MOLINIER et al., 1997).

As maiores médias de vazões diárias observadas pela estação Jusante da Cachoeira do Caju ocorreram no início do mês de junho, a média para o dia 1 foi a mais alta, cerca de 1413,515 m³/s, enquanto as menores vazões ocorreram entre o final de outubro e início de dezembro, a menor média sendo a para o dia 6 de novembro, 558,667 m³/s, conforme a Figura 2.

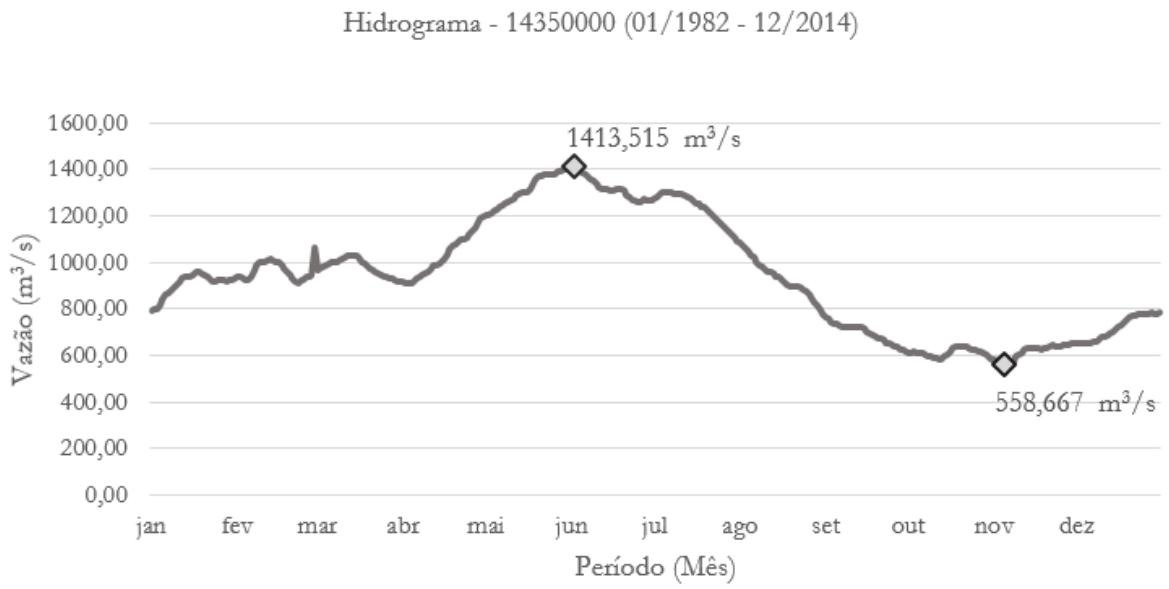


Figura 2: Hidrograma das séries de vazões observadas na estação na estação Jusante da Cachoeira do Caju.
Fonte: Autores (2021)

A figura 3 apresenta o gráfico de vazões máximas e mínimas anuais registradas na estação Jusante da Cachoeira do Caju dentro do intervalo de tempo observado de 32 anos. De acordo com os dados levantados, a vazão máxima que a estação registou ocorreu no ano de 1989, enquanto a mínima ocorreu no ano de 1997, com valores correspondentes a 2182,00 m³/s e 214,00 m³/s respectivamente. A média das vazões máximas foi de cerca de 1781,79 m³/s enquanto a média das mínimas foi de cerca de 343,15 m³/s.

Segundo Cavalcanti (1996), entre os anos de 1990 e 1993 ocorreu o evento de *El Niño*, um dos mais fortes já registrados, cujos enormes impactos climáticos e biológicos foram observados em várias partes do mundo e em diferentes ecossistemas e sistemas biológicos, o que pode explicar os valores tão fora da média de vazões máximas e mínimas no rio Curicuriari nesses anos.

Esse evento climático resultou em um extenso período de seca entre os anos de 1990 e 1993 onde a precipitação na estação chuvosa do foi 28% abaixo da média em 1990 e 13% abaixo da média em 1991, em 1992, as precipitações ficaram 30% abaixo da média em março, 34,7% abaixo da média em abril, e 87% abaixo da média em maio, em 1993 as precipitações na estação chuvosa ficaram 63% abaixo da média sendo que no ano de 1992 as anomalias no Pacífico Equatorial foram mais intensas o que resultou em um período de *El Niño* estendido (CAVALCANTI, 1996; SILVA et al, 2013).

Como é possível observar, na Figura 3, que as máximas ocorridas após o ano de 1993 até o ano de 2014 permaneceram na média, bem como as mínimas que são relativamente estáveis, evidencia que comprova que o rio Curicuriari se recuperou do impacto climático do evento de 1990-1993.

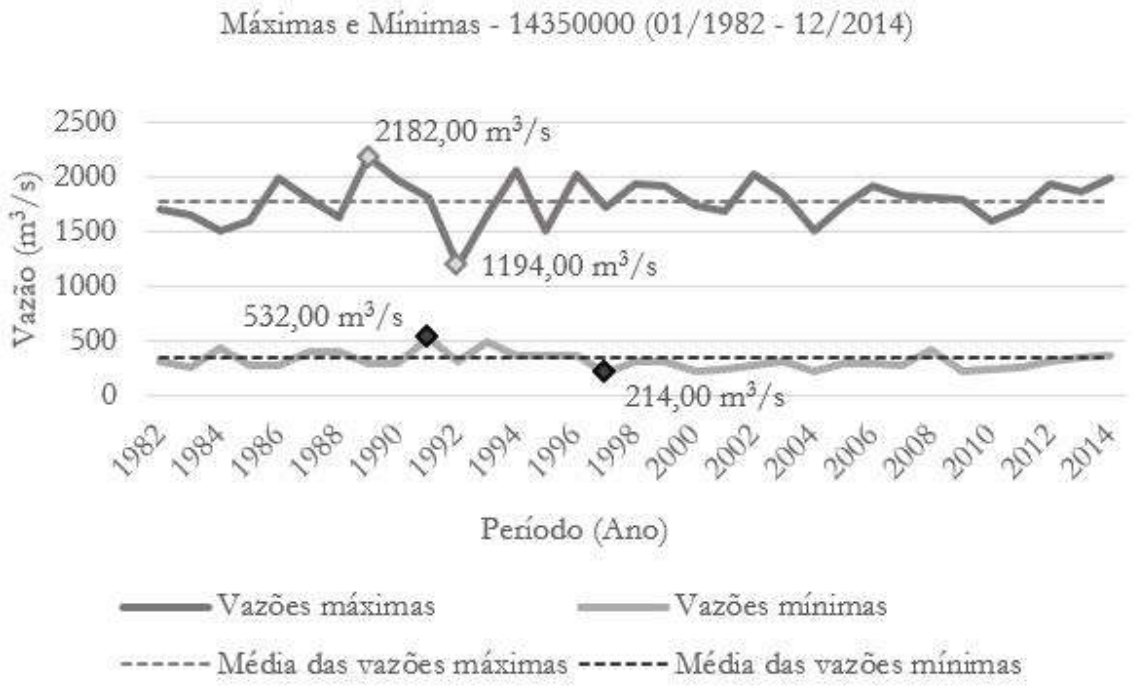


Figura 3: Gráfico de vazões máximas e mínimas observadas na estação Jusante da Cachoeira do Caju. Fonte: Autores (2021).

A disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Curicuriari foi vinculada à vazão de referência, com garantia de permanência durante o período estudado de 32 anos, que passa a representar o limite máximo de utilização da água. Na determinação da vazão de referência Q_{95} corresponde a 392,00 m³/s, logo, a vazão máxima outorgável para o rio Curicuriari é de 294,00 m³/s (75% da Q_{95}), e a vazão máxima outorgável por solicitante de 78,40 (20% da Q_{95}) (SEMA, 2016) (Figura 4).

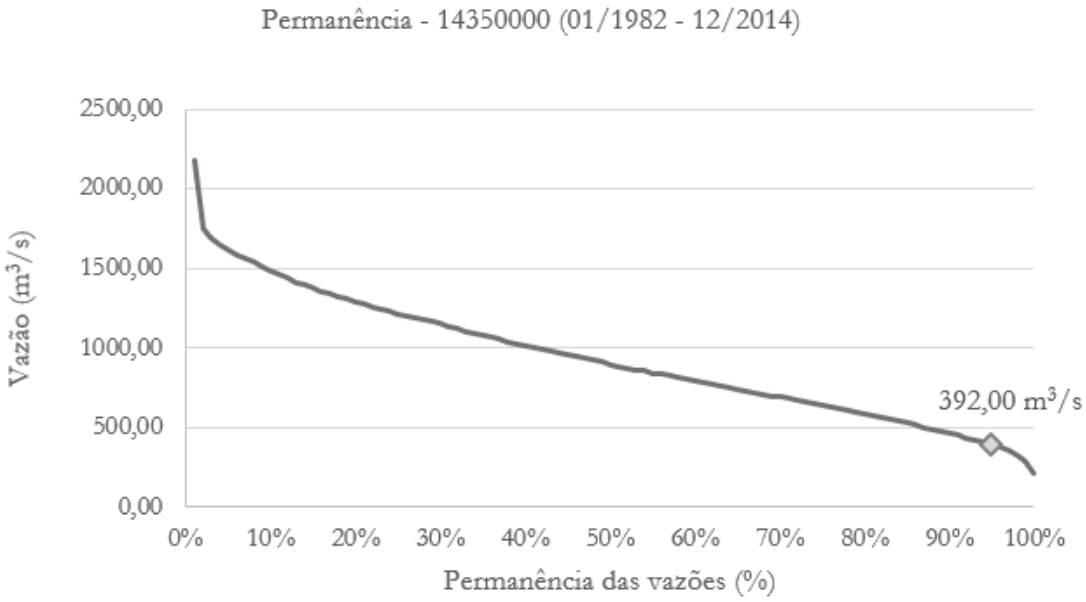


Figura 4: Gráfico da curva de permanência das vazões observadas na estação Jusante da Cachoeira do Caju.
Fonte: Autores (2021).

Considerações Finais

A quantificação da disponibilidade hídrica para a outorga na bacia do rio Curicuriari foi possível por meio da curva de permanência que definiu a vazão de referência Q_{95}, utilizando as séries históricas de vazões da estação fluviométrica Jusante da Cachoeira do Caju.

As vazões no rio Curicuriari obedecem ao padrão da sazonalidade de cheias e estiagem na Amazônia Central, na temporada de chuva, nos meses de fevereiro a abril, ocorrem as mais elevadas vazões nos meses seguintes, enquanto na temporada de seca, meses de setembro e outubro, ocorrem as mais baixas vazões, e variam ao longo do ano entre 1781,79 m³/s e 343,15 m³/s respectivamente.

A vazão máxima histórica de 1992 e a mínima de 1997 foram, resultado de eventos extremos de *El Niño*, eventos atípicos que alteraram as vazões do rio Curicuriari durante esses períodos, mas após o término desses eventos, o rio retornou a média estimada para suas vazões máximas e mínimas. Em mais de 95% do período 32 anos observados, a vazão do rio manteve-se abaixo dos 500,00 m³/s e de acordo com a resolução CERH Nº 1 de 2016, sua vazão máxima outorgável é de 392,00 m³/s.

Agradecimentos

O Presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES e do Mestrado Profissional, em Rede Nacional, em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Profágua. Agradecimentos à Agência Nacional das Águas pela cessão de dados distribuídos gratuitamente e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM pelo apoio financeiro em forma de bolsa, disponibilizada para os três primeiros atores.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: SAG, 50 p., 2011.

ARAÚJO, S. R. V.; LIMA, A. M. M.; ROCHA. E. P.; FRANCO, V. S. De Convergência Intertropical, Zona. "**A bacia hidrográfica do rio negro e sua importância como afluente da bacia do rio amazonas.**" C569 Ciências ambientais: climatologia, geotecnologias, mineração e estudos de monitoramento/Altem Nascimento Pontes; Alessandro Silva do Rosário (orgs.). Belém: EDUEPA, 166 p., 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá Outras Providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 jan. 1990. Seção 1, p. 470, 1997.

CAVALCANTI, I. F. A. **Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. Climanálise Especial**, 1996.

CEPED/UFSC-Centro universitário de estudos e pesquisas sobre desastres da universidade federal de santa catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil**. Florianópolis: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina, 94 p., 2012.

DA COSTA, D. P. *et al.* **Serra do Curicuriari, Amazonas state, Brazil: the first bryofloristic analysis for a Brazilian mountain in the Amazonian forest.** Phytotaxa, v. 303, n. 3, p. 201-217, 2017.

DE AQUINO, W. A. F. **Cultura e ambiente: gestão do conhecimento das tecnologias produtivas dos povos indígenas do Rio Curicuriari**, 2010.

MOLINIER, M.; GUYOT, J.L.; CALLÈDE DE, J.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, E.; FILIZOLA, N. **Hydrologie du bassin amazonien**. *In:* THÉRY, H. (ed.), Environnement et développement en Amazonie brésilienne, Paris, FR: Editions Belin. p. 24-41, 1997.

NOVO, E. C. **Análise da vazão máxima outorgável da sub-bacia Guapi-Macacu, RJ a partir das vazões mínimas Q7, 10 e Q95 e geração das curvas-chave e séries de vazões de seus postos fluviométricos**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente- Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

PASCOALOTO, D.; DA CUNHA, H. B.; DA SILVA, M. S. R. XII Simpósio de Recursos Hidrícos do Nordeste, **O reaparecimento de uma desmídia na amazônia após cinco décadas e a qualidade da água nos rios arapiuns (PA) e curicuriari (AM),** 2014.

RODIER, J. **Régimes hydrologique de l'Afrique noire à l'Ouest du Congo**. Mémoires OSTOM6, OSROM, Paris. 163 p, 1964.

SCHÖNGART, J.; JUNK, W. J. Clima e hidrologia nas várzeas da Amazônia Central. **Desafios para um Manejo Sustentável**, p. 44, 2020.

SEMA – **Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Resolução CERH-AM N° 01, de 19 de julho de 2016**. Disponível em: http://meioambiente.am.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/Resolu%C3%A7%C3%A3o-N%C2%BA01-de-Outorga-de-19-06-16.pdf. Acesso em: 26 maio.2021.

SILVA, J. S.; CALMANT, S.; SEYLER, F. **Eventos extremos na bacia Amazônica observados pelo satélite altimétrico ENVISAT.** *In:* BORMA, L.S.; NOBRE, C. A. (org.). Secas na Amazônia: Causas e Consequências. 01ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 319-369, 2013.

Condição do Ecossistema em Prol do Melhoramento da Capacidade Hídrica e Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Selho, Regio Norte de Portugal

Fernanda Maria Follmann[1]
Eliane Maria Foleto[2]
Francisco da Silva Costa[3]

Resumo: A diversidade de elementos que integram uma bacia hidrográfica, constituem-se em amplas possibilidades ambientais e territoriais. Para que a água existente em uma bacia tenha qualidade, os elementos que a compõem necessitam ter valor ecológico, pois são os condicionantes para um ciclo hidrológico estável. A área de estudo deste trabalho se situa na região Norte de Portugal, na sub-bacia hidrográfica do rio Selho. Constitui-se em uma classificação do Estado Ecológico da água, como de má qualidade e com um índice de escassez de água superior às demais bacias hidrográficas da região Norte. Nesse contexto, o objetivo do trabalho se constitui em analisar os elementos de condição que compõem o ecossistema da bacia hidrográfica do rio Selho, nomeadamente, permeabilidade da água, biodiversidade e florestas, para identificar áreas de alto valor ecológico, apontando para o seu uso em prol de uma gestão de prioridade à qualidade da água e diminuição do índice de escassez. A metodologia baseia-se na classificação *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*, para definição dos elementos de condição e, para os mapeamentos, no programa *ArcGIS®.* Assim, os elementos de condição vinculados ao ecossistema hídrico, possibilitaram a identificação de áreas de alto valor ecológico, prioritariamente na poção superior da bacia. Entretanto, a avaliação do centro da bacia, vinculou-se um baixo valor ecológico, devido a questões urbanas e industriais. Portanto, os resultados demostram que, a biodiversidade, as florestas e a permeabilidade condicionam o valor do ecossistema e representam um contributo para a gestão do solo em prol das águas.

Palavras-chave: Elementos do ecossistema; bacia hidrográfica; permeabilidade da água.

1 Universidade de Coimbra - fermariafoll@gmail.com.

2 Universidade Federal de Santa Maria - efoleto@gmail.com.

3 Universidade do Minho - costafs@geografia.uminho.pt.

Abstract: The diversity of elements that make up a hydrographic basin constitutes ample environmental and territorial possibilities. For the water in a basin to have quality, the elements that make it up need to have ecological value, as they are the conditions for a stable hydrological cycle. The study area of this work is located in the northern region of Portugal, in the Selho river sub-basin. It constitutes a classification of the Ecological State of water, as of poor quality and with an index of water scarcity higher than other hydrographic basins in the North region. In this context, the objective of the work is to analyze the condition elements that make up the Selho river basin ecosystem, namely, water permeability, biodiversity and forests, to identify areas of high ecological value, pointing to their use in favoring priority management of water quality and reducing the scarcity rate. The methodology is based on the Mapping and Assessment classification of Ecosystems and their Services, to define the condition elements and, for the mappings, in the ArcGIS® program. Thus, the condition elements linked to the water ecosystem made it possible to identify areas of high ecological value, primarily in the upper portion of the basin. However, the assessment of the center of the basin was linked to a low ecological value, due to urban and industrial issues. Therefore, the results show that biodiversity, forests and permeability affect the value of the ecosystem and represent a contribution to land management in favor of water.

Keywords: Elements of the ecosystem; hydrographic basin; water permeability.

1. Introdução

A bacia hidrográfica é definida como a unidade ideal para o planejamento e gestão hídrica no Brasil (Brasil, 1997), em Portugal, a região hidrográfica, constituída por uma ou mais bacias hidrográficas e respetivas águas costeiras, é a unidade principal de planeamento e gestão das águas (APA, 2021). Portanto, a área de estudo do presente trabalho está inserida na Região Hidrográfica do Rio Cávado, Ave e Leça.

As bacias hidrográficas constituem um sistema natural para o ordenamento, em qual, a água, componente primordial à existência de vida humana e demais espécies, congrega junto a si, um conjunto de sistemas ambientais que caracterizam a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica. Nessa perspectiva, a bacia hidrográfica do rio Selho foi definida como área de estudo.

A bacia do rio Selho corresponde a uma sub-bacia hidrográfica que integra a bacia do rio Ave. De acordo com o relatório elaborado por Vieira; Costa e Gonçalves (2016), a bacia hidrográfica do rio Ave está localizada no Minho, no Noroeste Português. A localização geográfica da área de estudo é apresentada no mapa 1.

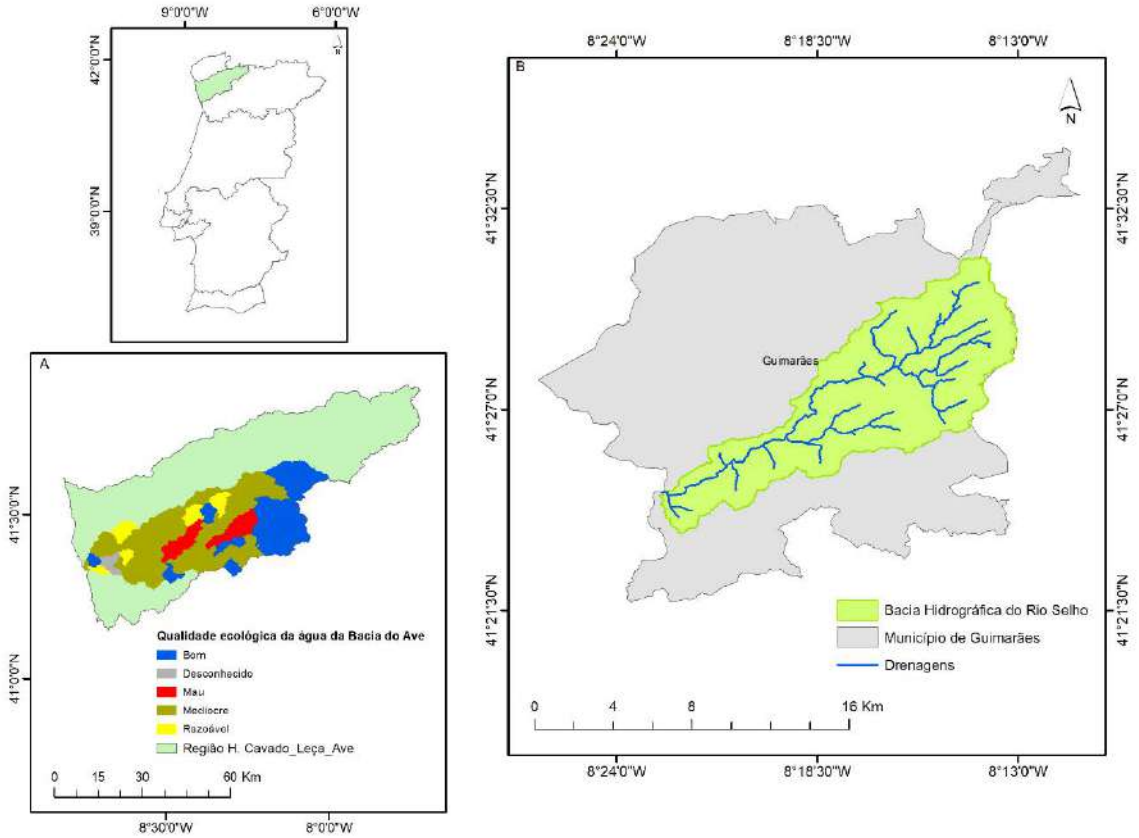


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Selho.
Fonte: Adaptado do Sistema Nacional de Informação de Ambiente
Descrição: (A) sub-bacias hidrográficas com os atuais índices de estado ecológico da água; (B) localização da bacia hidrográfica do rio Selho relativamente ao município de Guimarães.

De acordo com Costa e Gonçalves (2002), a bacia do Ave apresenta um modelo de território urbano-disperso, com o predomínio dos padrões de urbanização e industrialização difusos onde a plurifuncionalidade do uso do solo (a agricultura familiar e a indústria) se interconectam. A existência de indústrias, com destaque para a têxtil, a urbanização e as intervenções desempenhadas ao longo dos cursos de água na bacia do Ave, causam a degradação da qualidade do sistema ambiental.

Na figura 1 (A), visualizam-se os índices de qualidade ecológica das águas pertencentes às sub-bacias hidrográficas que integram a bacia do rio Ave. Dentre as classes de qualidade existentes, a que apresenta índice "Mau" remete as bacias que possuem menor qualidade ecológica da água.

A bacia do rio Selho é classificada no patamar de qualidade "Mau" (Agência Portuguesa do Ambiente, 2016).

O sistema de classificação do Estado Ecológico das massas de água é descrito na Directiva-Quadro da Água - DQA (Parlamento Europeu, 2000). O rio e suas margens são um ecossistema, e uma maneira de diagnosticar sua qualidade é precisamente através de indicadores estabelecidos metodologicamente.

Os cursos de água da bacia hidrográfica do rio Selho sofrem com problemas de qualidade da água e perda de serviços ambientais ocasionados pela forte pressão antrópica originada pelas indústrias, principalmente as têxteis, que prejudicam o estado ecológico das massas de água, reduzindo a qualidade dos serviços ambientais gerados na bacia. Todos estes problemas ambientais geram reflexos na qualidade física, química, biológica e hidromorfológica, que são os indicadores apresentados pela Directiva-Quadro da Água.

Outro elemento que justifica a área de estudo em questão é o seu índice de escassez de água. O índice de escassez permite relacionar as disponibilidades com as necessidades e assim aferir a procura em relação à oferta de forma a considerar se existe escassez em cada região hidrográfica (Portal do Estado do Ambiente de Portugal, 2021). A classificação da bacia do rio Ave, integrada pela sub-bacia do Selho, encontra-se em um índice de escassez de água de maior nível, equiparada às demais bacias da região Norte.

Considerando as questões mencionadas, o problema está associado à compreensão das causas vinculadas a má qualidade da água do rio Selho e seus afluentes, e dos fatores que induzem, ao índice de escassez da bacia ser de maior nível da região Norte de Portugal.

Para contribuir metodológica e cientificamente ao conhecimento da área de estudo, em benefício às tomadas de decisões que objetivem uma melhoria dos cursos de água e sistemas ambientais que integram os canais fluviais, o objetivo do trabalho é analisar os elementos de condição que compõem o ecossistema da bacia hidrográfica do rio Selho, nomeadamente a permeabilidade da água, a biodiversidade e as florestas, para identificar áreas de alto valor ecológico, apontando, assim, o seu uso em prol de uma gestão de prioridade à qualidade da água e diminuição do índice de escassez.

2. Metodologia

A necessidade de identificar áreas de alto valor ecológico para auxiliar na tomada de decisão em contributo à qualidade e quantidade de água na bacia do rio Selho, evidencia a preferência pela classificação *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES, 2018). Este, constitui-se em um relatório, que estabelece o quadro analítico para mapeamento e avaliação da condição do ecossistema na UE.

Com o uso do MAES, os elementos de condição do ecossistema selecionados para o estudo na bacia do Selho foram:

- As classes de usos e ocupação do solo;
- Índice de vegetação de diferença normalizada – NDVI;
- Permeabilidade potencial de água.

No elemento "classes de usos do solo", utilizou-se a base da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal - COS (DGT, 2018). Este elemento é utilizado de modo a classificar as áreas de vegetação, com apresentam maior valor ecológico na análise dos mapeamentos.

O NDVI corresponde a uma técnica de sensoriamento remoto da vegetação que representa uma ferramenta importante, pois, está associada ao índice de biodiversidade florestal. De acordo com Silva *et al* (2020), a reflectância de combinações de alvos de superfície em dois ou mais comprimentos de onda, especialmente na região do visível e infravermelho, gera medições radiométricas adimensionais chamadas índices de vegetação (VIs).

Assim, a partir do processamento visual e digital de imagens, pode extrair informações biofísicas da vegetação, podendo ser aplicadas a estudos sobre variações e dinâmicas dos ecossistemas florestais (Mallmann; Prado e Pereira Filho, 2015, p. 02). O NDVI da área de estudo foi obtido no *programa Copernicus*, coordenado e gerido pela Comissão Europeia.

A "Permeabilidade potencial de água" foi obtida no EPIC WebGIS Portugal, infraestrutura interativa de dados espaciais, que fornece cartografia georreferenciada em escala nacional, utilizando ferramentas de visualização de dados (EPIC WebGIS). A permeabilidade da água é um condicionante fundamental para o equilíbrio do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, favorecendo a capacidade hídrica da bacia e diminuindo o índice de escassez.

Seguindo o pressuposto de que a melhora das condições dos ecossistemas da bacia, as águas se beneficiam quali-quantitativamente, a definição dos elementos de condição mencionados e, por meio de uma análise multicritério, com uso da *lógica fuzzy* nos mapeamentos, tem-se resultados que trazem a realidade ecológica da bacia e as possíveis soluções enquadradas.

Para que os mapas da análise multicritério, entre os elementos de condição estabelecidos para o presente estudo estejam na mesma perspectiva de apreciação, Eastman (2003) menciona que a utilização do módulo *fuzzy* facilita a padronização dos mapas. As classes temáticas *fuzzy* se diferenciam de outros métodos, pela não definição de limites rígidos entre as classes nos mapeamentos, diminuindo assim a chance de erro.

Nesse sentido, Ferreira, Rocha *et al.* (2004 apud ABIMAEL; RÖHN; LOLLO, 2009, p. 07) definem "os conjuntos (ou classes) *fuzzy* como representações sem fronteiras (transições) abruptas, isto é, a transição entre a pertença (pertinência) e a não pertença (não pertinência) de uma localização num conjunto é gradual. Um conjunto *fuzzy* é caracterizado por uma possibilidade que varia entre 0.0 e 1.0 (ou 0 e 255), indicando um incremento contínuo da não pertença até à pertença completa".

A utilização da *lógica fuzzy* na análise das áreas com alto valor ecológico na bacia hidrográfica do rio Selho proporciona a geração de mapas com classes, seguindo limites de transição gradual de valor. A permeabilidade potencial da água foi a condicionante primordial na análise, pois o sistema hídrico quali-quantitativo está diretamente associado a este elemento. A tabela 1 descreve, com base em um total de 100% a atribuição ponderada, realizada programa ArcGIS® - ferramenta *raster calculator*.

Tabela 1 – Valor percentual atribuído à cada elemento de condição do ecossistema

Elementos de condição do ecossistema	Valor atribuído
Classes de usos e ocupação do solo	30%
Índice de vegetação de diferença normalizada – NDVI	30%
Permeabilidade potencial de água	40%

Fonte: Autores.

Assim, a proposta de avaliação da bacia do rio Selho em termos de valores ecológicos, a considerar os elementos de condição, usos do solo, dando enfase as classes florestais, ao NDVI e a permeabilidade das áreas da bacia, utilizando uma análise padronizada de valores, possibilita a veri-

ficação das áreas de importância na gestão da qualidade e quantidade da água da bacia.

Como resultados, a biodiversidade, as florestas e a permeabilidade são indicadores de um ecossistema de valor ambiental para os recursos hídricos existentes em uma bacia hidrográfica. De tal modo, na bacia do Selho estas análises representam um contributo para a gestão do solo em prol das águas.

3. Resultados e Discussão

A área da bacia do Selho é de 67,652 Km2, inserindo-se na sua quase totalidade no concelho de Guimarães. Nasce em Santa Marinha, a cerca de 3,25 Km a NNE de São Torcato, a 580 metros de altitude e tem um comprimento de 20,908km. Possui uma extensão total de 235,733 Km (COSTA, s/ano). O centro histórico do município de Guimarães é onde a ribeira de Couros perpassa e de acordo com a Câmara municipal de Guimarães "historicamente esta parcela da ribeira da Costa/Couros é o mais importante, no entanto, pela sua localização, a ribeira sempre serviu a cidade; umas vezes como local de despejo de esgotos, outras como fonte de água para a rega agrícola e para os tanques públicos".

A ribeira de Couros nasce na Serra da Penha, local atualmente em processo de criação de Área Protegida. Outra área, que também constitui a drenagem inicial da ribeira de Couros ocorre no Parque da Cidade de Guimarães. Os cursos d'água correm em direção ao centro da cidade e à medida que se aproxima desta zona, verifica-se a existência de indústrias que se foram instalando ao longo das margens, como de curtumes e as têxteis.

Após esta zona de concentração urbana, o estado da massa de água se mostra em situação de maior degradação, praticamente sem mata ciliar e com característica local voltada à agricultura. Na figura 2 observam-se pontos de amostra deste curso d'água, bem como da zona confluência da ribeira de Couros com o rio Selho.

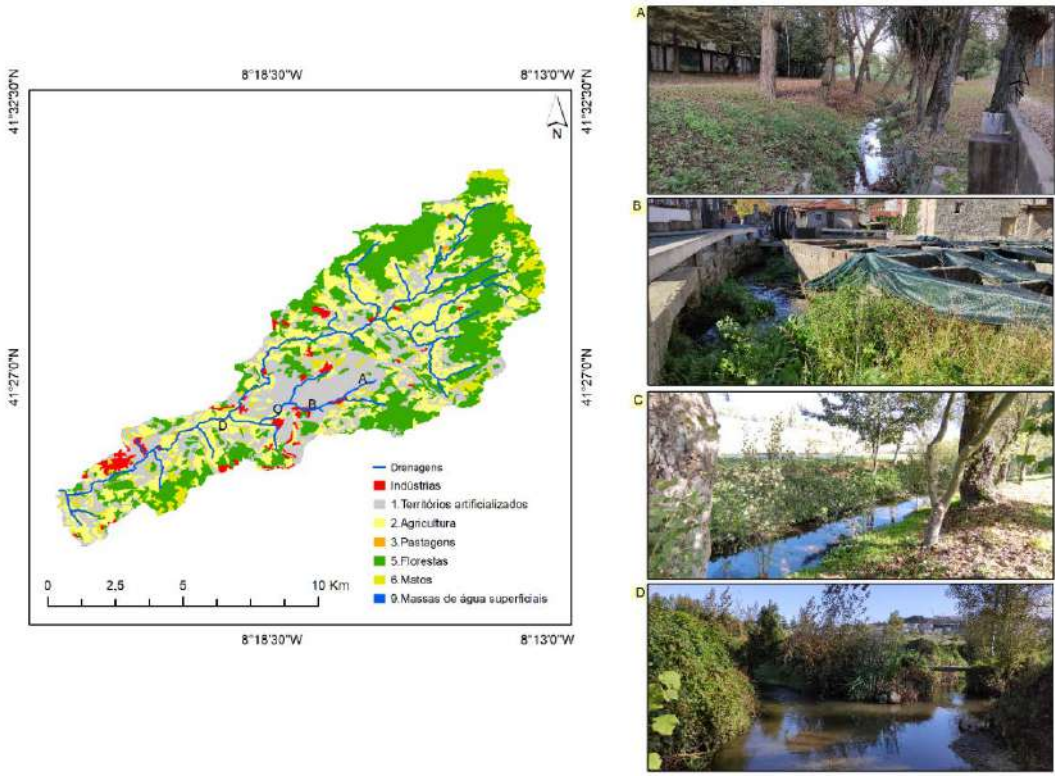


Figura 2 – Usos do solo da bacia do rio Selho com pontos de amostra.
Fonte: Adaptado da Direção Geral do Território. Fotografias: Autores, 2021.

A construção da proposta pautada na análise ambiental em prol da qualidade e quantidade dos recursos hídricos da bacia do rio Selho, devem-se as características mencionadas, pois, para além de um território municipal, o recurso hídrico possui seus limites de gestão e planejamento, os quais necessitam ser articulados em usufruto comum. É nesse sistema hídrico que, componentes naturais e socioeconômicos interagem de forma complexa e é nessa complexidade, que se busca um aperfeiçoamento da qualidade ambiental.

A qualidade ambiental integra a qualidade e quantidade hídrica de uma bacia, logo, os elementos definidos como de condição do ecossistema da bacia do rio Selho são complexos e fiáveis em termos de planejamento e gestão ambiental. A figura 3 assinala o fluxo dos elementos de condição em prol de uma qualidade e quantidade hídrica.

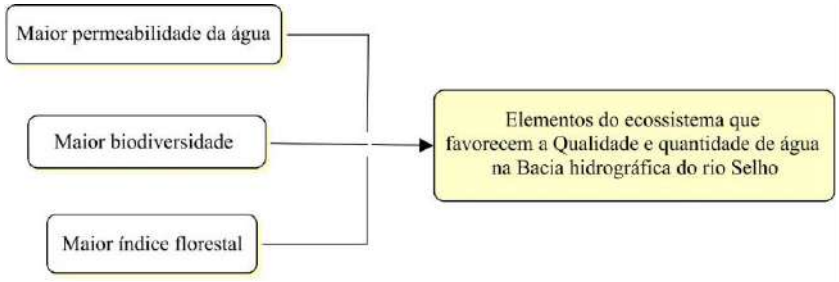


Figura 3 – Indicação dos elementos de condição para valor agregado ao ecossistema hídrico

A escolha dos elementos de condição traz à tona a discussão da necessidade de manutenção dos sistemas ambientais na sua essência e, prioritariamente, com alto valor ecológico nas zonas de nascentes. Na área de estudo, tais áreas correspondem a Serra da Penha e aos arredores do Parque da Cidade de Guimarães, as quais as condições do ecossistema deveriam estar condizentes â relevada importância hídrica que possuem.

O critério da condição do ecossistema permite avaliar a qualidade da bacia, que segue os limites de transição gradual de valor ecológico encontrado. Tais resultados remetem a um ecossistema que indica problemas, como a má qualidade das águas e maior índice de escassez, quando comparado às demais bacias hidrográficas do Norte de Portugal.

A figura 4 apresenta, por meio de 5 classes de gradação, a condição do ecossistema da bacia do Selho. O pressuposto histórico de concentração urbana e industrial ao longo das drenagens, condizem com as condições encontradas para cada zona parcelar da bacia.

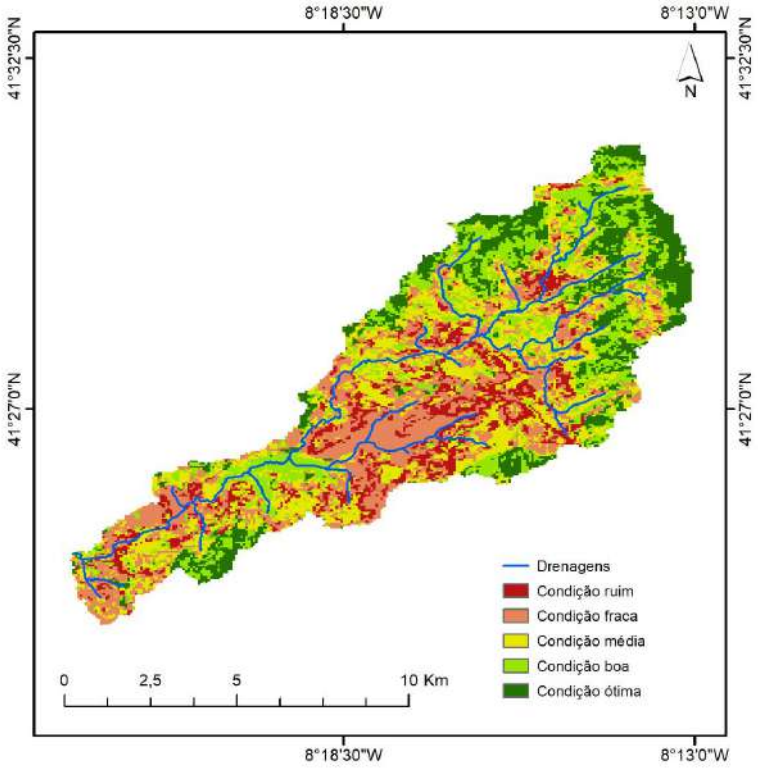


Figura 4: Mapa de condição do ecossistema da bacia hidrográfica do rio Selho.
Fonte: Elaborado pelos autores.

O centro histórico de Guimarães apresenta uma condição do ecossistema fraca, demostrando que o processo de uso das suas margens e degradação ainda não foram superados. Verifica-se que, através dos elementos selecionados, as nascentes da ribeira de Couros, na sua maioria não apre-

sentam boa condição do ecossistema, com exceção da nascente da Serra da Penha, que apresenta condição média.

A proposta concretizada, ao envolver mais de um critério de analise possibilitou uma visão da complexidade da bacia. Ao circundar elementos que põem à prova, por meio de índices que refletem as características de vegetação (COS), biodiversidade (NDVI) e permeabilidade da água (indiretamente vincula-se ao solo), o valor ecológico por zona parcelar da bacia do Selho.

A distribuição das condições dos ecossistemas apresentada na figura 4, mostra os índices graduais do valor ecológico da bacia do rio Selho. De tal modo, o valor ecológico dos ecossistemas ribeirinhos, identificados na maioria, como de fraca condição, ou seja, com baixo índice de permeabilidade, vegetação e biodiversidade, que remetem as causas mencionadas na problemática deste trabalho, que é a má qualidade ecológica da água e índice de escassez. Isso porque a fraca condição do ecossistema ribeirinho interfere no ciclo hidrológico causando um maior escoamento superficial e menor absorção dos poluentes.

Nesse sentido, a erosão dos solos se constitui em um processo vinculado a todos os elementos de condição utilizados no estudo. Considerado um processo físico de desagregação, transporte e deposição do solo, envolve direta e indiretamente distintos fatores, dentre estes, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2008), expõem-se a influência da chuva, infiltração, topografia do terreno, cobertura vegetal e natureza do solo. Ademais, o potencial erosivo dos solos pode acarretar desequilíbrio ecológico do ecossistema devido à perda de camadas de solo com valores altos de nutrientes.

A apreciação da condição área de estudo encontrada, expõe a necessidade de melhoramento das estratégias de planejamento e gestão da sub-bacia do Selho, visto que suas margens protetoras possuem um índice baixo de florestação. Para além disso, há pouca vegetação existente em áreas de nascente de drenagens, mesmo as mesmas sendo integradas nas proximidades de parques.

Assim, ao considerar no estudo, como um dos elementos de condição do ecossistema, a permeabilidade da água na bacia, ressalta-se que, o escoamento superficial é maior quando a permeabilidade tem o índice muito baixo. Este escoamento, em zonas de maior suscetibilidade ao risco, aumenta a possibilidade de ocorrência de deslizamento de encostas, assoreamento dos rios e diminuição da água armazenada no solo e

subsolo que possam vir a auxiliar nos períodos de estiagem. Esta falta de área para armazenamento da água, configura o índice de escassez da água da bacia do Selho.

Entretanto, a bacia possui parcelas de alto valor ecológico encontradas, que se localizam na porção superior da bacia. Tais áreas têm importância no planejamento e gestão territorial em prol da qualidade e quantidade da água, mas, avalia-se que a parcela central da bacia ainda possui maior interferência nos índices de qualidade e quantidade de água, pois perpassa o centro de Guimarães e de zonas com baixa condição do ecossistema, por consequência, de baixo valor ecológico.

Nesse contexto, a abordagem utilizada mostrou que para existir uma condição do ecossistema na bacia ótima ou boa, intervenções são necessárias. Tais devem estar pautadas em estratégias de melhoramento dos usos do solo, incentivando a florestação em áreas de margens de rios ou nascentes, com estímulo a espécies autóctones para que o sistema ambiental opere de forma a minimizar a erosão do solo e permitir a infiltração da água. Nesse aspecto que o estudo visa contribuir, para uma análise territorial em prol da qualidade e quantidade de água na bacia hidrográfica do rio Selho.

4. Considerações Finais

A proposta de avaliação dos elementos de condição do ecossistema, com base nos indicadores selecionados por meio do MAES (2018), contribuiu para emergir discussões acerca de problemas ambientais vinculados à qualidade e da quantidade da água. A bacia do rio Selho possui historicamente problemas ambientais associados aos seus corpos hídricos, estes que perfazem às demandas urbana e industrial.

O mapeamento final apresenta uma distribuição diferenciada da condição do ecossistema da bacia, sendo na porção superior da bacia com uma qualidade maior e, a medida que chega a porção média e baixa da bacia, a qualidade diminui. Isso ocorre pela configuração urbano-disperso da bacia e também pelos usos do solo existentes, o qual ao curso baixo do rio Selho, caracteriza-se também zonas agricultáveis.

O estado ecológico da água e o índice de escassez da bacia são justificáveis após o resultado deste trabalho. Os valores de condição encontrados,

associados as características urbano-industriais, contribuem para os baixos índices da qualidade da água. Neste contexto, o presente estudo vem a somar para que estratégias de planejamento sejam promovidas a fim de melhorar a qualidade e quantidade da água da bacia do rio Selho, dando visão ao estudo realizado.

5. Referências

ABIMAEL; C. J.; RÖHM, S. A.; LOLLO, J. A. de. Mapeamento com uso de análise multicritério e lógica fuzzy como subsídio ao planejamento urbano e regional. *In:* XII Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Nuevastecnologias/Cartografiatematica/14.pdf. Acesso em: 20.02. 2016.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE - APA. **Rede de estações de qualidade das águas superficiais.** Lisboa, 2016. Disponível em: https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/shpzips/snirh_qualsup_vw.zip. Acesso em: 20 out. 2021.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE - APA. planeamento. Disponível em: https://apambiente.pt/residuos/planeamento. Acesso em: 26 out. 2021.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BRASIL.**Lei nº. 9.433,** de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] Presidência da República: Casa Civil, Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=legislacao.index&tipo=4&pag=2&>. Acesso em: 14 mai. 2010.

COPERNICUS. Europe's eyes on Earth. **Normalized Difference Vegetation Index**. Disponível em: https://www.copernicus.eu/en. Acesso em 10 out. 2021.

COSTA, F. DA S.; GONÇALVES, A. J. B. Contributo para uma geografia do Ave ou um modelo territorial historicamente construído a (re)pensar. **III Congresso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Água.** Universidade do Minho. Sevilha, 11 p., 2002.

DIREÇÃO-GERAL DO TERRITÓRIO. COS2018. Disponível em: https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/search?anysnig=cos&fast=index. Acesso em: 20 set. 2021.

DIRECTIVA 2000/60/CE do **Parlamento Europeu** e do Conselho, de 23 de outubro de 2000 (DQA – Directiva-Quadro da Água). Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

EASTMAN, J. R. IDRISI Kilimanjaro: Guide to GIS and Image Processing. Worcester, MA: Clark University, 2003.

EPIC WEBGIS Portugal. **Planejamento ecológico, investigação e cartografia**. Disponível em: http://epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt/. Acesso em: 04 mai. 2020.

MAES J, *et al.* **Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services:** An analytical framework for ecosystem condition. Publications office of the European Union, Luxembourg, 2018.

MALLMANN, C. L.; PRADO, D. A.; PEREIRA FILHO, W. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, Estado do Rio Grande do Sul - Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 8, n. 5. p. 1454- 1469, 2015.

MUNICÍPIO DE GUIMARÃEs. Revitalização e Valorização da Ribeira da Costa/Couros. Disponível em: https://www.cm-guimaraes.pt. Acesso em: 21 out. 2021.

PORTAL DO ESTADO DO AMBIENTE DE PORTUGAL - REA. **Água: disponibilidades de águas superficiais e subterrâneas.** Disponível em: https://rea.apambiente.pt/content/disponibilidades-de-%C3%A1guas-superficiais-e-subterr%C3%A2neas. Acesso em: 21 out. 2021.

SILVA, V. S. da *et al*. Methodological evaluation of vegetation indexes in land use and land cover (LULC) classification, Geology, Ecology, and Landscapes, 4:2, 159-169, 2020. DOI: 10.1080/24749508.2019.1608409.

PRIOS - **Projecto de Reabilitação do Rio Selho:** um exemplo de intervenção na zona urbana de Guimarães. Francisco da Silva Costa. Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho, sem ano.

VIEIRA, A. A. B.; COSTA, F. DA S.; GONÇALVES, A. J. B. **Caraterização e análise geográfica dos cursos de água do município de Guimarães**. Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT-UMinho). Departamento de Geografia Universidade do Minho, 2016.

Valoração dos Atributos Ambientais da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu no Município de Manaus, AM

Solange Batista Damasceno[1]
Francisco Emerson Vale Costa[2]
Daniel Araújo Sombra Soares[3]
Maria Olívia de A. Ribeiro Simão[4]

Resumo: A cidade de Manaus possui vários mananciais de água suscetíveis à poluição, cabendo destaque ao rio Tarumã-Açu, uma das quatro grandes bacias hidrográficas da cidade. É indispensável a utilização da água do Tarumã-Açu para as mais diversas atividades de consumo, porém, sua utilização de forma inadequada para diluição de efluentes *in natura* pode comprometer praticamente para todos os seus usos diretos, destacando: abastecimento público, irrigação, dessedentação animal, recreação e outros. Alguns problemas de usos múltiplos da água já são observados na bacia, especialmente pela condição de poluição ambiental. Dessa maneira, surge a necessidade de reconhecer, por meio de seus atributos ambientais uma estimativa de valoração econômica desta bacia hidrográfica, onde haverá a possibilidade de se precificar os atributos ambientais conservados nesta área e obter um valor estimado para subsidiar o poder público na recomposição ambiental de suas características anteriores ao dano causado ao ambiente. Este trabalho tem como objetivo estimar valor econômico dos atributos ambientais da bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, Município de Manaus (AM) por intermédio do Preço Público Padrão (PP) do Abastecimento público na Região Metropolitana de Manaus estabelecido na legislação de gestão de recursos hídricos do Amazonas. A partir deste parâmento estimado podem ser extrapolados outros valores à serem avaliados por seus atributos e especificidades conforme a necessidade dos órgãos de comando e controle da gestão pública.

Palavras-chave: Valoração Ambiental, Rio Tarumã-Açu, Usos Múltiplos da Água.

1 UFAM - bio.solange@yahoo.com.br.

2 UEPA - emersonnvale@uepa.br.

3 UFPA – dsombra@ufpa.br.

4 UFAM - mariaolivia@ufam.edu.br.

Abstract: At the city of Manaus there are several water springs susceptible to pollution, with emphasis on the Tarumã-Açu River, that is one of the four major watersheds of the city. It is indispensable the use of Tarumã-Açu waters for the most diverse consumption activities, but its improper use for dilution of effluents in natura can compromise practically for all its direct uses, highlighting public supply, irrigation, animal desnation, recreation and others. Some problems of multiple uses of water are already observed in the basin, especially due to the condition of environmental pollution. Thus, there is a need to recognize, through its environmental attributes, an estimate of the economic value of this watershed, where there will be the possibility to price environmental attributes preserved in this area and obtain an estimated value to subsidize subsidize public authorities in the environmental restoration of its characteristics prior to the damage caused to the environment. This work aims to estimate the economic value of the environmental attributes of the Tarumã-Açu hydrographic basin, Manaus Municipality (State of Amazonas, Brazil) through the Standard Public Price (PP) of public supply in the Metropolitan Region of Manaus established in the legislation of water resources management of amazonas. From this estimated parâmento, other values can be extrapolated to be evaluated for their attributes and specificities according to the need of the organs of command and control of public management. through the Standard Public Price (PP) of public supply in the Metropolitan Region of Manaus established in the legislation of water resources management of amazonas. From this estimated parâmento, other values can be extrapolated to be evaluated for their attributes and specificities according to the need of the organs of command and control of public management.

Keywords: Environmental Assessment, Tarumã-Açu River, Multiple Uses of Water.

1. Introdução

O município de Manaus, capital do Estado do Amazonas, possui uma área física de 11.401 km², com uma população estimada para o ano de 2018 de 2.145.444 pessoas e Índice de Desenvolvimento Humano de 0,709 (IBGE, 2019).

A área de drenagem urbana de Manaus é formada por quatro bacias hidrográficas, sendo duas na área central da cidade, bacias do Rio São Raimundo e do Rio Educandos, e duas nas áreas periurbanas da cidade, bacias do Rio Tarumã-Açu e Rio Puraquequara. Sendo a bacia do Tarumã-Açu o limite da cidade pela parte ocidental e a do Puraquequara o limte oriental (VIEIRA, BRITO; TEIXEIRA, 2012).

De acordo com Vieira, Brito e Teixeira (2012), devido à pressão demográfica, centenas de moradias na cidade de Manaus estão localizadas em faixas marginais dos cursos d'água, consideradas como Área de Preservação Permanente (APP). Em função da ação antrópica em decorrência do descarte inadequado dos efluentes nos corpos hídricos e de outros fatores, vem ocorrendo o comprometimento da quantidade disponível e da qualidade das águas nas bacias urbanas de Manaus.

No que se refere à Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu (doravante BHTA), a mesma constitui uma importante unidade de paisagem no seu baixo curso, e nas proximidades da zona urbana da capital. A mudança na paisagem é bem notável, em função da ocupação humana e da expansão de suas atividades. Essas mudanças estão diretamente relacionadas à velocidade e ao seu grau de ocupação dos espaços, excepcionalmente ao uso do solo, propriamente dito (COSTA; BORDALO, 2010).

Sendo a BHTA um dos principais mananciais de água do município de Manaus é indispensável a utilização da água de forma natural e de boa qualidade para os diversos usos, dentre eles: consumo humano, recreação, irrigação e dessedentação de animais. Alguns problemas com relação aos usos múltiplos da água já são observados na bacia. Parte do abastecimento público de água é realizado pela de explotação das águas subterrâneas na BHTA por meio de poços profundos, mas também do usufruto de águas dos igarapés de pequenos e médio portes para o consumo humano e dessedentação animal (DAMASCENO, 2018).

Dessa maneira, surge a necessidade de se reconhecer, por meio de atributos ambientais um estudo de valoração econômica da BHTA no intutito de referenciar cada ativo ambiental, possibilitando, com isso, uma melhor utilização no que se refere à sustentabilidade da região.

2. Desenvolvimento

2.1. Valor da água como Recurso Natural Ambiental

A valoração é mensurada através dos métodos de preferências dos indivíduos sobre as alterações em seu ambiente (PEARCE, 1993). Visto que as indústrias em seus processos produtivos são dependentes dos recursos

naturais, faz-se necessário emitir um valor ao bem natural, pois pelo fato do aumento demográfico e maior expectativa de vida das pessoas a degradação dos recursos ambientais se intensificaram no último século.

Segundo Vianna *et al.* (1994), são as distintas formas de se relacionar economicamente com o ambiente que caracterizam a transformação da natureza em recursos naturais.

Rebouças (2001) afirma que a água não é como os demais recursos naturais do Planeta, nem somente uma matéria-prima, mas um bem ambiental que pode ser valorado como um bem econômico. É a única matéria-prima ambiental cuja utilização tem um efeito de retorno sobre o manancial utilizado. Portanto, o conjunto das águas de forma geral, de chuva, dos rios, as águas subterrâneas e as águas de reuso não potável, nas indústrias e na agricultura, deve ser considerado como bem valorado, em função de sua utilidade, benefícios, disponibilidade e acesso com qualidade.

O cálculo dos valores dos bens ambientais são indispensáveis quando se trata de pesquisas técnicas e formulação de políticas públicas, pois os recursos naturais desempenham funções importantes como matérias-primas para o desenvolvimento econômico, serviços de capacidade de suporte de ecossistemas, assimilação de resíduos do processo de produção e consumo, regulação climática e biodiversidade (ALMEIDA, 1998).

O preço dos recursos ambientais podem ser reconhecidos no mercado, a partir do valor econômico existente, alterando assim o nível de produção e consumo (bem-estar) da sociedade (MOTTA, 1997).

A água é uma matéria-prima de difícil valoração como “ativo natural” por ser muito grande a sua utilidade e não haver substituto para a maioria de seus usos (REBOUÇAS, 2001). Além disso, os seus valores de mercado são geralmente muito baixos, mesmo se os produtos dela derivados alcancem altos valores de venda, como os produtos industriais. Por isso, a maior parte da água utilizada em todos os países do mundo ainda é considerada um bem livre, ou seja, seu valor financeiro implícito não faz parte das planilhas de custos dos projetos de abastecimento público, industrial ou agrícola.

2.2. O Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA)

Os recursos ambientais por serem de natureza pública, de livre acesso às pessoas e sem preço definido no mercado terminam por ser utilizados, por grande parte dos agentes sociais, de forma abusiva, inconsciente e descontrolada. Isso permite que os agentes não internalizem em suas

obrigações os custos sociais ambientais, possibilitando o surgimento de externalidades negativas para a população (MAIA, 2002).

O conceito econômico de externalidade, que se refere à ação de determinado sistema de produção sobre outros sistemas externos, torna-se importante na compreensão da interiorização dos custos ambientais a serem mensurados. Externalidades negativas: quando a atividade de um agente econômico afeta negativamente o bem-estar ou a rentabilidade (custos) de outro agente e não há nenhum mecanismo de mercado que faça que este último seja compensado por isso. Assim, a externalidade negativa significa que o custo social (pago pela sociedade) do bem ultrapassa seu custo privado (pago pelo produtor e consumidores). Externalidades positivas: quando a atividade de um agente econômico afeta positivamente o bem-estar ou a rentabilidade (benefícios) de outro agente. Assim, externalidades ocorrem quando os custos e benefícios sociais de uma atividade não vão apenas para os que produzem um bem ou serviço, isto é, a externalidade positiva significa que o benefício social do bem excede seu benefício privado.

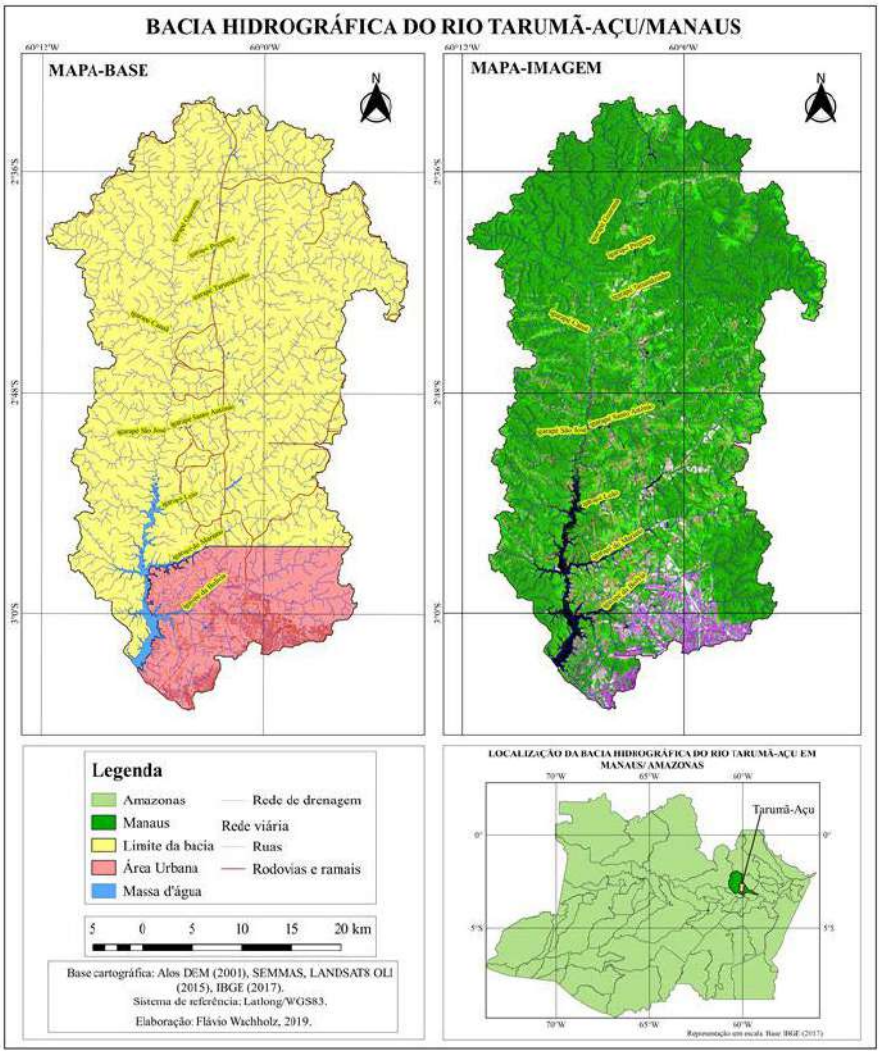
Segundo Motta (1997), é comum na literatura se desagregar o valor econômico do recurso ambiental (VERA) em valor de uso (VU) e valor de não uso (VNU). Valores de uso podem ser, por sua vez, desagregados em: *a*) Valor de Uso Direto (VUD), quando o indivíduo se utiliza atualmente de um recurso, por exemplo, na forma de extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto; *b*) Valor de Uso Indireto (VUI), quando o benefício atual do recurso deriva das funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a proteção do solo e a estabilidade climática decorrente da preservação das florestas; e, *c*) Valor de Opção (VO), quando o indivíduo atribui valor em usos direto e indireto que poderão ser optados em futuro próximo e cuja preservação pode ser ameaçada. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais ainda não descobertas de plantas em florestas tropicais. Valor de não uso (ou valor passivo) representa o valor de existência (VE) que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo. Portanto, o valor econômico total de um recurso natural é representado pela Equação 1: VERA = VU + VO + VNU (1) Em que: VERA = valor econômico do recurso ambiental; VU = valor de uso; VO = valor de opção; VNU = valor de não uso.

3. Metodologia

3.1. Área de Estudo

A BHTA está situada nas zonas oeste e norte do Município de Manaus, sendo seu curso principal um afluente da margem esquerda do Rio Negro, e possui uma área de drenagem de 1.353,271 km² classificada como de tamanho grande, pois apresenta área superior a 1.000 km². Seu perímetro é de 229.122 km, o comprimento do canal principal é de 42.105 km, o comprimento vetorial do canal principal é de 37.612 km e o comprimento total dos canais da bacia é de 1.065,387 km. Considera-se também que essa bacia tem pouca tendência a enchentes, devido à sua forma mais alongada e maior área (COSTA; SILVA; SILVA, 2013), figura 1.

Figura 1: Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu



Fonte: MAIA, S. A.; FERREIRA JÚNIOR, J. C.; WACHHOLZ, F.; COLARES, I. S., 2019.

A BHTA, devido à proximidade e ao acesso à área urbana de Manaus, bem como a quantidade de área disponível para expansão, vem sofrendo alterações quanto ao uso e cobertura do solo, comprometendo assim a sobrevida desta bacia no que concerne a qualidade de suas águas (DAMASCENO, 2018).

De acordo com PRODES/INPE (2017) e Damasceno (2018), as alterações ao longo da datação de 1998 a 2017 quanto ao desmatamento pode-se observar um acumulado de aproximadamente 27 km de abertura de ramais em 2000 e mais de 33 km em 2016, figura 2.

Figura 2 - Desmatamento na Bacia do Tarumã-Açu, 1998 a 2017

Fonte: PRODES/INPE, 2017; DAMASCENO, 2018.

Segundo Green (1994), as implicações das mudanças no uso e cobertura da terra ocorrem em função do contexto social, econômico, político e ecológico da região em que se encontram. Estas implicações promovem uma série de impactos em diversas escalas. E o desmatamento na BHTA é um dos fatores de grandes proporções que impactam diretamente os corpos hídricos, em função do carreamento de sedimento para o leito principal, tanto do canal principal do rio como dos igarapés afluentes.

Dentre os impactos causados podem-se relacionar os referentes à perda da biodiversidade e aos danos sociais, provocados por ação antrópica ou pela natureza com potencial de mudança da paisagem em um determinado espaço de tempo (WALKER, 2004).

Segundo Vasconcelos (2015) e Damasceno (2018), a minimização dos impactos ambientais na BHTA está condicionada a critérios de planejamento e gestão ambiental que devem estar contidos no Plano de Gestão da bacia. O aperfeiçoamento deste documento é uma das formas de contribuir para o gerenciamento e conservação ambiental na bacia em questão.

3.2. Método de Valoração Econômica Ambiental

Para que se obtenha valores econômicos ambientais dos recursos naturais, se faz necessário o emprego de metodologias disponíveis, baseadas na literatura existente. Neste trabalho se busca pontuar os principais métodos empregados na estimativa de valor dos recursos ambientais, distinguindo-se pela forma e tipo de obtenção dos dados. Os métodos de valoração econômica ambiental fazem parte da microeconomia do bem-estar. Sendo necessários na determinação dos custos e benefícios sociais, quando as decisões de investimentos públicos comprometem o consumo da população e o seu nível de satisfação (MOTTA, 2006). Não é comum transformar dados ambientais em dados econômicos com a intensão de permitir o cálculo dos valores atribuídos a estes atribuídos (MOTTA, 2006).

De acordo com Tafuri (2008), há necessidade de ferramentas práticas, como relata para a determinação do valor de áreas naturais, considerando que funções ambientais são determinadas pela capacidade do meio ambiente de fornecer bens e serviços capazes de satisfazerem as necessidades humanas.

Os métodos de valoração econômica ambiental possuem distintas taxonomias em diferentes visões de diversos autores, e, assim, não há uma classificação totalmente aceita ou finalística. Uma das formas mais usuais encontradas nas publicações são formadas por uma classificação a qual considera a forma com que os dados são obtidos e os separa em métodos diretos e indiretos (RIERA *et al*., 2005), como por exemplo:

a. Método diretos ou de preferência declarada: É associado a obtenção da predileção dos agentes econômicos com foco no estudo, por meio de consulta direta a eles;

b. Método indireto ou de preferência revelada: É baseado no referencial aos preços observáveis no mercado de bens. Tendo em vista o tipo de obtenção dos dados, os métodos de valoração econômica ambiental dos recursos naturais poderão ser analisados sob a ótica da oferta e demanda. Sendo pontuados em quanto os usuários estariam dispostos a pagar pelos serviços ambientais prestados pelos recursos ambientais. Este método é baseado na ótica da demanda ou na função de demanda. O custo destes recursos quando considerados como insumo de produção de outros bens ou serviços pode ser considerado como ótica da oferta em função da produção.

c. Método de função de produção: É baseado na forma de utilização dos recursos ambientais, mesurando os recursos ambientais pela sua contribuição como insumo na produção de outros bens ou serviços.

d. Método de função de demanda: É baseado na disposição do indivíduo a pagar ou aceitar, por meio de variações em sua disponibilidade e/ou qualidade do bem ambiental.

Os métodos de função de produção se subidividem em: método da produtividade marginal e método de mercado de bens substitutos, este último captado pelos custos evitados, custos de controle, custos de reposição e custos de oportunidade.

Já os métodos de função de demanda são distinguidos em método da valoração contingente e métodos de mercado de bens complementares, por meio de preços hedônicos e custo de viagem. A escolha metodológica do método a ser utilizado dependerá do valor econômico que o recurso ambiental receberá. Logo, é primordial se pontuar qual valor econômico estará agregado ao uso deste recurso. A partir dos métodos expostos se definiu a metodologia mais indicada a ser utilizada por uso do recurso ambiental de recursos hídricos, onde foram observados os principais tipos de uso destes, relacionando-os com os procedimentos mais coerentes para estimar valor a cada atributo ambiental da BHTA.

3.3. Atributos de valoração dos recursos hídricos

Os recursos hídricos, enquanto recurso ambiental, possuem valores intrínsecos aos benefícios gerados por estes, os quais estão estritamente relacionados ao seu tipo de uso. Neste sentido, mostramos os principais usos dos recursos hídricos, separando-os em valores de uso e não uso, quadro 1.

Quadro 1 - Atributos de valoração dos recursos hídricos

Atributo de Uso Direto	Atributo de Uso Indireto	Atributo opcional
- Transporte e navegação - Esporte e lazer - Pescaria - Paisagismo - Criação de peixe em canal de igarapé - Abastecimento doméstico - Balneabilidade - Ecoturismo	- Via de deslocamento inter bacias e comunidades rurais e capital - Descontração, qualidade de vida, sensação de bem estar - Satisfação alimentar - Melhora do clima e ambientação e stress - Aumento da renda, alimento disponível com mais facilidade - Disponibilidade de água para consumo humano e dessedentação animal - Conforto térmico - Qualidade de vida	- Potenciais usos futuros de forma direta ou indireta - Conservação de animais da fauna silvestre aquática - Usufruto de crédito de carbono pela conservação da floresta alagada ou de igapó conservada - Contemplação do rio como beleza cênica
Atributo a não ser usado		
Herança genética dos espécimes da biota aquática Diversidade sociocultural religiosa Poder de regeneração das áreas de nascentes		

Fonte: Damasceno (2021); Adaptado de Eiras (2019).

A partir dos atributos ambientais elencados no quadro 1, para se tornar possível a valoração econômica dos recursos hídricos, é preciso antes aclarar a definição do uso ou não uso de uma metodologia para valorar a BHTA.

Somente com isto, pode-se determinar a metodologia de valoração econômica provavelmente mais indicada de valores econômicos aos atributos ambientais desta bacia. Como o objetivo deste trabalho é obter um valor econômico dos atributos ambientais da BHTA, utilizou-se como insumo o Preço Público Padrão (PP) para cobrança pelo uso da água na Região Metropolitana de Manaus (RMM), por entender que todos os atributos ambientais elencados no Quadro 1, estão direto ou indiretamente ligados ao contexto dos recursos hídricos desta Bacia hidrográfica.

4. Procedimentos Metodológicos

Para realizar este trabalho delimitou-se a tipificação da pesquisa, em seguida foram explorados e executados os procedimentos metodológicos com intuito da obtenção do valor dos recursos hídricos como insumo de valoração dos atributos ambientais da BHTA.

4.1. Tipificação da pesquisa

A tipificação da pesquisa é voltada para precisar a taxonomia desta investigação sob os aspectos de sua natureza, forma de abordagem do problema proposto, seus fins, seus meios e o método empregado. Esta pesquisa quanto a sua natureza é de caráter aplicado, sendo assim, o pesquisador é movido pela necessidade de conhecer para a aplicação rápida dos resultados, contribuindo para fins práticos (BARROS; LEHFELD, 2007; VERGARA, 1991). Quanto à forma de abordagem do problema, esta pesquisa se caracteriza por utilizar procedimentos quantitativos, pois se deseja traduzir em números, opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, recorrendo a ferramentas estatísticas (GERHARDT; SILVEIRA, 2009; SANTOS, 2004). Do ponto de vista de seus objetivos, como aborda Gil (2002), é uma pesquisa de cunho descritivo voltada a retratar determinado fenômeno e estabelecer relação entre variáveis. Quanto aos meios de investigação, considerando que se trata de atributos ambientais de uma bacia hidrográfica sob a ótica de seu valor econômico, valendo-se de informações coletadas junto à pesquisa acadêmica que levantou os dados e estar se utilizando oito atributos ambientais direto ou indiretamente ligados ao contexto dos recursos hídricos como insumo para valorar a BHTA.

A tentativa de utilizar o Preço Público Padrão da água para cobrança pelo uso da água na Região Metropolitana de Manaus foi pela simplicidade técnica e gerencial que o estudo adotou, mas se recomenda a implementação gradual de todas as diferenciações e especificidades que um estudo de valoração requer.

5. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos da valoração da bacia a partir dos atributos ambientais elencados neste trabalho, obteve como desfecho as seguintes etapas:

Etapa 1: Definiu-se que o serviço ecossistêmico a ser valorado seria a bacia hidrográfica a partir de seus atributos ambientais que estão direta ou indiretamente ligados ao contexto dos recursos hídricos. Englobando os atributos de uso direto, como: transporte e navegação, esporte e lazer, pescaria, paisagismo, criação de peixe em canal de igarapé, abastecimento doméstico, balneabilidade e ecoturismo. Os recursos hídricos quando são utilizados para o usufruto público possuem Valor de Uso Direto

(VUD). Sendo assim, a melhor metodologia a ser empregada foi pontuado pelo método produtividade marginal, por se querer obter o valor da bacia sob a forma de insumos produtivos.

E em função de se atribuir valor econômico aos atributos ambientais para que se chegue à valoração da BHTA, se obteve como parâmetro os valores elencados na Lei 3.167 de 28 de agosto de 2007 de Recursos Hídricos do Estado do Amazonas (AMAZONAS, 2007), onde são previstos o Preço Público Padrão para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, quadro 2.

Quadro 2 - Preço Público Padrão da água para cobrança no AM

ANEXO ÚNICO

TIPO DE EMPREENDIMENTO	PREÇO PÚBLICO PADRÃO (PP)
Abastecimento público na região metropolitana	0.0200
Abastecimento público, nas demais regiões do interior do Estado	0,0100
Piscicultura em tanques escavados	0,0030
Piscicultura em tanques rede	0,0060
Piscicultura em canal de igarapé	0,0120
Piscicultura em barragem	0,0240
Irrigação com consumo de 1.500 m3/mês até 5.999 m3/mês	0,0010
Irrigação com consumo de 6.000 m3/mês até 11.999 m3/mês	0,0020
Irrigação com consumo de 12.000 m3/mês até 19.999 m3/mês	0,0025
Irrigação com consumo de 20.000 m3/mês até 49.999 m3/mês	0,0030

Fonte: Gov. do Estado do AM - Lei 3.167, 2007.

De acordo com o que prescreve a Lei 3.167/2007 de gestão de recursos hídricos do Amazonas, no seu Art. 24, diz que a cobrança pelo uso de recursos hídricos e suas respectivas aplicações devem portanto ter os seguintes objetivos:

> I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu valor;
>
> II - incentivar a racionalização do uso da água;
>
> III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos;
>
> IV - promover o gerenciamento das bacias hidrográficas onde foram arrecadados os recursos financeiros;
>
> V – manter e melhorar as condições de qualidade dos corpos hídricos da bacia.

A partir deste entendimento da lei, adotamos como parâmetro de valoração ambiental para a BHTA o Preço Público Padrão do Abastecimento Público na Região Metropolitana de Manaus, por considerar que a BHTA é uma área geográfica do município de Manaus, por conseguinte está na região metropolitana, Quadro 2. A partir deste parâmetro podem ser extrapolados outros valores à serem avaliados por seus atributos e especificidades.

Se considerarmos que cada um dos atributos da BHTA possui um valor econômico e atribuirmos a ele o valor estabelecido pela cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado do Amazonas, entendemos que poderemos estimar o valor de usufrututo pelo bem natural desta bacia, Quadro 3.

Quadro 3 – Quantidade de ha por atributo Ambiental

Atributos	Quant. de Área (ha)
Transporte e navegação	145
Esporte e lazer	180
Pescaria	130
Paisagismo	308
Criação de peixe em canal de igarapé	118
Abastecimento doméstico	210
Balneabilidade	150
Ecoturismo	112
Total	1.353

Fonte: DAMASCENO (2021).

A divisão geográfica da BHTA por hectare se deu em função do grau de importância atribuído a cada atributo, no qual estimamos possuir mediante os cenários presentes na área e vocação comercial da Região Metropolitana de Manaus.

No quadro 4, mostra que o valor comercial estimado aos atributos ambientais se deu em função do quantitativo de área da bacia, *versus* o valor do PP estimado na Lei 3.167/2007, onde prevê valor de cobrança pelo uso do recurso, no qual gerou o valor comercial total estimado da BHTA.

Quadro 4 – Valor comercial estimado aos atributos ambientais a bacia do Tarumã-Açu

Atributos	Área geográfica total da bacia (km²)	Quantitativo de Área por Atributos (km²)	Valor comercial atribuído em R$	Valor comercial total (km²)
-Transporte e navegação	1.353,271 km²	14.500	0,0200	4.250.000,00
- Esporte e lazer		18.000		5.220.000,00
- Pescaria		13.000		3.770.000,00
- Paisagismo		30.800		8.920.000,00
- Criação de peixe em canal de igarapé		11.800		3.422.000,00
-Abastecimento doméstico				6.090.000,00
- Balneabilidade		21.000		4.350.000,00
- Ecoturismo		15.000		3.248.000,00
		11.200		
TOTAL				R$ 39.237.000,00
	Atributo a não ser usado			
	- Herança genética dos espécimes da biota aquática - Diversidade sociocultural religiosa - Poder de regeneração das áreas de nascentes			Valor inestimável para este trabalho

Fonte: Damasceno (2021).

Os atributos de cunho genético, sociocultural e de regeneração de nascentes não foi atribuído valor comercial neste trabalho, por se tratar de temas que revelam valores de serviços ecossistêmicos que envolvem direta e indiretamente a água que, por muitas vezes, estão fora do âmbito de transações de mercado.

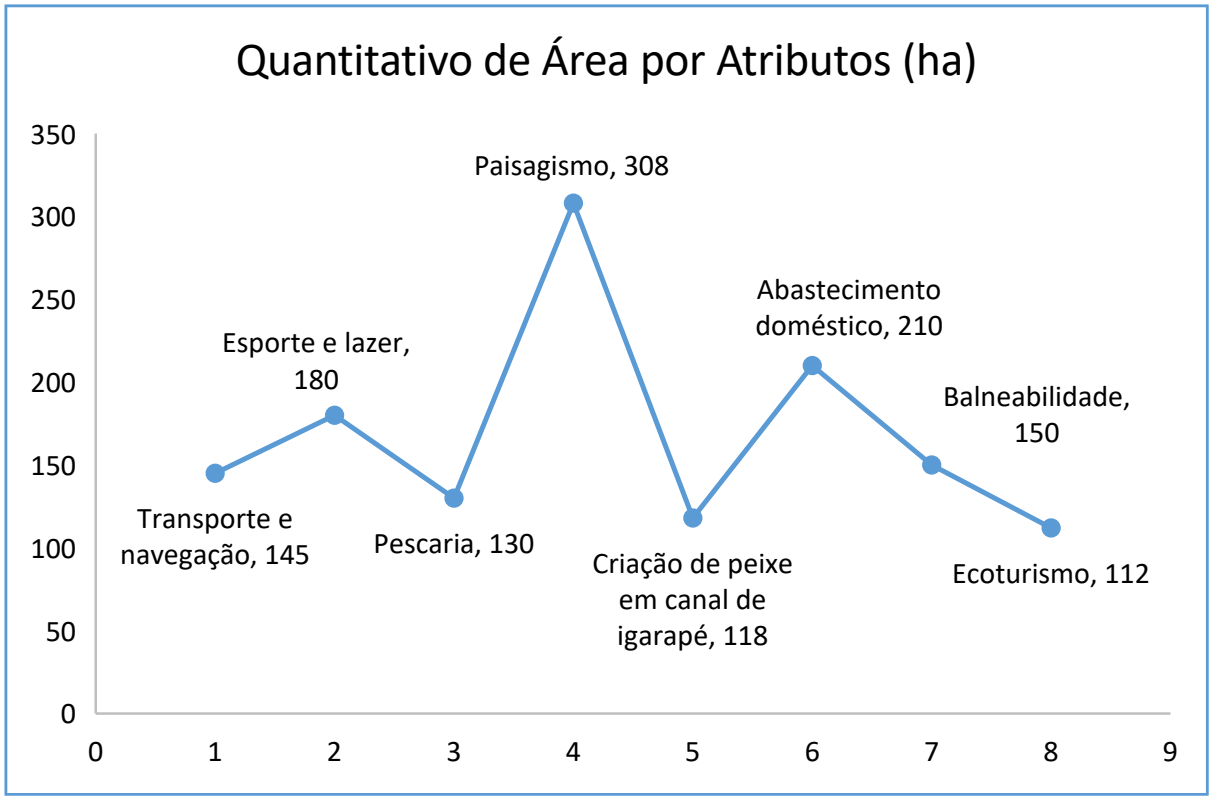
6. Conclusão

O trabalho que obteve como estimativa de valoração ambiental da BHTA o valor de R$ 39.237.000,00 milhões de reais, os quais os atributos ambientais da bacia podem servir como parâmetros para o Poder Público es-

tadual estabelecer medidas mitigadoras para recomposição de impactos ambientais pela perda ocasionada por degradação há qualquer um destes atributos expostos à condições contrária ao que prescreve na legislação vigente para um ambiente economicamente sustentável.

Em si tratando do gráfico 1, observou-se que o atributo paisagismo se destacou como o índice maior em quantidade de área geográfica entre os demais. Como neste trabalho se utilizou apenas um valor comercial (PP) como parâmetro para se estimar valor a bacia, podemos inferir que quando utilizado outros valores para composição de valoração para a BHTA, poderão surgir outros valores, cabendo investigação posteriores.

Gráfico 1 – Diferença entre os atributos ambientais pela quantidade de área (há)



Fonte: Damasceno (2021).

Apesar dos atributos ambientais, abastecimento doméstico, esporte e lazer e baneabilidade estarem com área geográfica menor e consequentemente com o valor comercial também, o grau de importância destes não é desprezível, visto que os serviços ambientais prestados por estes atributos possui alto valor ecossistêmico.

7. Considerações Finais

Para que seja finalizada as indagações acerca do referido trabalho, faz-se necessário a colocação de algumas considerações com a finalidade de se apresentar possíveis estudos futuros e prováveis melhorias na atribuição de valor comercial aos atributos ambientais para a BHTA.

Desta forma, como o órgão ambiental operador de comando e controle do Estado, possui a função de cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Amazonas, torna-se possível a realização de estimativa do valor econômico aos atributos ambientais para a BHTA, uma vez que pode também ser utilizado este parâmetro às demais bacias estaduais do Amazonas, a fim de se obter a eficiência na conservação ambiental.

A partir da valoração econômica para a BHTA pode-se sugerir a criação de um mapa de vulnerabilidade no qual deverá ser estabelecido uma escala de gradientes, variando entre as áreas com maior e menor atributo ambiental da bacia e correlacionar com o PP da RMM previsto na Lei 3.167/2007 e extrapolar as demais áreas conforme necessidade.

Ainda, podem ser estimados valores econômicos a BHTA a partir de outros serviços ecossistêmicos não elencados neste trabalho, devido ao amplo uso do solo na bacia, especialmente no que diz respeito ao avanço da fronteira habitacional e do Pólo Industrial de Manaus no qual está se instalando os mais variados tipos de empreendimentos.

Finalizada a determinação de futuros trabalhos propostos e voltando ao cenário da atual pesquisa, atenta-se ao fato de que este trabalho se valeu de métodos indiretos de coleta de dados, especialmente na legislação de gestão de recursos hídricos do Estado do Amazonas, devido a impossibilidade do fornecimento de informações relativas aos custos operacionais na realização da coleta direta e oportuna. Assim, caso fosse possível o levantamento destes custos teria ocorrido junto a comunidade local e demais órgãos envolvidos na gestão desta bacia, sendo assim produzidas respostas mais diretivas ao conteúdo.

8. Referências

ALMEIDA, L. T. **Política Ambiental**: uma análise econômica. Campinas: Papirus, 1998.

AMAZONAS. **Lei nº 3.167 de 28 de agosto de 2007**. Dispõe sobre as normas disciplinadoras da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e estabelece outras providências. Disponível em: https://sapl.al.am.leg.br/norma/7622. Acesso em: 7 de nov. 2021.

COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L.; SILVA, M. L. Caracterirazação física de bacias hidrográficas na região de Manaus-AM. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 36, p. 93-100, 2013.

COSTA, F. E. V.; BORDALO, C. A. L. Uma experiência amazônica de gestão dos recursos hídricos: a criação do comitê de microbacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus--AM, Brasil. *In:* XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, **Anais...**, Porto Alegre, 2010.

DAMASCENO, S. B. **Reestruturação do comitê de bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus, AM, Brasil**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos), Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018.IBGE.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**: resultado do universo – agregados por setores censitários. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: ftp://ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2000/Dados_do_Universo/Agregado_por_Setores_Censitarios. Acesso em: 25 de julho de 2019.

MAIA, A. G. **Valoração de recursos ambientais**. 199f. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MAIA, S. A.; FERREIRA JÚNIOR, J. C.; WACHHOLZ, F.; COLARES, I. S., 2019.

MAIA, S. A.; FERREIRA JR, J. C.; WACHHOLZ, F.; COLARES. I. S. Caracterização e localização da bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. **Boletim Técnico Grupo de Pesquisa Geotecnologias e Análise da Paisagem - Geotap**, Manaus, v. 1, n. 1, 2019.

MOTTA, R. S.. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/ PNUD/CNPQ, 1997.

MOTTA, R. S.; SOUZA, G. B. Valoração econômica de áreas de recreação: o caso do Parque Metropolitano de Pituaçu, Salvador, BA. Revista de Economia, v. 32, n. 1, p. 37-55, 2006.

PEARCE, D. W. **Economic values and the natural world.** Massachusetts: The MIT Press, 1993.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.

TAFURI, A. C. Valoração ambiental do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto, Minas Gerais. 159f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

VASCONCELOS, M. A. Estudo da paisagem do setor sul da bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus, utilizando imagem multipolarizado do radar ALOS/PALSAR. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

VIANNA, A.; MENEZES, L.; IÓRIO, M. C.; RIBEIRO, V. M. **Educação ambiental:** uma abordagem pedagógica dos temas da atualidade. 2ª eD.. Rio de Janeiro: Centro de Documentação e Informação, 1994.

WARNER, J. Multi-stakewolder platforms: integrating society in water resource management? **Ambiente & Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 1-21, 2005.

Impactos Ambientais na Zona Ripária da Bacia Hidrográfica do Rio Preto, Maranhão - Brasil

Idevan Gusmão Soares[1]
Luiz Carlos Araujo dos Santos[2]

Resumo: As atividades antropogênicas foram se intensificando desde a década de 1980, com o advento da soja, posteriormente a silvicultura com o cultivo do eucalipto. Estas atividades vêm interferindo diretamente na zona ripária. O objetivo deste trabalho é apresentar os impactos ambientais na zona ripária da bacia hidrográfica do rio Preto - MA. A metodologia estar consubstanciada em Zakia (2009) e a utilização do geoprocessamento. A zona ripária ocupa uma área de 981,71 km^2 da bacia, e foram identificadas áreas de conflitos entre zona ripária e uso e cobertura da terra da bacia rio Preto.

Palavras-chave: Zona Ripária; Impactos Ambientais; Uso da Terra; rio Preto.

Abstract: Anthropogenic activities have intensified since the 1980s, with the advent of soybeans, followed by forestry with the cultivation of eucalyptus. These activities have directly interfered in the riparian zone. The objective of this work is to present the environmental impacts in the riparian zone of the Preto River hydrographic basin - MA. The methodology is embodied in Zakia (2009) and the use of geoprocessing. The riparian zone occupies an area of 981.71 km^2 of the basin, and areas of conflict between the riparian zone and the land use and coverage of the Rio Preto basin have been identified.

Keywords: Riparian Zone; Environmental Impacts; Land Use; rio Preto.

1 Universidade Estadual do Maranhão – idevanoficial@gmail.com.

2 Universidade Estadual do Maranhão – luizcarlos.uema@gmail.com.

1. Introdução

Desde 1980 a área da bacia hidrográfica do rio Preto tornou-se uma fronteira agrícola para onde se direcionaram projetos de expansão do agronegócio. As transformações e mudanças na paisagem da bacia são observadas atualmente, devido a processos decorrentes dos usos da terra, ensejados pelas culturas agrícolas, com destaque para os cultivos de soja e eucalipto. As empresas relacionadas ao agronegócio têm cultivado extensas áreas com esses monocultivos, deixando expressivas áreas vulneráveis à aceleração de processos erosivos decorrente do desmatamento da vegetação ripária, possibilitando o assoreamento do leito do rio Preto (SANTOS; SOARES, 2020).

As queimadas para limpeza das áreas agrícolas e áreas de pastagem são outras atividades que também favorecem o nível de degradação da bacia. Os camponeses que vivem nos municípios banhados pela bacia, por sua vez, fazem o uso da terra para cultivos agrícolas, com destaque para as culturas temporárias e criação extensiva de animais.

Kobiyama (2003, p.5) propõe que seja aplicado o termo zona ripária, "esta é determinada como um espaço tridimensional que contem vegetação, solo e rio, possui extensão horizontal até o alcance da inundação e vertical, do regolito até o topo da copa das árvores". Este mesmo autor ressalta que quando se trata de zona ripária esta implica apenas espaço, "quando se precisa tratar o sistema, processos, mecanismo entre outros, é melhor usar o termo ecossistema ripário" (KOBIYAMA, 2003, p.6). Este ecossistema é considerado um ecótono entre os ecossistemas terrestres e aquáticos.

Para Zakia (2009) as zonas ripárias podem ser consideradas as áreas de inundação que margeiam os cursos d'água e que podem se expandir no período de chuvas prolongadas, havendo uma adaptação dessa área.

Segundo Barbosa *et al.* (2005) dentre as principais funções da vegetação ripária está a proteção das terras ribeirinhas contra a erosão, devido à resistência oferecida pelo emaranhado de raízes; proteção de mananciais; anteparo aos detritos carreados pelas enxurradas, diminuindo impactos sobre a vida aquática, a navegação e a qualidade da água para consumo humano, consumo animal, geração de energia e irrigação; abastecimento do lençol freático, pela suavização e certa contenção do impacto da água da chuva e auxílio à conservação da vida aquática, evitando alteração na topográfica submersa, propiciando algum controle da temperatura da água

e fornecendo alimentos na forma de flores, frutos e insetos; exerce papel de corredores de fluxo gênico vegetal e animal; função protetora nas margens dos canais de drenagem evitando processos de assoreamento.

> Em virtude da dinâmica na relação dos elementos físicos que compõem a zona ripária como hidrologia, pedologia, geomorfologia, luz, temperatura e processos ecológicos como depredação e herbivoria, há necessidade de preservação desse ecossistema de forma integral, e não isolados, para que o importante serviço ambiental por ela prestado, que é a manutenção dos recursos hídricos, proporcione saúde e resiliência à bacia (ATHAYDE, 2009, p. 4).

Considerando que a zona ripária é um sistema dinâmico em que a vegetação influencia diretamente no fluxo hidrológico e pedológico, sendo a bacia hidrográfica dependente dessa vegetação para a correta manutenção dos cursos hídricos, as zonas ripárias constituem um ecossistema (SANTOS NETA, 2019).

Lima e Zakia (2006) sinalizam que o ecossistema ripário, em sua totalidade, inclui a dinâmica da zona ripária, sua vegetação e suas interações, e desempenha funções relacionadas à geração do escoamento direto em bacias e microbacias, ao aumento da capacidade de armazenamento e à manutenção da qualidade da água, além de promover estabilidade das margens dos rios, equilíbrio térmico da água e formação de corredores ecológicos.

Com base no que foi discutido conceitualmente o objetivo deste trabalho é apresentar os impactos ambientais na zona ripária da bacia hidrográfica do rio Preto - MA.

1.1 Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Preto localiza-se na região nordeste do Estado do Maranhão (Figura 1), ocupa uma área de 5.235,63 km², sendo afluente pelo lado direito da bacia hidrográfica do rio Munim. A bacia está situada entre as coordenadas geográficas: 3°0'00" - 4°0'00" S e 42°55'0" - 43°55'00" W. Após percorrer 270,92 km, deságua no rio Munim, no município de Nina Rodrigues.

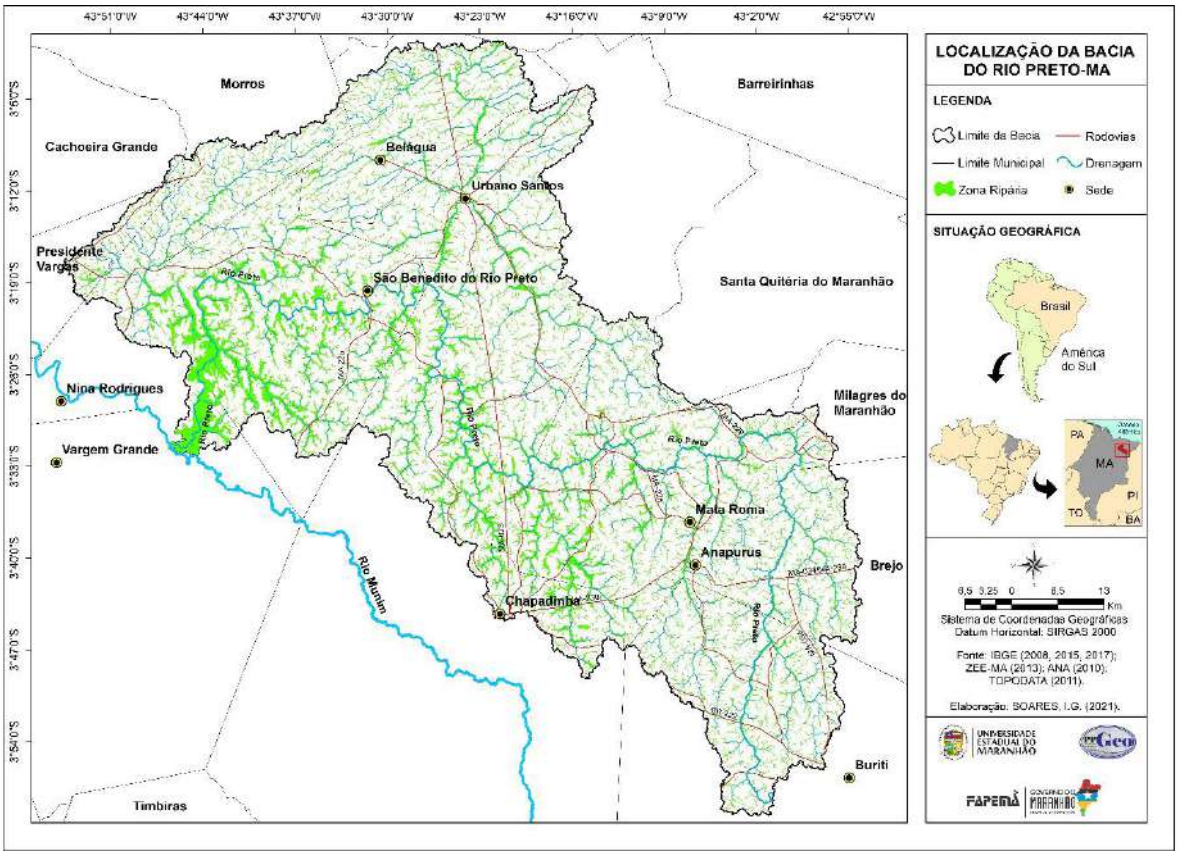


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Preto-MA
Fonte: Soares, 2021.

2. Metodologia

Utilizou-se as imagens orbitais da USGS (United States Geological Survey) com as seguintes especificações: sensor/plataforma: OLI-TIRS/ Landsat-8; órbita/ponto: 220/62 e 220/63; data de passagem: 21/08/2018. Essas imagens de satélite foram obtidas no seguinte endereço eletrônico: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Com a aquisição das imagens efetuou-se no Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 2.18.16 a reprojeção para o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum: SIRGAS-2000, Fuso 23S. No SIG, as imagens passaram pelo processo de empilhamento das bandas 6(R), 5(G) e 4(B) através de mosaico, posteriormente, recorreu-se a técnica de fusão de imagem, *Pan Sharpening*, utilizando-se a banda 8, pancromática, com as bandas 6, 5 e 4 (resolução 30 m) que foram empilhadas, preservando-se o conteúdo, cor da imagem composta, utilizando-se para esse processamento o provedor *Orfeo Monteverdi*.

O procedimento, mencionado, tem o intuito de facilitar a interpretação visual da imagem produzida, pois as bandas espectrais 6, 5 e 4 ficaram

com uma resolução espacial de 15 m após a técnica de fusão da imagem com a banda pancromática.

Após as etapas supracitadas realizou-se a importação das imagens para o ambiente de trabalho do SIG SPRING 4.3.3, onde aplicou-se um contraste linear no canal RGB das imagens e uma composição colorida falsa-cor (false color) nas bandas 5(R) 6(G) 4(B). Este procedimento favoreceu a identificação da zona ripária, pois a mesma ficou com uma cor vermelha com tonalidade mais escura se comparada às demais formações vegetais que tinham uma tonalidade de vermelho mais claro (Figura 2). "A vegetação de cor verde reflete intensamente a energia eletromagnética no comprimento de onda relativo ao infravermelho, aparecendo, portanto, em cores vermelhas". (CRÓSTA, 1992, p. 64).

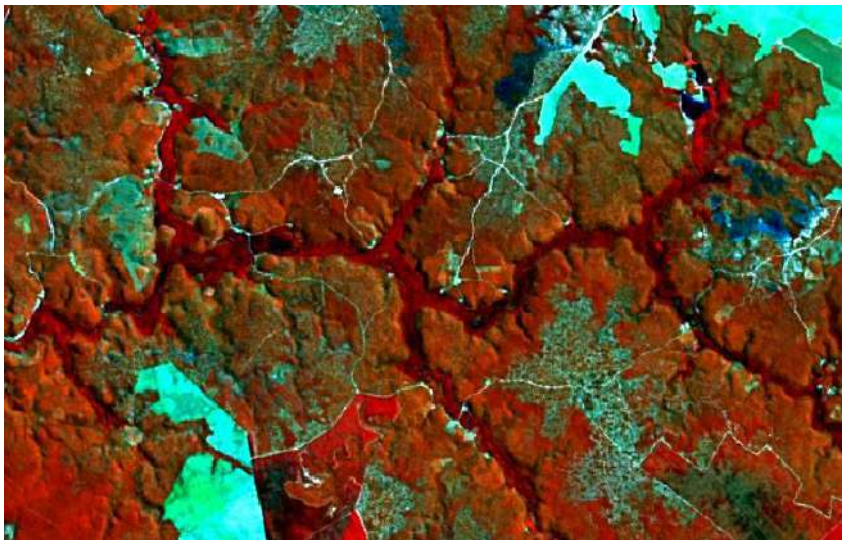


Figura 2: Zona Ripária na bacia hidrográfica do rio Preto-MA
Fonte: USGS, 2018.

Vale destacar que o olho humano é mais sensível a variações em intensidade do que a variações em cores (CRÓSTA, 1992). Levando em consideração a intensidade ela é mais favorecida na cor vermelho se comparado ao verde.

A composição colorida de bandas associadas à resolução espacial de 15 m favoreceu a identificação da zona ripária. Logo após estas aplicações realizou-se a vetorização da zona ripária no SPRING em escala de 1:100.000, utilizando-se as ferramentas da Edição Topológica (criar linha, mover ponto, eliminar linha, etc.).

Com o intuito de favorecer a identificação da zona ripária da bacia do rio Preto, recorreu-se também ao mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP). Neste sentido, o mapeamento da APP foi realizado de comum acordo com o que é preceituado pelo novo Código Florestal (Lei

Federal nº 12.651/2012). Em seu artigo 4° considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

I - As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a. 30 metros, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura;
b. 50 metros, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
c. 100 metros, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
d. 200 metros, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura;
e. 500 metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros.

Para o mapeamento da APP procedeu-se no QGIS à criação do *buffer* (área de influência) da rede de drenagem da bacia. Utilizou-se para a criação dessas áreas protegidas o algoritmo de geoprocessamento - *buffer* de distância fixa. As distâncias foram estabelecidas, conforme proposto pelo Código Florestal, para os canais de 1ª e 2ª ordem 30 m de largura, para os de 3ª a 7ª ordem 50 m e 100 m para o rio principal, ou seja, o rio Preto.

Logo após a etapa de mapeamento das áreas protegidas, procedeu-se no QGIS a importação do *shapefile* da zona ripária vetorizada, anteriormente, no SPRING, e em seguida utilizou-se o algoritmo mesclar camadas vetoriais para realizar a mesclagem da APP com a zona ripária. Este procedimento de mesclagem de APP e zona ripária visa abranger as áreas ripárias que não foram contempladas na vetorização devido à escala de mapeamento adotada.

Realizou-se o mapeamento do uso e cobertura da terra numa escala de 1:250.000 no SPRING. Para este fim a imagem foi importada para o SIG onde utilizou-se técnicas de análise visual de imagens de satélite com base nos elementos de fotointerpretação.

Em ambiente SIG, procedeu-se a vetorização das classes com o uso das ferramentas da edição topológica e por conseguinte a inserção das classes de uso e cobertura da terra. Dessa forma, foi gerado o mapa contendo dez classes temáticas, entretanto, utilizou-se para este estudo apenas as classes: Área urbana, Silvicultura, Agricultura, Pastagem, Vegetação secundária.

Depois do mapeamento da zona ripária executou-se no SIG a importação e em seguida o recorte do plano de informação do uso e cobertura da terra referente ao ano de 2018, utilizando-se a zona ripária como camada de corte. Tal procedimento tem por objetivo identificar as áreas de uso e cobertura da terra que estejam sobrepondo ou ocupando a zona ripária.

3. Resultados e Discussão

A zona ripária ocupa 981,71 km^2 da bacia do rio Preto. Conforme Anschau *et al*. (2017, p.22), "ripária" significa "próximo ao curso de água", tratando de conceito de distância e água. A Figura 3 mostra uma vegetação ripária no povoado Barras, município de Buriti. É comum nessa classe a presença da *Mauritia flexuosa L.f* (Buriti).

Figura 3: Vegetação ripária na bacia do rio Preto-MA
Fonte: Galeria do autor, 2019.

A vegetação ripária é uma formação vegetacional importante para a preservação dos ambientes naturais e a vida presente. É um conjunto de árvores, arbustos, entre outros, que se desenvolve com a função de isolar áreas próximas às margens dos rios, lagos e nascentes formando um ecótono entre o ambiente aquático e o terrestre e ainda, estando, geralmente, entre o ambiente aquático e o ambiente antropizado pelo homem. Serve também como cobertura do solo deixando-o fofo como uma esponja, impedindo que as águas das chuvas escoem diretamente aos rios evitando erosões, assoreamentos e enchentes (ANSCHAU *et al*., 2017).

As APPs que estão associadas a zona ripária exercem uma importante função ambiental que consisti em preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (CONAMA, 2002).

Cerca de 82,50 km^2 da zona ripária estão ocupados pelo uso da terra, ou seja, em situação de conflito (Figura 4). A agricultura atrelada, preponderantemente, ao cultivo da soja é uma atividade econômica expressiva na área de pesquisa, principalmente, no tocante a sua área de abrangência na bacia (582,37 km^2). Portanto, não é surpresa os conflitos ocorrerem com expressiva frequência entre zona ripária e agricultura ocupando 46,20 km^2 (Tabela 1).

Tabela 1: Conflitos entre zona ripária e uso e cobertura da terra da bacia do rio Preto

Tipo de conflito	Área (km^2)	%
Zona Ripária x Agricultura	46,20	56,00
Zona Ripária x Pastagem	3,14	3,81
Zona Ripária x Área Urbana	3,96	4,80
Zona Ripária x Vegetação Secundária	16,93	20,52
Zona Ripária x Silvicultura	12,27	14,87
Total	82,50	100,00

Fonte: Os próprios autores, 2021.

No contexto de análise das áreas de agricultura da bacia é importante mencionar que tendo por objetivo potencializar o uso da terra, a sojicultura da área de estudo consorcia-se com outras culturas, como é o caso do arroz, do milho, do feijão, e do milheto. No período em que a terra não está sendo ocupada pela soja, as outras culturas poderão estar presentes.

Salienta-se que o solo fica exposto (terra limpa) para o plantio da soja, essa dinâmica de alteração da paisagem ocorre semestralmente.

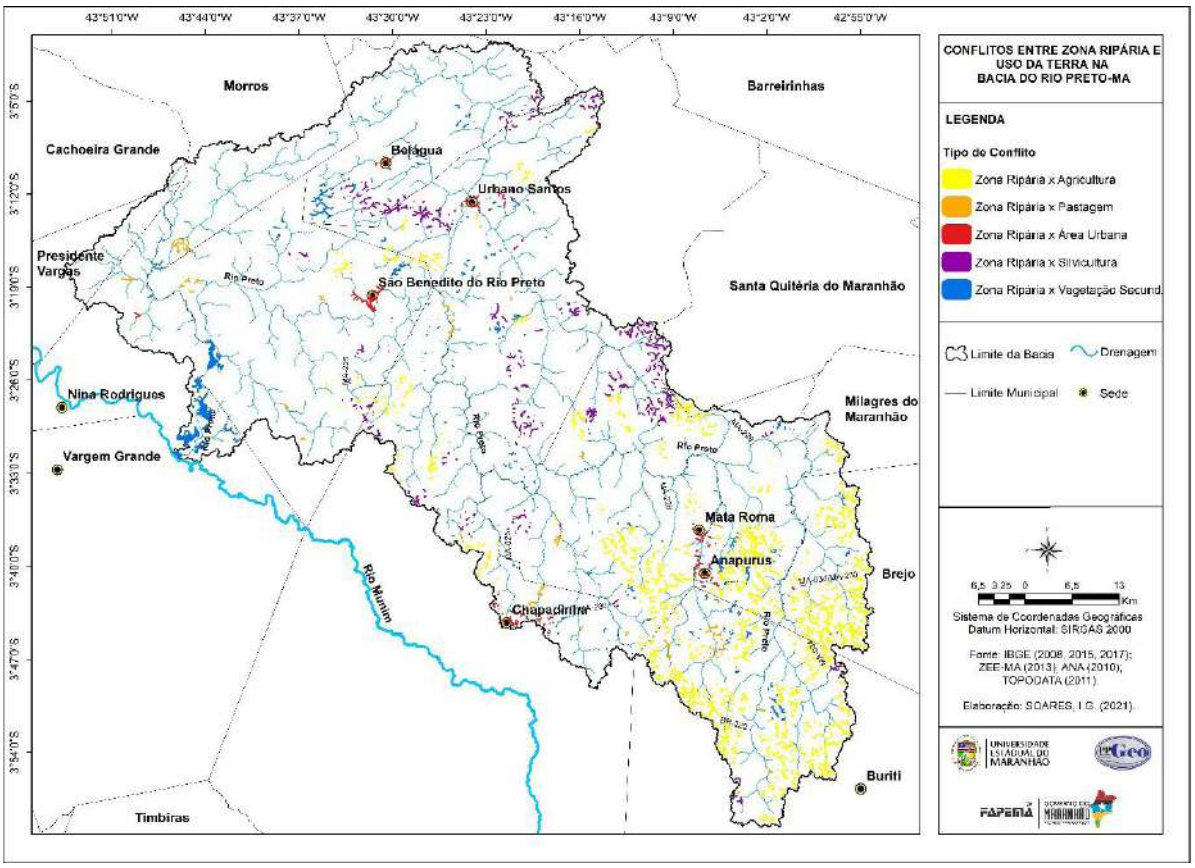


Figura 4: Mapa de Áreas de Conflitos Zona Ripária x Uso e Cobertura da Terra
Fonte: Soares, 2021.

A dinâmica do cultivo de soja (Figura 5), que iniciou suas atividades na década de 1990, acaba por impactar o solo, deixando-o vulnerável a atuação mais intensa da erosão pluvial, pois as áreas de solo exposto utilizadas para fins agrícolas são expressivas na área de pesquisa e por estarem expostas são vulneráveis a ação das chuvas na região, principalmente, nos quatro primeiros meses do ano que tem regime pluviométrico mais intenso na área-objeto. A ação das chuvas nesses solos expostos favorece, processos erosivos, e ainda em alguns afluentes da bacia e até mesmo no próprio rio Preto a ocorrência potencial de assoreamento figurando-se neste contexto como um agravante a vulnerabilidade dessas áreas.

Figura 5: Plantio de soja em Anapurus - MA
Fonte: Galeria do autor, 2019.

Ainda no tocante a problemática da degradação da zona ripária pela agricultura, Anschau *et al.* (2017, p.20) assevera que:

> [...] a vegetação ripária vem desaparecendo rapidamente devido ao avanço desordenado da agricultura e o uso indiscriminado do solo. A degradação do solo é um dos principais problemas ambientais do planeta, além de ser obstáculo ao aumento sustentável da produtividade do agronegócio brasileiro, pois com a remoção da vegetação ripária para a implementação de lavouras e de pastagens, sem considerar a aptidão do solo e sem a adoção de práticas de manejo e técnicas de conservação de solo, além da destruição de hábitats, acelerou o processo erosivo e o assoreamento.

A classe silvicultura ocupando uma área de 193,23 km^2 é outra face das atividades do agronegócio no campo, pois na bacia ela está associada a monocultura do eucalipto (Figura 6). Esta cultura pode ser observada, predominantemente, na região da bacia que envolve o município de Urbano Santos, também ocorre em outros municípios, dentre eles: Chapadinha, São Benedito do Rio Preto, Mata Roma, Anapurus, Buriti e Belágua.

Das classes de uso da terra que ocupam de modo irregular a zona ripária, a silvicultura concentra 12,27 km^2.

Em relação a esses monocultivos identificados na área de estudo, Gaspar, Rego e Andrade (2008, p. 3-4) afirmam que:

> A partir da década de 1980, instalaram-se no Leste Maranhense, empresas nacionais e estrangeiras voltadas à produção de carvão vegetal e à plantação de eucalipto. A produção de carvão vegetal proveniente da queima de algumas espécies de madeiras nativas destinava-se, dentre outras atividades, a alimentar guseiras da siderúrgica Maranhão Gusa S/A-MARGUSA. Já o plantio de eucalipto, em áreas de municípios maranhenses do Leste Maranhense, visava a produção de celulose, tendo o Grupo Industrial João Santos de Pernambuco e a Suzano Celulose de São Paulo como principais empresas.

Figura 6: Plantio de eucalipto na zona rural do município de Buriti - MA
Fonte: Galeria do autor, 2018.

Evidencia-se que a expansão da fronteira agrícola no contexto do eucalipto desempenhou a partir de 1980 um papel decisivo na transformação da paisagem, se antes dessa década havia áreas com vegetação nativa, típica do Cerrado, atualmente ela sede lugar a um monocultivo baseado no

agronegócio onde há um alto investimento em capital, tecnologia, bactericidas, adubos sintéticos e ainda financiamentos por agências de fomento, ou seja, tudo que possa ser essencial para expansão do capital.

No contexto dos impactos ambientais relacionados ao eucalipto, Ribeiro Júnior; Oliveira; Costa (2014) a partir de trabalhos de campo e acompanhamento dos conflitos, nos municípios de Santa Quitéria do Maranhão e Urbano Santos delinearam impactos ambientais decorrentes da ação da Suzano Papel e Celulose.

Ribeiro Júnior, Oliveira e Costa (2014) afirmam que a Suzano tem causado uma gama de impactos ambientais (como captação de água de rios, lagos e lagoas, que prejudica o abastecimento nos povoados); desmatado/queimado as chapadas com vistas ao plantio de eucalipto; destruindo formas de vida animal e vegetal através dos correntões; danificado, corpos hídricos e o solo com a utilização de venenos, principalmente herbicidas. Eles ainda relatam que os camponeses alegam que a Suzano matou muitos animais, caças, destruiu muitos pés de bacuri, pequi, via correntão.[3]

Um impacto ambiental relacionado a cultura do eucalipto diz respeito a desertificação do solo. Tal problemática que está, intimamente, relacionada ao uso de defensivos agrícolas foi destacada por Lima (1993 *apud* BOTELHO; ALMEIDA; FERREIRA, 2012, p.91), o mesmo, explana que:

> Há a eminência de desertificação a partir da cultura do eucalipto pelo solapamento da produtividade biológica do ecossistema vulnerável através das três seguintes maneiras: a) a alta demanda de água da espécie esgota a umidade do solo e destrói a descarga da água subterrânea, desestabilizando o ciclo hidrológico; b) a pesada demanda por nutrientes cria um déficit anual enorme, desestabilizando o ciclo de nutriente; c) a liberação de substâncias química afeta o crescimento de plantas e de microrganismos do solo, reduzindo, assim, ainda mais a fertilidade do solo. A desertificação do solo também é ocasionada pela oscilação da cobertura vegetal e contaminação dos corpos hídricos e do solo em consequência de aplicação de pesticidas evitando à ação de insetos e capim.

Em relação a vegetação secundária, a mesma, ocupa uma área de 139,34 km² da bacia e está associada as áreas de lavoura de soja e eucalipto (cultura permanente) que foram abandonadas pelos seus proprietários, assim como acontece com culturas temporárias. Essa classe ocupa 16,93

3 São grossas correntes, de várias toneladas, amarradas a tratores de esteira e que vão arrancando pela raiz as árvores e toda a vegetação e animais presente nas áreas de chapadas, de modo a preparar o terreno para o plantio da soja ou do eucalipto.

km² da zona ripária. As pastagens também fazem parte desse contexto, onde a vegetação nativa começa a se regenerar, como é o caso da floresta estacional semidecidual submontana, depois do abandono por parte dos donos desses cultivos.

As áreas urbanas que abrangem 3,96 km² da zona ripária correspondem aos espaços identificados com residências padronizadas, oriundas de financiamentos, ou áreas residenciais consolidadas, bem como prédios e outras instalações, onde normalmente se destacam atividades terciárias. Compreendem também áreas onde se encontram as sedes municipais, vilas e/ou povoados (SANTOS; SOARES, 2020).

Identificou-se um aumento nas últimas três décadas da população urbana e uma diminuição exígua da população rural nos municípios que tem sua sede, localizada na área da bacia, conforme Soares (2018) afirma.

O crescimento da população citadina tem como consequência um aumento na demanda por moradia e, por conseguinte no número de residências. Neste contexto, há uma expansão da área urbana identificada na bacia, estando relacionada a necessidade da população por habitação, culminando, assim, num processo de urbanização experimentado por esses municípios nas últimas três décadas. Esta dinâmica de expansão da área urbana acabou por impactar a zona ripária da bacia, pois ocorreu o desmatamento para construir moradias próximas ao rio Preto.

A área de pastagem em situação de conflito na zona ripária totaliza 3,14 km² identificando-se a pastagem plantada e a natural na bacia, sendo que a primeira é predominante e localiza-se próxima ao rio Preto e seus afluentes, já a última ocorre geralmente nas chapadas. O pasto é fundamental para as famílias camponesas dos municípios abrangidos pela bacia, pois as mesmas realizam uma pecuária extensiva.

A pastagem cultivada na bacia favorece a intensificação da erosão, pois nessa classe são plantados capim, este, por sua vez, tem baixa densidade vegetativa se comparado a floresta estacional semidecidual submontana e a savana arborizada.

A retirada da vegetação nativa para a formação de pastagens ou agricultura, podem desencadear processos degenerativos resultando na perda das camadas superficiais de solo. A exposição do solo ao sol, vento e chuva provoca modificações na estrutura física e biológica, refletindo diretamente na sustentabilidade tanto da atividade econômica, quanto da paisagem natural (VALLES, 1999).

4. Considerações Finais

A revisão bibliográfica associada a utilização das técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG favoreceram no alcance do objetivo proposto. Desta forma, possibilitou a espacialização da ocupação irregular na zona ripária decorrente do uso da terra. Sendo a monocultura da soja e eucalipto as principais responsáveis pelos impactos ambientais, dentre eles: desmatamento que implica no assoreamento do leito do rio Preto e intensificação da erosão laminar; contaminação dos corpos hídricos por agrotóxicos; impactos negativos na fauna; e também sobre a vida da população campesina.

Trabalhos acadêmicos com enfoque na zona ripária são necessários, pois a partir desses estudos pode-se delinear medidas visando a preservação dessas áreas, o que serve nesse contexto de subsídio para atuação de políticas públicas que visem a sustentabilidade ambiental desse ecossistema.

5. Referências

ANSCHAU, S. A.; NERES, J. C. I.; CARVALHO, A. V.; GUIMARÃES, A. P. M.; NERES, L. L. G. F.; CERQUEIRA, F. B. Vegetação ripária e métodos de estudo. **Natural Resources**, v. 7, n. 1, p. 19-32, set. 2017.

ATHAYDE, G. C. N. **Caracterização das unidades ecológicas da zona ripária de microbacia da bacia do rio Corumbataí, SP.** 2009. Monografia (Graduação em Ecologia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.

BARBOSA, F. M.; LACERDA, A. V.; NORDI, N.; WATANABE, T. Levantamento florístico do componente arbustivo arbóreo da vegetação ciliar na bacia do rio Taperoá. **Acta Botânica Brasileira**, Pampulha, v. 19, n. 3, 2005.

BOTELHO, A. C.; ALMEIDA, J. G.; FERREIRA, M. G. R. O avanço dos “eucaliptais”: análise dos impactos socioambientais em territórios camponeses no Leste Maranhense, **Revista Percurso**, Maringá, v. 4, n. 2, p. 79-94, dez. 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, nº. 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preser-

vação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, 2002. p. 67-68.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** 3. ed. CAMPINAS, SP, BRASIL: IG-UNICAMP, 1992. v. 1. 170 p.

GASPAR, R. B.; REGO, J. L.; ANDRADE, M. P. Mobilização e justiça ambiental: Resistência camponesa e as transformações agrárias no Médio Mearim e Leste Maranhense. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE ANTROPOLOGIA, 26., 2008, Porto Seguro, Bahia, **Anais eletrônico [...].** Brasília: ABA, 2008. p. 1-11.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. *In:* SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 1., 2003, Florianópolis, **Anais eletrônico [...].** Santa Catarina: UFSC, 2003. p. 1-13.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. O papel do ecossistema ripário. *In*: LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. (org.). **As florestas plantadas e a água.** Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: RiMa, 2006.

RIBEIRO JÚNIOR, J. A. S. R.; OLIVEIRA, D. M. V.; COSTA, S. B. da. Desenvolvimento, conflitos e impactos ambientais: a territorialização da Suzano e a resistência camponesa na Mesorregião Leste Maranhense. **Revista Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 11-33, jul./dez. 2014.

SANTOS NETA, E. R. dos. **Análise da paisagem da zona ripária do rio Tocantins na seção usina hidrelétrica de Estreito ao ponto de captação de água da Suzano.** 2019. 189 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

SANTOS, L. C. A. dos; SOARES, I. G. Caracterização da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, Maranhão – Brasil. **Geografia (Londrina),** Londrina, v. 29. n. 1. p. 85-105, jan. 2020.

SOARES, I. G. **A dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Preto-MA.** 2018. Monografia (Graduação em Geografia Bacharelado) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

VALLES, G. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados à Geração de uma Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda do Solo.** 1999. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1999.

ZAKIA, M. J. B.; FERRAZ, F. F. B.; RIGHETTO, A. M.; LIMA, W. P. Delimitação da zona ripária em uma microbacia. **Revista Agrogeoambiental**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 51-61, abr. 2009.

Fragilidade Ambiental das Unidades de Paisagem da Alta Bacia Hidrográfica do Rio Uru (Goiás)

José Carlos de Souza[1]
Rosana Márcia da Costa Silva Herculano[2]

Resumo: A definição de unidades de paisagem e fragilidade ambiental são modelagens norteadas pela análise integrada da paisagem, que visam avaliar condições geoambientais de áreas antropizadas. A Alta Bacia do Rio Uru (ABRU) está no domínio do Cerrado e vem registrando alta fragmentação das paisagens pela conversão de vegetação natural por agricultura e pastagens. Assim, este trabalho teve como objetivo mapear as unidades de paisagem (UPs) da Alta Bacia Hidrográfica do Rio Uru e avaliar a fragilidade ambiental destas unidades. A partir da caracterização dos aspectos morfopedológicos, das declividades e uso e cobertura do solo, foi possível definir as UPs e a fragilidade ambiental da alta bacia. Foram mapeadas oito UPs e os resultados indicaram a ocorrência de cinco classes de fragilidade, sendo predominantes as classes baixa e média. As baixas fragilidades estão associadas a UPs que apresentam superfícies de aplainamento, com ocorrência de Latossolos e Argissolos e as fragilidades médias a relevos mais declivosos, em morros e colinas e onde ocorrem Cambissolos e Neossolos Litólicos. As UPs 4 e 7 são as que apresentam as melhores condições ambientais, com fragilidade muito baixa e baixa e as demais requerem práticas de manejo que considerem as fragilidades que variam de média a muito alta.

Palavras - chaves: Paisagem; Análise integrada; Cerrado; Agropecuária.

Abstract: The definition of landscape units and environmental fragility are models guided by the integrated analysis of the landscape, which aim to assess the geoenvironmental conditions of anthropized areas. The High Basin of Uru's River is in the Cerrado domain and has been experiencing high fragmentation of landscapes due to the conversion of natural vegetation to agriculture and pastures. Thus, this work aimed to map the landscape units (LUs) of the High Basin of Uru's River and assess the environmental fragility of these units. From the characterization of morphope-

1 Universidade Estadual de Goiás – UEG -jose.souza@ueg.br.

2 Universidade Estadual de Goiás – UEG -rosanaherculano2010@gmail.com.

dological aspects, slopes and land use and cover, it was possible to define the LUs and the environmental fragility of the high basin. Eight LUs were mapped and the results indicated the occurrence of five frailty classes, predominantly low and medium classes. The low fragilities are associated with Lus that present flattened surfaces, with occurrence of Oxisols and Ultisols, and the medium fragilities to more steep reliefs, in hills and where there are Cambisols and Entisols. LUs 4 and 7 are the ones with the best environmental conditions, with very low and low fragility, and the others require management practices that consider fragilities ranging from medium to very high.

Keywords: Landscape; Integrated analysis; Cerrado; Agriculture and livestock.

1. Introdução

O Cerrado compreende um importante complexo ambiental em razão da sua biodiversidade, suas características abióticas, seu potencial hidrológico e por ocupar uma extensa área na região central do Brasil, importante fronteira agrícola no cenário econômico. Dias (2008) afirma que a partir da segunda metade do século XX o Cerrado passou a ser ocupado por diversas atividades econômicas com destaque para o agronegócio. Esta condição justifica a importância da investigação e análise dos processos responsáveis por alterações ambientais e da paisagem, que ampliam as condições de fragilidade dos sistemas ambientais, pois, "entender a paisagem em sua concretude é entendê-la como resultante da ação histórica dos homens em interação com a natureza" (SANDERVILLE JÚNIOR, 2005, p. 54).

Nessa perspectiva, compreende-se que estudos integrados em bacias hidrográficas, apresentam-se como propostas de análises importantes, pois são capazes de contribuir para a ampliação do conhecimento sobre o Cerrado e os impactos que o atinge, uma vez que as bacias são geossistemas, consideradas do ponto de vista geoambiental como células básicas de análise ambiental e como unidades de planejamento e manejo integrados dos recursos naturais (BOTELHO; SILVA, 2010; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

Dentre as metodologias de análise integrada da paisagem, aplicadas em geossistemas, estão a definição de unidades de paisagem e da fragilidade ambiental. As unidades de paisagem são formações individualizadas, resultantes das interações e combinações entre determinados atributos geográficos, como elementos do meio físico, inclusive considerando a influên-

cia e interferência antrópica (ROSS, 1992; ROSS, 1994; BERTRAND, 2004). A fragilidade ambiental é a soma da instabilidade potencial, que é a fragilidade natural dos ambientes, e da instabilidade emergente, provocadas pela ação antrópica (ROSS, 1994; SPÖRL; ROSS, 2004). Dessa forma, a fragilidade é a vulnerabilidade do sistema ambiental diante das pressões as quais é submetido e que provocam o rompimento do equilíbrio dinâmico.

Assim, este trabalho teve como objetivo mapear unidades de paisagem da Alta Bacia Hidrográfica do Rio Uru, no estado de Goiás e avaliar a fragilidade ambiental destas unidades.

2. Metodologia

A Alta Bacia Hidrográfica do Rio Uru (ABRU) ocupa uma área de 1409 km², compõe o sistema de drenagem do alto rio Tocantins e está localizada na porção central do estado de Goiás, entre as coordenadas 16°15'00" /15°54'00" de Latitude S e 50°6'00" /49°36'00" de Longitude W (Figura 1). A bacia é composta por áreas dos municípios de Americano do Brasil, Mossâmedes, Goiás, Itaberaí, Taquaral de Goiás, Itauçu e Itaguarí.

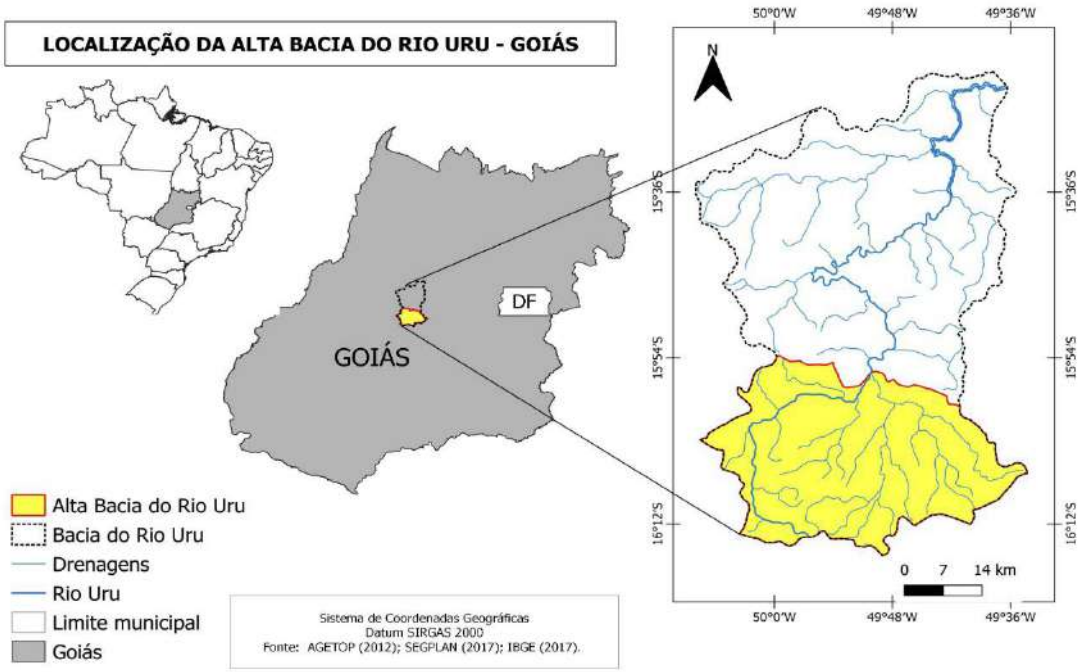


Figura 1: Mapa de localização da Alta Bacia do Rio Uru
Fonte: AGETOP (2012); SEGPLAN (2017); IBGE (2017). Organização: Souza (2021).

A identificação das Unidades de Paisagem (UPs) da alta bacia, se deu a partir do cruzamento das bases cartográficas e identificação de áreas homogêneas, por vetorização manual, após sobreposição das bases de geologia, geomorfologia e solos, onde foram delimitadas 08 UPs. As bases cartográficas utilizadas foram desenvolvidas pela Superintendência de Geologia e Mineração do estado de Goiás e Empresa de Assistência Técnica e Extensão rural (EMATER). Estas bases estão disponíveis em: http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/geologia e http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/solos.

Para o mapeamento da fragilidade ambiental, aplicou-se a metodologia proposta por Ross (1994). Em um primeiro momento foram gerados os mapas de fragilidade dos solos, fragilidade em relação as declividades e fragilidade em relação ao uso e cobertura do solo. Estas bases foram classificadas e fusionadas, utilizando o comando calculadora *raster* do *software* QGIS versão 3.16. A partir de média das classes foi gerado o mapa de fragilidade ambiental que apresentaram cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta).

A caracterização do uso e cobertura do solo da alta bacia foi através de classificação supervisionada de imagens do Landsat 8 Colletion 2 *Level 1,* disponibilizada pelo *United States Geological Survey* (USGS), referente a data de 07/05/2021, onde foram extraídas as bandas 2, 5 e 6, que foram fusionadas para permitir a identificação e interpretação da cena e posterior classificação supervisionada. No procedimento foi utilizado o plugin *Semi-Automatic Classification* (SCP) e aplicação do algoritmo de *Minimum Distance*, no *software* QGIS 3.16.

O mapa de declividades foi produzido a partir do modelo digital de elevação *Shuttle Radar Topography Mission (*SRTM), com resolução de 30 metros. As imagens SRTM são disponibilizadas pelo *United States Geological Survey* (USGS).

3. Resultados e Discussão

Foram identificadas oito UPs, resultado do cruzamento dos mapas de geologia, geomorfologia, solos da ABRU (Figura 2). A delimitação das UPs permite a análise numa escala pormenorizada, possibilitando identificar até mesmo as pequenas especificidades do ambiente, o que é relevante,

pois “todas as partes de um sistema, por menores que sejam, participam e influenciam do todo” (TROPPMAIR; GALINA, 2006, p. 86).

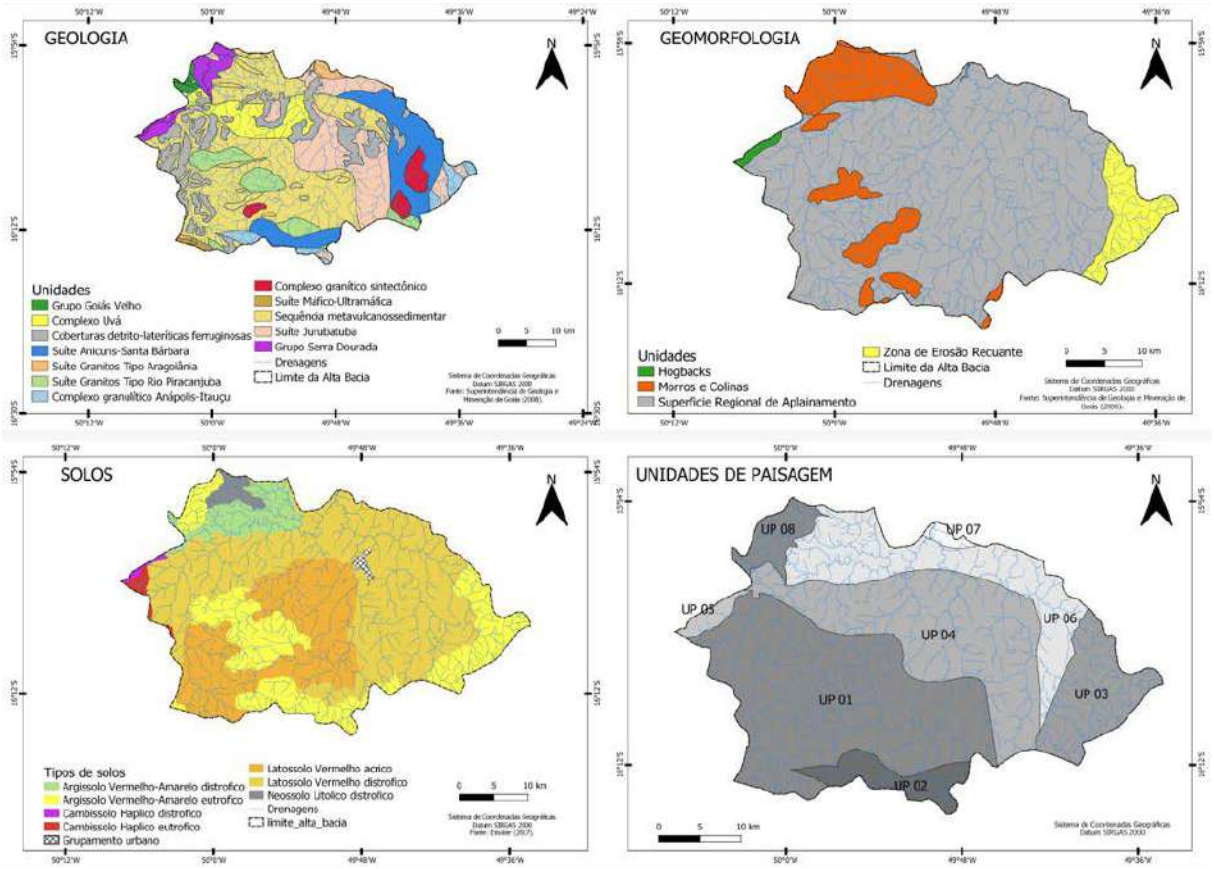


Figura 2: Mapas de geologia, geomorfologia, solos e de UPs da ABRU.
Organização: Souza (2021).

Na ABRU foram identificadas doze unidades geológicas, com predominância da Sequência Anicuns – Itaberaí e Suíte Jurubatuba. As Sequência Anicuns–Itaberaí são unidades metavulcanossedimentares, constituída por rochas máficas e ultramáficas metamorfizadas (LACERDA FILHO *et al.*, 1999). A unidade Suíte Jurubatuba inclui o Granito Jurubatuba e rochas como gnaisses e migmatitos (OLIVEIRA *et al.*, 1997 *apud* MOREIRA *et al.* (2008).

Observa-se a ocorrência de fragmento do Complexo Uvá, associado ao Grupo Serra Dourada e o Grupo Goiás Velho, que compreendem uma associação do tipo *greenstone belt* associado a rochas metassedimentares e metassedimentos psamíticos, xisto verde, xistos, quartzitos e conglomerados associados a granito-gnáissico arqueano. O Grupo Serra Dourada que, por sua vez, constitui uma sequência de metassedimentos psamíticos da fácies xisto verde, caracterizada por uma sucessão de xistos, quartzitos e conglomerados associados a granito-gnáissico arqueano (MOREIRA *et al.*, 2008, p. 45).

As Intrusões Máfico-Ultramáficas compreendem um conjunto de corpos plutônicos, de natureza básico-intermediária, compostos por litótipos gabróicos e dioríticos. O Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu compreende um conjunto de rochas gnáissicas, orto e paraderivadas egranulitos anfibolitizados (LACERDA FILHO *et al.*, 1999). As unidades Granitóides estão representadas pela ocorrência de Suite Granitos Tipo Aragoiânia. Os Granitos do Tipo Rio Piracanjuba que reúne vários corpos de metagranito, metagranodiorito e metatonalito porfiríticos (MOREIRA *et al.*, 2008).

O Complexo Granito Sintectônico Suíte Intrusiva Itapuranga aparece como manchas ao leste e sul da bacia. As rochas que compõem essa unidade são protomilonito e milonitos a ultramilonitos (LACERDA FILHO *et al.*, 1999). As Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas são sedimentos aluviais ou coluviais com seixos de quartzito e lateritos com carapaças ferruginosas (MOREIRA *et al.*, 2008).

Foram identificadas quatro unidades geomorfológicas na ABRU, com predominância das Superficies Regionais de Aplainamento (SRA) que são áreas aplainadas por denudação (GOIÁS, 2006). Ocorre a sudeste da área uma Zona de Erosão Recuante (ZER), com forte dissecação e são superfícies erodidas pela rede de drenagem em relevos mais acidentados (NUNES *et al.*, 2016). Os Morros e Colinas resultam da preservação de litologias mais resistentes, em processo de evolução das SRAs com tendência recuante (GOIÁS, 2006).

Os Hogbacks são cristas definidas como colinas formadas por rochas apresentando mergulhos fortes, superior a 20º (GOIÁS, 2006). Trata-se de uma feição geomorfológica formada por estrutura dobrada pertencente a conjunto da Serra Dourada.

Em relação aos tipos de solos da ABRU, destaca-se a predominância do Latossolo Vermelho. Os Latossolos podem ser distróficos ou eutróficos, são solos muito intemperizados, profundos, que se estendem por áreas de relevo aplainado, com textura homogênea ao longo do perfil e coloração que varia do vermelho escuro ao amarelado (REATTO, *et al.*, 2005). Os Argissolos se diferenciam pela concentração de argila no horizonte B textural, possuem profundidade, cores e drenagem variável. São solos ácidos que também podem ser distróficos ou eutróficos (BRASIL, 2018).

Os Cambissolos Háplicos, segundo Brasil (2018), se caracterizam por serem pouco desenvolvidos e por apresentarem horizonte B incipiente. Os Neossolos Litólicos, de acordo com Brasil (2018) são distróficos, asso-

ciados a afloramento de rochas, possuem pouca espessura e apresentam ausência de horizonte B.

Os mapas da Figura 3 mostram as classes de fragilidades do solo, fragilidade das declividades e fragilidade do uso e cobertura do solo na ABRU. Conforme Ross (1994), os níveis de fragilidade do solo, em relação ao escoamento das águas pluviais, são classificados em cinco classes hierárquicas e com base nessa classificação, na ABRU ocorrem quatro classes de fragilidade, sendo as classes muito baixa e média predominantes.

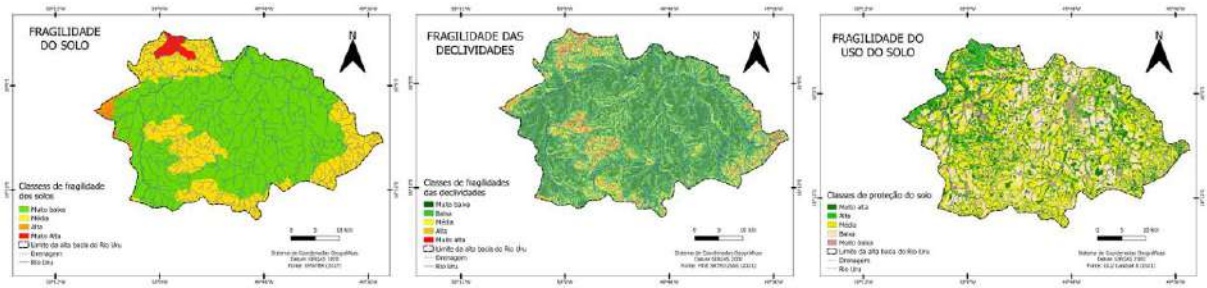


Figura 3: Fragilidade dos solos, das declividades e de uso e cobertura na ABRU.
Organização: Herculano e Souza (2021).

A declividade constitui uma importante variável de definição de fragilidade ambiental, pois pode determinar níveis potenciais de processos erosivos em maiores ou menores proporções (ROSA *et al.*, 2017; FLORENZANO, 2008). Na ABRU predominam as classes de fragilidades muito baixa e baixa, ocorrendo nas regiões de SRA. As classes de declividades média (12% a 20% de declividades), alta (20% a 30%) e muito alta (maior que 30%) ocorrem em regiões de Morros e Colinas.

O uso e cobertura do solo da ABRU evidencia a predominância da agropecuária, fragmentos de áreas de Cerrado representadas pelas formações savânicas e florestais. Há também ocorrência de solo exposto, sobretudo em áreas de práticas agrícolas, neste caso em decorrência da data da imagem, em intervalos de cultivos.

Os tipos de uso do solo e a cobertura vegetal são determinantes no processo de análise da fragilidade ambiental, pois determinam a fragilidade emergente de uma área. Esta variável indica o grau de proteção do solo e relevo frente às dinâmicas ambientais e processos humanos de uso e ocupação dos territórios (NAKASHIMA, 2001). Assim, em relação ao uso do solo, as áreas com coberturas naturais mais densas, apresentam níveis maiores de proteção e, áreas de atividades humanas intensivas, como agricultura e ocupação urbana, apresentam níveis muito baixos de proteção (CREPANI, *et al.*, 2001; KAWAKUBO *et al.*, 2005).

Na ABRU evidencia a predominância de níveis médios e baixos de proteção do solo, em áreas ocupadas por pastagem e agricultura. As classes de proteção alta e muito alta ocorrem associadas à cobertura vegetal que, no entanto, aparecem em menores proporções e sobretudo em regiões de morros e colina, inadequadas para as práticas agropecuárias. As áreas urbanas e solos expostos, que são resultado direto da ação antrópica, oferecem muito baixa proteção.

3.1 A fragilidade ambiental na ABRU

Na Figura 4 temos o mapa de fragilidade ambiental da ABRU, com a delimitação da UPs. Observa-se que há importante ocorrência da classe de fragilidade média, nas regiões de morros e colinas e zona de erosão recuante, constituídas pelos Argissolos e ocupadas predominantemente por pastagens, o que revela a suscetibilidade aos processos de compactação por pisoteio de animais, que dificulta a infiltração da água e favorecem a erosão dos solos pelo escoamento superficial. Essas condições também comprometem as áreas de nascentes e recarga do lençol freático, em razão do desmatamento, do soterramento destas áreas pelo assoreamento e avanço das pastagens.

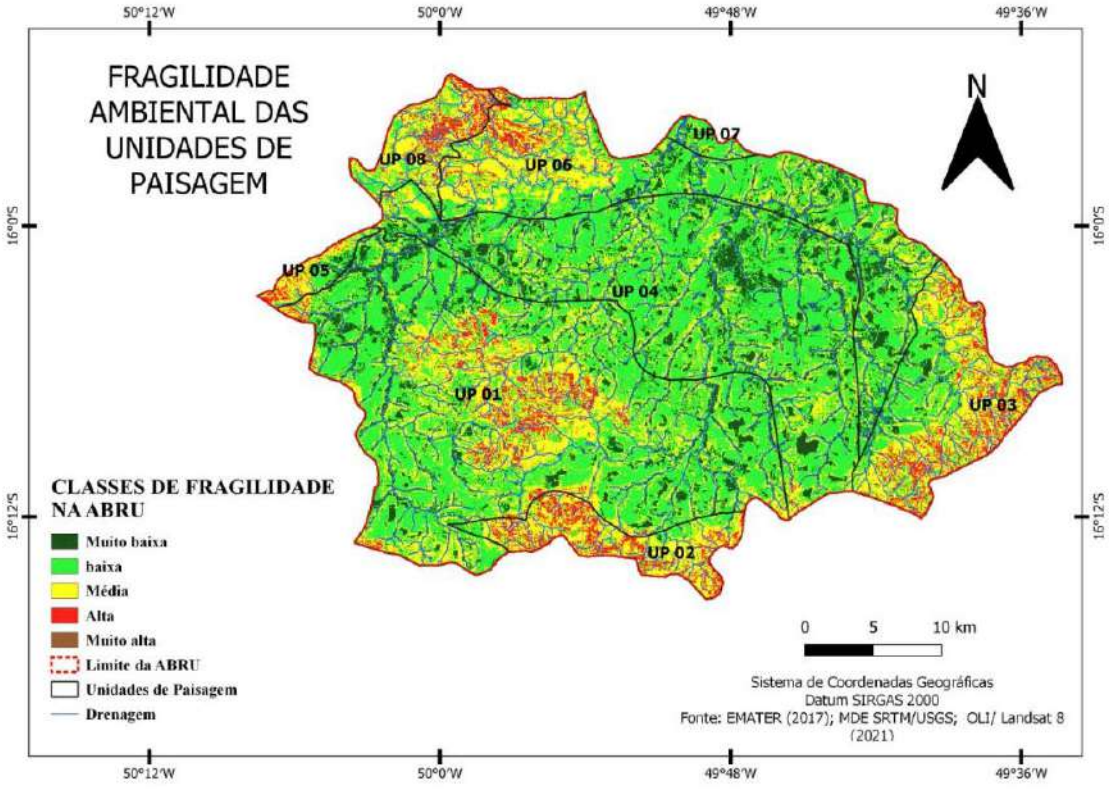


Figura 4: Mapa de fragilidade ambiental da ABRU com a delimitação das UPs.
Fonte: EMATER (2017); SRTM/USGS (2021) OLI/Landsat 8 (2021). Organização: Herculano (2021).

As classes de fragilidade alta e muito alta, embora em menores proporções coincidem com regiões de morros e colinas de maiores altitudes, nas cabeceiras de drenagem, compostas por Argissolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos, significativamente mais suscetíveis aos processos erosivos, em razão das suas estruturas, que associados aos maiores índices de declividade, justificam as classes de fragilidades. A classe baixa aparece como manchas distribuídas pela área. A interpretação mostra que prevalecem as classes de baixa e média fragilidade na ABRU e que as formas de uso e ocupação do solo, desprovidas de planejamento para o direcionamento para práticas adequadas de manejo, colocam toda a região da bacia em condição de vulnerabilidade.

3.2 A fragilidade ambiental das UPs

A UP 01, localizada em região de cabeceira de drenagem, apresenta a ocorrência de baixas fragilidades, resultado da ocorrência dos Latossolos Vermelho, relevos aplainados e baixas declividades. Destaca-se ainda, nessa UP, uma área com significativa ocorrência de média fragilidade, fragmentada por manchas de áreas com altas fragilidades em regiões ocupadas por morros e colinas e Argissolos Vermelho - Amarelo. A classe de fragilidade muito baixa, se apresentam como manchas distribuídas por toda a UP. A classe de fragilidade muito alta não ocorre.

Na UP 02 predomina a classe de fragilidade média, mas há significativa área de alta fragilidade. Observa-se a ocorrência de baixa fragilidade, situadas a nordeste e a oeste da unidade, onde também ocorrem pequenas manchas da classe de fragilidade muito baixa. A classe muito alta é ausente. As características descritas estão relacionadas a ocorrência de Argissolos Vermelho – Amarelo, ocupação da área por pastagens e significativa supressão da vegetação original.

A UP 03 apresenta predominância da classe de fragilidade média, permeada de fragmentos da classe alta. Estas classes estão distribuídas em Zonas de Erosão Recuante e Argissolos Vermelho-Amarelo, onde as pastagens plantadas são a principal forma de uso do solo. Observa-se ainda a ocorrência da classe de baixa fragilidade e ainda fragmentos da classe muito baixa, neste caso predominando sobre Latossolo Vermelho e Superfície Regional de Aplainamento e atividades agrícolas.

Situada sobre Superfície Regional de Aplainamento, Latossolos Vermelho e ocupada principalmente pela agricultura e ocorrência de área urbana, a UP 04, apresenta condições mais favoráveis em relação aos níveis

de fragilidade, quando comparada as demais UPs. Observa-se a predominâncias das classes muito baixa e baixa. Há fragmentos da fragilidade média distribuídas por toda a UP, ocorrência da alta fragilidade a nordeste e a sudeste. A classe muito alta é ausente.

Localizada sobre Hogback, na região da Serra Dourada no município de Goiás, onde predominam Cambissolos e elevadas declividades, a UP 05 apresenta cobertura de vegetação de Cerrado, na forma savânica, em razão das formas de relevo mais movimentados que tornam a região inapta para as práticas agropecuárias. Na UP 05 apresenta predominância da classe média de fragilidade. Há significativa área de altas e baixas fragilidades. Há ainda a ocorrência das classes muito baixa e muito alta, em menores proporções.

Localizada em regiões com predominância de SRA, Latossolos e atividades agropecuárias, a UP 06 apresenta predomínio das classes de fragilidade baixa e média. Há ainda ocorrência da classe muito baixa. Destaca-se que a nordeste percebe-se a ocorrência das classes alta e muito alta, em razão de relevos de Morros e Colinas, com ocorrência de Argissolos.

A UP 07 está localizada sobre SRA, onde predominam Latossolos Vermelho e onde os principais usos do solo são a agricultura e as pastagens plantadas. Em razão das características descritas essa UP apresenta condições favoráveis em relação aos níveis de fragilidade, pois predominam as classes muito baixa e baixa.

A UP 08 se apresenta como de destaque quando comparada as demais UPs da ABRU pois está delimitada sobre região de Morros e Colinas, com declividades elevadas, tendo como solos os Argissolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos. O Cerrado na forma savânica predomina nessa UP, sobretudo em razão dos limites impostos pela geomorfologia, mas, é possível observar o avanço das pastagens sobre essa vegetação natural. Tais condições favorecem a ocorrência das classes de fragilidade média e muito alta.

4. Considerações Finais

Na definição das UPs da ABRU evidenciou-se uma relação sistêmica entre os elementos do meio físico, onde predominou unidades com os relevos aplainados, com estruturas geológicas mais antigas e ocorrência de Latossolos. Também evidenciou a ocorrência de morros e colinas sobre

Argissolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos, em unidades geológicas mais resistentes, com maiores declividades.

Os resultados indicaram a predominância da classe de fragilidade ambiental baixa, associada a incidência das baixas declividades, sobre Latossolos e média fragilidade nas áreas de morros e colinas, sobre Argissolos. Em menores percentuais apresentam-se as classes alta e muito alta, associadas as maiores declividades do relevo e a classe muito baixa relacionada a cobertura vegetal de Cerrado preservada.

Embora os níveis de fragilidade alto e muito alto não sejam predominantes a região da BHRU apresenta uma situação que demanda atenção, pois em razão das formas de usos do solo que tem a agropecuária como atividade principal e por ser esta uma atividade econômica de grande impacto sobre os atributos naturais, há a tendência de evolução dos níveis de fragilidade.

5. Referências

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. R. **RA´E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA A. S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. *In:* VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BRASIL (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial** (INPE-8454-RPQ/722), 2001.

DIAS, Braulio Ferreira de Souza. **Conservação da biodiversidade no Bioma Cerrado: História dos impactos antrópicos no Bioma Cerrado**. *In:* Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Introdução à geomorfologia. In: GEOMORFOLOGIA: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.

GOIÁS (Estado). Secretária de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Por Edgar do M. Latrubesse, Thiago Morato de Carvalho. Goiânia, 2006a.

KAWAKUBO, F. S. *et al*. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 16 a 21 de abril 2005, Goiânia. Anais. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203 - 2210.

LACERDA FILHO, Joffre Valmório de *et al*, (org.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal (Conv. CPRM/METAGO S.A./UnB)**: 1:500.000. Goiânia: CPRM, 1999.

MOREIRA, M. L. O. *et al.* (orgs.) **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil e Geologia e Mineração. Goiânia: CPRM/ SIC - FUNMINERAL, 2008.

NAKASHIMA, M. S. R. Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 6, p. 1547-1560, 2001.

NUNES, A.K. Amaral; MOISÉS, L. Dutra. Uso de Geotecnologias para mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Caiapó - GO. **XI SINAGEO - Geomorfologia: compartimentação de paisagem, processo e dinâmica**, MARINGÁ - PR, 2016. Disponível em: http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-169-1528.html. Acesso em: 22 fev. 2021.

OLIVEIRA, C. G. *et al*. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB**: Folha SD.22-Z-C-VI – Itaguaru. Brasília: MME/CPRM, 1997.

REATTO, Adriana *et al*. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. *In*: SCARIOT, Aldicir *et al*. **CERRADO: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap. 1, p. 47 - 60.

ROSA, Eloisa Penna da *et al.* Definição das unidades de relevo no município de Jaguari – RS. *In:* PEREZ FILHO, A. *et al.* **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. Campinas - SP: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017.

ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxionomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo: n. 6. 1992. p. 17-29.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. *In:* Revista do Departamento de Geografia n°8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

SANDERVILLE JÚNIOR, Euler. Paisagem. **Paisagem Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 20, p. 47 - 60, 2005.

SPORL, Christiane; ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Análise Comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Geousp - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39 - 49, 2004.

TROPPMAIR, Helmut; GALINA, Márcia Helena. Geossistemas. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza - CE, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

Análise das Condições Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (Goiás), por Meio da Caracterização Climática e Técnicas de Sensoriamento Remoto

José Carlos de Souza[1]
Eliane Soares Ribeiro[2]
Jocy Ana Paixão de Sousa[3]
Elfany Reis do Nascimento Lopes[4]

Resumo: A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho é uma das importantes bacias do estado de Goiás e que vem registrando perdas significativas da cobertura de Cerrado, para introdução principalmente de pastagens cultivadas, produzindo uma alta fragmentação da paisagem e processos de degradação dos recursos hídricos. Assim, este trabalho objetivou avaliar as condições ambientais Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, por meio da caracterização climática e de técnicas de sensoriamento remoto. Para isso foram levantados e analisados os dados climáticos da região, como balanço hídrico, totais de chuva e temperaturas e avaliação do uso e cobertura do solo e aspectos biofísicos, por meio dos índices SAVI e NDWI. A pastagem é a principal cobertura da bacia e é a cobertura do solo que registraram baixos valores de NDWI e valores medianos de SAVI. As áreas naturais de Cerrado ocupam apenas 30% da área e aprestaram boas condições de SAVI e medianas condições de NDWI. Os melhores escores de SAVI e NDWI estão associados ao baixo curso da bacia e em áreas com coberturas de Cerrado mais densas e de culturas irrigadas. Estas condições estão associadas as características climáticas do período do seco para a região, que registra os menores totais de chuva, os mais baixos índices de umidade relativa do ar e maior déficit hídrico.

Palavras-chave: Paisagem; Índices de Vegetação; Cerrado; Uso do solo.

1 Universidade Estadual de Goiás, no curso de Geografia (Graduação e Mestrado) nos Campus Cora Coralina - jose.souza@ueg.br

2 Graduanda em Geografia na Universidade Estadual de Goiás, Campus Cora Coralina - elianemanu12@gmail.com

3 Instituto de Ciência e Tecnologia - jocy_belem@hotmail.com

4 Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) Campus Sosígenes Costa/Porto Seguro, no Centro de Formação em Ciências Ambientais (CFCam) na graduação e Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais. - elfany@csc.ufsb.edu.br

Abstract: The Rio Vermelho watershed is one of the important watersheds in the state of Goiás and has been recording significant losses of Cerrado coverage, mainly for the introduction of pastures cultivated, producing a high fragmentation of the landscape and processes of degradation of water resources. Thus, this study aimed to evaluate the environmental conditions of the Rio Vermelho watershed, through climatic characterization and remote sensing techniques. The climatic data of the region were collected and analyzed, such as water balance, total rainfall and temperatures, and evaluation of land use and land cover and biophysical aspects, using the SAVI and NDWI Indexes. Pasture is the main cover of the watershed and is the land cover that recorded low NDWI values and median SAVI values. The natural areas of Cerrado occupy only 30% of the area and provided good SAVI conditions and medium NDWI conditions. The best SAVI and NDWI scores are associated with the lower course of the watershed and in areas with denser Cerrado covers and irrigated crops. These conditions are associated with the climatic characteristics of the dry period for the region, which registers the lowest total rainfall, the lowest levels of relative air humidity and the greatest water deficit.

Keywords: Landscape; Vegetation Indexes; Cerrado; Land Use.

Introdução

O Cerrado é um dos biomas brasileiros que já passou por uma série de transformações, resultado do acelerado processo de antropização das paisagens naturais (SILVA; BARBOSA, 2020; STRASSBURG *et al.*, 2017). Devido a expansão das atividades agrícolas, principalmente por meio de incentivos do governo, a partir de 1970 (BOLFE; SANO; CAMPOS, 2020), hoje tem-se uma paisagem natural formada por remanescentes da vegetação nativa, que se encontram muito ameaçados (POLIZEL *et al.*, 2021).

Além da degradação provocada pela agropecuária (DIAS; MOSCHIN; TREVISAN,2017), tem-se a ocorrência de incêndios florestais, que são intensificados pelas condições climáticas (SANTANA, 2018) e por ações antrópicas durante a estação seca (CONCIANI *et al.*, 2021). Porém, é importante enfatizar a ocorrência do fogo de forma natural, que é essencial para a sobrevivência de algumas espécies do bioma Cerrado, já que requerem o fogo para quebrar a dormência de algumas sementes (MEDEIROS; MIRANDA, 2008).

Nos últimos anos a degradação do Cerrado tem sido intensificada pela menor ocorrência de precipitação e o aumento da temperatura (SANTOS *et al.*, 2021), condições que provocam diversas consequências, entre as quais, Menino *et al.* (2012) destacam-se que ao se ter uma estiagem prolongada ou uma menor média da precipitação, pode contribuir para redução da cobertura vegetal, maior potencial para ocorrência de queimadas induzidas e redução de disponibilidade de água nos sistemas hídricos.

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV), assim como todo o domínio do Cerrado, vem registrando perdas significativas da cobertura de Cerrado, para introdução principalmente de pastagens cultivadas, produzindo uma alta fragmentação da paisagem. Nesta bacia, as pastagens cultivadas é a cobertura predominante e estudos desenvolvidos por Vieira, Ferreira e Ferreira (2015) já indicavam que pelo menos 65% da área da bacia já tinha sido convertida em usos antrópicos, resultando em reduzidas manchas de vegetação nativa. Cenários como este da BHRV têm elevado o Cerrado a um dos *hotspots* mundiais, constituindo-se como uma área prioritária para conservação da biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000).

Mesmo diante da importância desse bioma para a manutenção da biodiversidade e a disponibilização dos serviços ecossistêmicos, tem-se um cenário marcado pela perda da paisagem natural (STRASSBURG *et al.*, 2017), que interferem diretamente nas condições ambientais dos geossistemas. Geossistemas são recortes na paisagem onde há a inter-relação/interdependência dinâmica e continua dos elementos ambientais e antrópicos, a exemplo de uma bacia hidrográfica (ROSS, 2009; BOTELHO; SILVA, 2010; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

Portanto, uma forma de analisar e caracterizar as condições ambientais de uma bacia hidrográfica é utilizar o Sensoriamento Remoto (SR), considerada uma ferramenta de grande potencialidade nos estudos ambientais em que se pode destacar seu emprego por meio dos índices de vegetação (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2009). Entre estes índices, destacam-se Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), que são capazes de fornecer informações importantes acerca da superfície terrestre (PEREIRA *et al.*, 2020).

Considerando a importância do Cerrado para a manutenção da biodiversidade e a disponibilização dos serviços ecossistêmicos e de técnicas de sensoriamento remoto para obtenção das informações, este estudo objetivou avaliar as condições ambientais Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV) por meio da caracterização climática e de técnicas de sensoriamento remoto.

Materiais e métodos

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV) está localizada na porção Oeste do Estado de Goiás (Figura 1) entre as coordenadas 14°55'00" e 16°20'00" de Latitude Sul e 50°00'00" e 51°30'00" de Longitude Oeste e compõe o sistema de drenagem da bacia do rio Araguaia. Ocupa uma área de 10.824,60 km² e seu território é composto pelos municípios de Goiás, Aruanã, Matrinchã, Britânia, Jussara, Santa Fé de Goiás, Fazenda Nova, Novo Brasil, Buriti de Goiás, Faina e Itapirapuã.

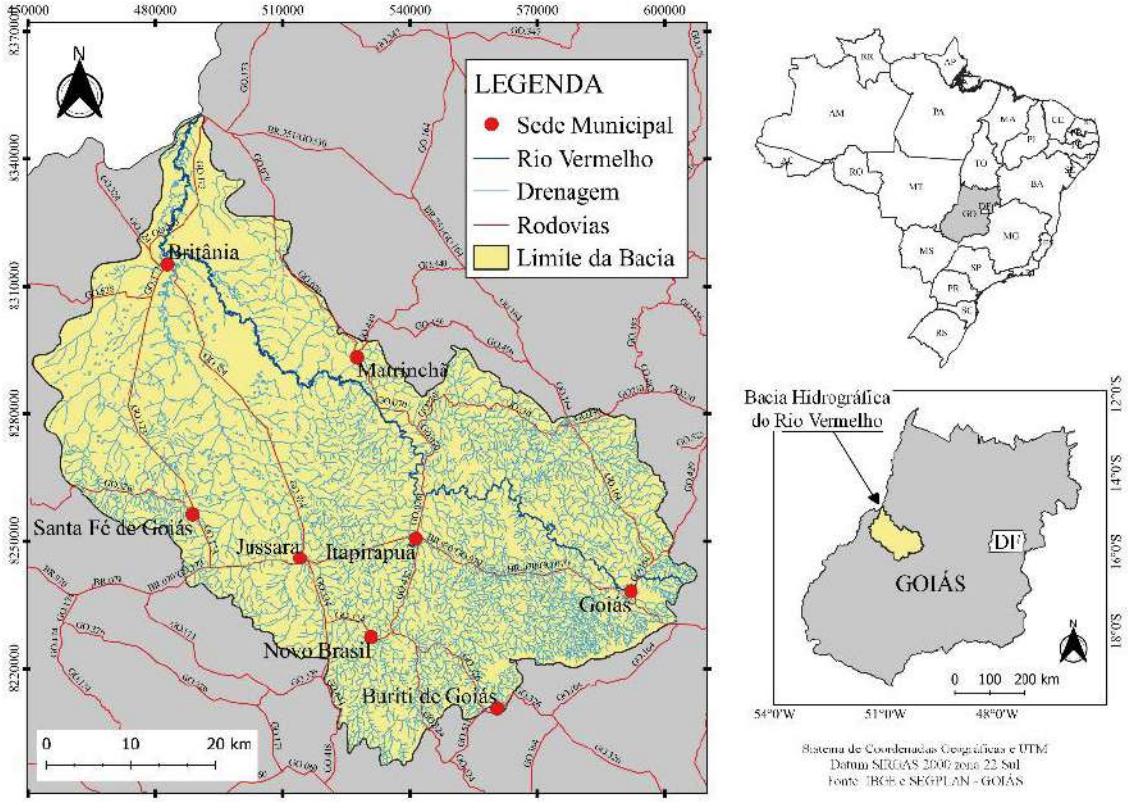


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Goiás, Brasil.
Fonte: Elaborada pelos autores.

O clima da BHRV é classificado como do tipo Tropical Semiúmido, com chuvas predominantemente de outubro a março e os demais meses apresentam estiagem. Os totais anuais de chuva variam de 1500 a 1800 mm e as temperaturas médias variam de 24 a 26º, com mínimas entre 18 a 21º e máximas entre 28 a 34º (IBGE, 1999). A alta bacia é formada por superfície de aplainamento, em rochas Pré-Cambrianas e relevos dobrados com forte dissecação, com elevação que podem chegar a 1000m. Nos médio e bai-

xo cursos temos superfícies de aplanamento, com cotas entre 250 e 400m e planícies fluviais (GOIÁS, 2006).

Levantamento dos aspectos climáticos

Foram adquiridas as séries temporais do balanço hídrico e totais anuais de precipitação para o município de Goiás (GO) no período de 1985 a 2016, utilizando a base disponibilizada do INMET (2021). Posteriormente, foram elaborados gráficos e tabelas das médias mensais de evaporação, temperatura, umidade relativa do ar, balanço hídrico e precipitação em dois períodos sendo de 1961 a 1990 e 1991 a 2010. O município de Goiás está à montante da bacia e é o único na região que possui estações meteorológicas.

Mapeamento do uso e cobertura do solo

Foram utilizadas imagens do sensor MSI/Sentinel 2-B, datadas de julho de 2019, adquiridas com a correção geométrica e radiométrica, e, posteriormente corrigidas para reflectância na base da atmosfera (BOA), utilizando a extensão Sen2Cor do software SNAP 6.0 (ESA, 2019). As classes de uso e cobertura do solo foram mapeadas por método de classificação supervisionada da composição colorida R4G3B2, utilizando o *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), no software QGIS versão 3.16.

Índices de vegetação

Utilizando as bandas espectrais das imagens do sensor MSI/Sentinel 2-B caracterizadas na seção anterior, foram calculados os índices espectrais Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) na área de estudo, conforme equações abaixo.

$$SAVI = \frac{(1+L).(NIR - R)}{(L + NIR + R)}$$

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

Em que: NIR = banda do infravermelho próximo; R = banda do vermelho; SWIR = banda do infravermelho de ondas curtas; L = fator de ajuste do solo (0,5).

O processamento das imagens e o cálculo dos índices foram realizados no software QGis 3.16 e realizado tratamento estatístico exploratório e descritivo, utilizando as medidas de tendência central (média e mediana), medidas de dispersão (valores mínimo e máximo, desvio padrão - DP).

Resultados e discussões

Aspectos climáticos

As precipitações na bacia apresentam variação considerável no período, pois o ano mais chuvoso registra o dobro do total de chuva em relação ao ano menos chuvoso e queda da precipitação temporalmente, conforme Figura 2a. Nesses períodos, o ano de 1992 se destaca com o maior total registrado (2425,7 mm). Já o ano com menor total de precipitação é de 2002 registrando (1209,8 mm). Os dados apresentam uma variação importante no período.

As médias mensais de precipitação indicam que os meses com menores totais de precipitação são de maio a setembro, sendo o mês de julho o que registra menor precipitação, nos dois períodos registrados. Assim, observa-se que a estação chuvosa se estende de outubro a abril, tanto para o período de 1961-1990, quanto para o período de 1991-2010 (Figura 2b)

Ao analisar as médias mensais e evaporação para dois períodos, observou-se que o pico de evaporação ocorre no mês de agosto, enquanto os meses de dezembro e janeiro apresentam as menores taxas de evaporação. Observa-se que no período de1991 a 2010 as taxas evaporação aumentaram de forma considerável em todos os meses (Figura 2c). Isto indica aumento das perdas de umidade para a atmosfera e menor acúmulo de água na superfície, com consequência no vigor e densidade da vegetação e no abastecimento dos sistemas hídricos.

As médias mensais de temperaturas apontam a ocorrência de queda da temperatura nos meses de maio, junho e julho e somente no mês de agosto volta aumentar com pico no mês de setembro, em ambos os períodos. Todo período de 1961 a 2010 se constituiu com as médias de temperatura tendo setembro como o mês mais quente no município de Goiás (Figura 2d). O período mais úmido a umidade atinge percentuais entre 80% e 78%,

nos meses de dezembro a março, enquanto que de julho a setembro, esses percentuais alcançam taxas entre 44% a 64%. Os dados também apontam que no período de 1991 a 2010 há a redução das taxas de umidade, quando comparado com o período de 1961 a 1990 (Figura 2e).

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1961-1990	80	80	79	76	70	64	56	52	56	67	76	79
1991-2010	79,9	78,4	78,6	73,1	65,9	59,2	52,2	44,8	49,3	63,7	74,3	79,6

Figura 2. Aspectos climáticos do município de Goiás. (a) Totais anuais de precipitação para o município de Goiás (GO) no período de 1985 a 2016. (b) Médias mensais e precipitação em milímetros para os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2010. (c) Médias mensais e evaporação para os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2010. (d) Médias mensais e temperatura (°C) para os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2010. (e) Médias mensais e umidade relativa do ar (%) para os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2010. Fonte dos dados: INMET (2021).

As condições de déficit hídrico, entre 1961 e 1990, inicia no mês de maio e perdurando até setembro, com maior deficiência hídrica registrada no mês de agosto, com 184,7 mm negativos. No mês de janeiro alcança o maio balanço hídrico, corroborando com as médias de precipitação e o período

chuvoso. Já no período de 1991 a 2010, as condições de umidade e disponibilidade de água na superfície são mais críticas. Pode-se verificar que no mês de abril se dá o início do déficit hídrico perdurando até outubro, registrando um intervalo maior de redução hídrica. O mês de agosto registra o maior déficit (- 265,6) e o mês de janeiro com as melhores disponibilidades anuais (Tabela 1).

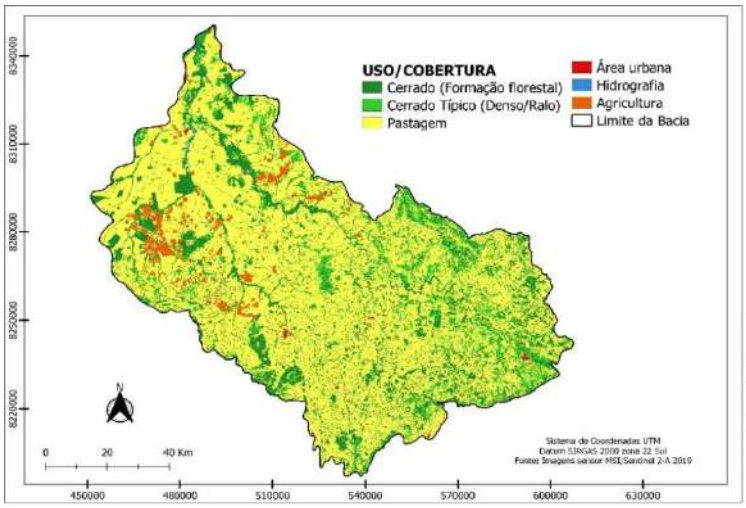
Tabela 1 - Balanço hídrico do período de 1961 a 1990.

Mês	1961 a 1990			1991 a 2010		
	Média de Precipitação (mm)	Média de Evaporação (mm)	Balanço Hídrico (mm)	Média de Precipitação (mm)	Média de Evaporação	Balanço Hídrico (mm)
Janeiro	355,1	66	289,1	345	86,9	258,1
Fevereiro	264,4	63,5	200,9	268,3	82,3	186
Março	236,5	69	167,5	252,4	92,5	159,9
Abril	108,3	83,8	24,5	115	115,2	- 0,2
Maio	40,9	108	- 67,1	28,9	149,3	- 120,4
Junho	2,6	123,1	- 120,5	10,6	173,3	- 162,7
Julho	4,7	162,3	- 157,6	4,6	222,3	- 217,7
Agosto	13,5	198,2	- 184,7	11,8	277,4	- 265,6
Setembro	39,9	177,7	- 137,8	45,8	259,4	- 213,6
Outubro	155,2	123,1	32,1	147,4	181,9	- 34,5
Novembro	256,5	78,7	177,8	238	107,3	130,7
Dezembro	300,2	61,8	238,4	341	86,6	254,4

Fonte dos dados: INMET (2021).

Uso e cobertura do solo

A BHRV apresenta uma paisagem com influência dos processos de ocupação do Cerrado Brasileiro, com histórico de fronteira agrícola e perdas significativas de coberturas naturais (KLINK; MACHADO, 2005). A Figura 3 apresenta a distribuição e quantitativo das classes de uso do solo e cobertura vegetal, denotando que as áreas naturais se constituem em menor taxa de ocupação, sendo a pastagem a matriz da paisagem e está direcionada para a criação de gado que é a principal atividade econômica observada na bacia.



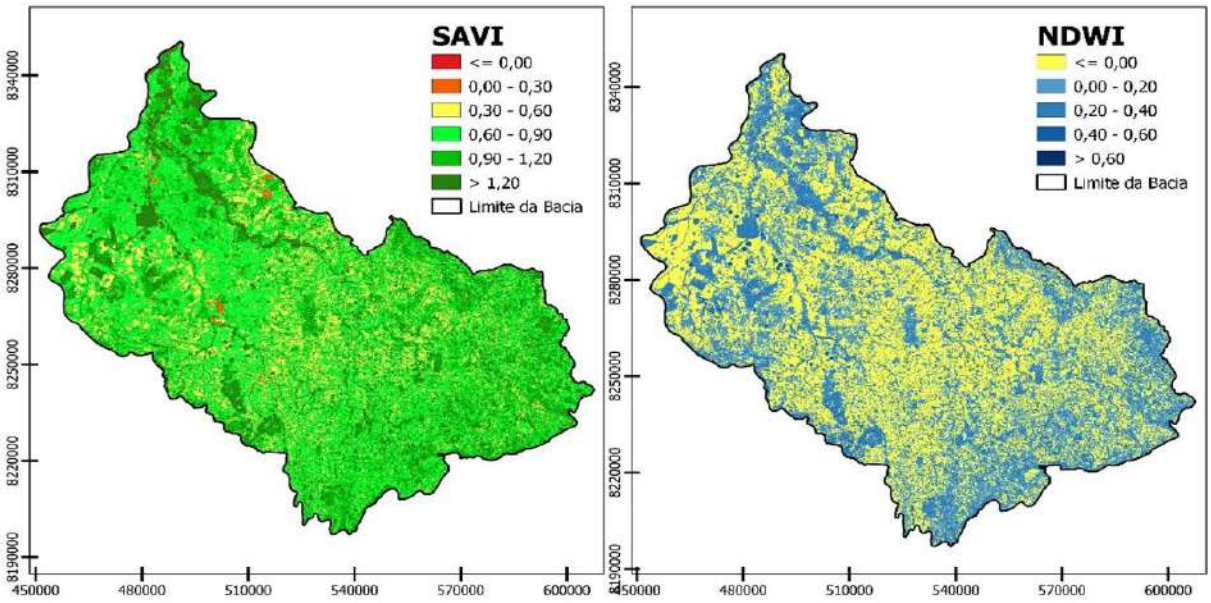
Classe	Área Km²	% na bacia
Cerrado (Formação florestal)	1776,7	16,41%
Cerrado Típico (Denso/Ralo)	1307,9	12,08%
Pastagem	7344,9	67,86%
Área Urbana	17,3	0,16%
Agricultura	394,66	3,65%
Hidrografia	48,9	0,45%
Total	10824,6	100%

Figura 3 – Uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Goiás (2019).
Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se observar que a cobertura natural do Cerrado identificada na formação florestal e Cerrado Típico e somam 28,49%. As formações florestais se concentram nas superfícies de aplainamento e nas planícies fluviais, nos médio e baixo cursos da bacia, onde ocorrem solos mais profundos e onde também predominam as atividades agrícolas, especialmente o plantio de soja. O Cerrado Típico, denso ou ralo estão em solos mais movimentados como Neossolos Litólicos, Argissolos e Cambissolos, predominantes na alta bacia.

Índices de vegetação

A análise espectral da vegetação encontra-se apresentada na Figura 4. A amplitude dos escores mínimo, máximo e a variabilidade do desvio padrão está condicionada à diversidade de formas de uso e cobertura do solo na bacia.



Índice	Mínimo	Máximo	Média	Pico de frequência	Desvio padrão
SAVI	-1,49	1,49	0,85	0,67/1,21	0,27
NDWI	-0,42	0,54	0,03	0,04/0,21	0,11

Figura 4 - SAVI e NDWI da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Goiás.
Fonte: Elaborada pelos autores.

Os índices foram avaliados com bandas espectrais do período de estiagem para a região, julho de 2019, e como descrito na caracterização climática, o mês de julho está entre os meses que registra historicamente os menores totais de chuva, os mais baixos índices de umidade relativa do ar, maior evaporação, menores temperaturas e maior déficit hídrico. Estas condições associadas as características do meio físico, acabam refletindo na umidade da vegetação e na densidade e vigor vegetativo.

As médias dos índices indicam boas condições de vigor e produção fotossintética para toda a bacia, no entanto, condições críticas de umidade na vegetação, corroborando os resultados da caracterização climática. Os picos de frequências apresentados em ambos os índices se referem às coberturas predominantes do solo (pastagens plantadas e cobertura de Cerrado). As pastagens plantadas apresentaram picos de SAVI no valor de 0,67, considerados como medianos (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011) e NDWI de 0,04, considerado como muito baixos (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Já as coberturas florestais de Cerrado apresentaram picos de 1,21 para o SAVI e 0,21 para o NDWI.

As maiores concentrações de vigor vegetativo e umidade estão localizados do médio para o baixo cursos da bacia, pois encontram-se instalados nesse local o desenvolvimento de agricultura irrigada, em solos mais úmi-

dos, em função da densidade de corpos hídricos e fragmentos de vegetação mais densa, com formações florestais de Cerrado.

A Figura 5 apresenta a trechos do baixo e alto cursos da BHRV. Nas imagens ***a***, ***b*** e ***c*** percebemos feições geométricas mais definidas, típicas de áreas agrícolas e de pastagens plantadas, em relevos mais planos e solos com maior aptidão agrícola. Nas imagens ***d***, ***e*** e ***f*** localizadas no alto curso da bacia, percebemos feições mais irregulares, correspondentes as condições topográficas de relevos mais inclinados e solos com baixa aptidão agrícola e pastagens plantadas e formações de Cerrado Típico, variando de ralo a denso.

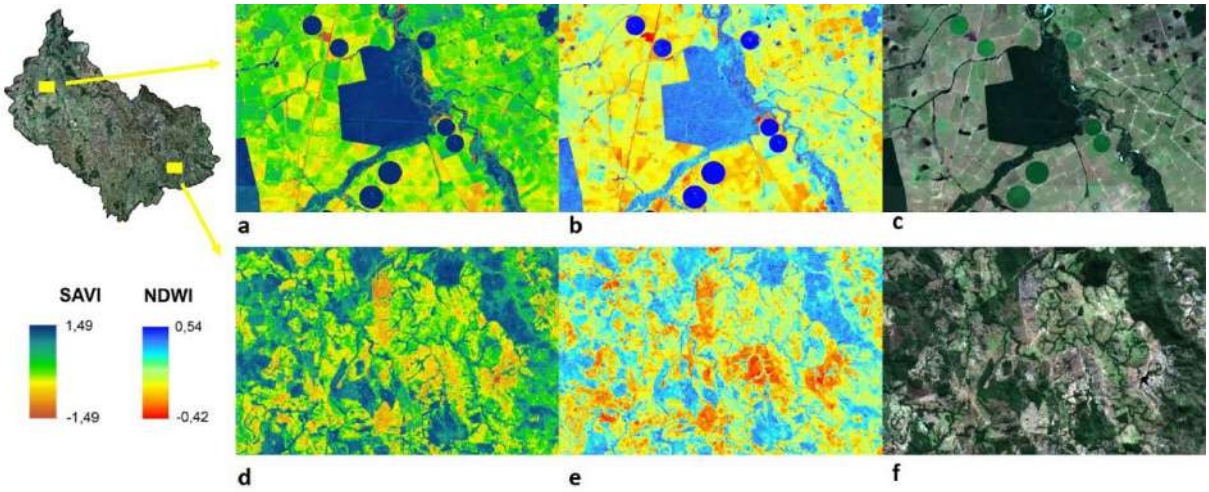


Figura 5 - SAVI, NDWI e composição colorida de trechos do alto e baixo cursos da bacia hidrográfica do Rio Vermelho - Goiás. ***a*** e ***d*** - SAVI. ***b*** e ***e*** - NDWI. ***c*** e ***f*** - composição colorida (R4G3B2).
Fonte: Elaborada pelos autores.

As pastagens possuem as maiores áreas contínuas no baixo curso da bacia. Nesta porção da bacia é muito comum a ocorrência de plantações irrigadas no sistema pivô central, como pode-se perceber nas feições geométricas circulares das imagens índice (Figura 5 – *a*, *b* e *c*). Os maiores valores de SAVI, que corresponde as melhores condições de vigor vegetativo e produção fotossintética, foram registradas nas áreas agrícolas irrigadas (pivô central) (Figura 5 *b*) e nos fragmentos de vegetação mais densa de Cerrado, como pode-se perceber no fragmento de mata na porção central da (Figura 5 *a*). Os maiores valores de NDWI, que corresponde as melhores condições de umidade, foram registradas nas áreas agrícolas irrigadas (pivô central) (Figura 5 *b*).

Considerações Finais

Sobre as condições climáticas os resultados apontaram uma variação dos totais de chuvas de 1985 até 2016 registrando uma alta no período de 1992 com (2425,7 mm) e uma queda em 2002 com (1209,8 mm). As taxas de evaporação aumentaram de forma considerável em todos os meses, destacando o mês de agosto com o maior pico de evaporação no período entre 1991 e 2010. As médias mensais de umidade relativa do ar apresentaram valores máximos de 80% e no período mais seco, valores entre 44% e 64%. O mês de julho é o mês que registra menor precipitação e é período de estiagem.

O balanço hídrico manteve-se crítico nos dois períodos no mês de agosto, tendo taxas negativas. A pastagem é a principal ocupação da bacia e é a cobertura do solo que registraram baixos valores de NDWI e valores medianos de SAVI. As áreas naturais de Cerrado ocupam apenas 30% de sua extensão e aprestaram boas condições de SAVI e medianas condições de NDWI. Os melhores escores de SAVI e NDWI estão associados ao baixo curso da bacia e em áreas com coberturas de Cerrado mais densas e próximas às drenagens e as áreas de culturas irrigadas.

Agradecimentos

Á Universidade Estadual de Goiás pela concessão de bolsa de Iniciação Cientifica a segunda autora (PBIC/UEG).

Referências

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. **Dinâmica Agrícola no Cerrado:** Análises e Projeções. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 312 p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. *In:* VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

CONCIANI, D. E.; SANTOS, L. P.; SILVA, T. S. F.; DURIGAN, G.; ALVARADO, S. T. Human-climate interactions shape fire regimes in the Cerrado of São Paulo state, Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v. 61, p. 1-10, 2021.

DEMARCHI J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat-5. **RA´E GA**, v. 21, p. 234-271, 2011.

DIAS; L. C. C.; MOSCHINI, L. E.; TREVISAN, D. P. A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG – Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.6, n.2, p. 85-105, 2017.

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geomorfologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Organizado por Edgardo M. Latrubesse e Thiago Morato de Carvalho. Goiânia: SIC/SGM, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnóstico Ambiental da bacia do Rio Araguaia – Trecho Barra do Garças (MT) – Luis Alves (GO).** Por Del'Arco J. O. *et al*. Goiânia. 1999.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Volume 1. No 1. Julho, 2005.

MASCARENHAS; L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento Remoto como Instrumento de Controle e Proteção Ambiental: Análise da Cobertura Vegetal Remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.

MEDEIROS, M.B.; MIRANDA, H.S. Post-fire resprouting and mortality in Cerrado woody plant species over a three-year period. **Edinburgh J. Bot.**, v. 65, p. 53-68, 2008.

MENINO, G.C.O., NUNES, Y.R.F., SANTOS, R.M., FERNANDES, G.W., FERNANDES, L.A. Environmental heterogeneity and natural regeneration in riparian vegetation of the brazilain semi-arid region. **Edinburgh J. Botany**, v. 69, n. 1, p. 29–51, 2012.

MYERS, N. *et al.*, Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, p. 853-858, 2000.

OLIVEIRA, T. H. *et al.* Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife. n. 3, p. 55-69, 2010.

PEREIRA, J. A. V.; SOUZA, Y. G.; CORREIA, I. M. G.; SOUZA, B.I. Uso e Cobertura do Solo e Comparação entre os Índices de Vegetação SAVI e NDWI na Área de Proteção Ambiental das Onças, Paraíba, Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 37, n. 2, 2020.

POLIZEL, S. P.; VIEIRA, R. M. S, P.; POMPEU, J.; FERREIRA, Y. C, SOUSA-NETO, E. R.; BARBOSA, A. A; OMETTO, J. P. H. B. Analysing the dynamics of land use in the context of current conservation policies and land tenure in the Cerrado – MATOPIBA region (Brazil). **Land Use Policy**, v. 109, p. 1-18, 2021.

ROSS, J. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SANTANA, N.C. Fire Recurrence and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Dynamics in Brazilian Savanna. **Fire**, 1–17, 2018.

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M.G.; DELGADO, R. C.; MAGISTRALI, I. C.; SILVA, C. G.; OLIVEIRA, C. M. M.; LARANJEIRA, J. P. B.; SILVA, T. P. Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology and Management**, v. 482, p. 1-11, 2021.

SILVA, S. D.; BARBOSA, A. S. Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. **Estudos Ibero-Americanos**, Porto Alegre, v. 46, n. 1, p. 1-18, jan.-abr. 2020.

STRASSBURG, B. B N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A.E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C.A.M.; SCARANO, F.R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 0099, p. 1-3, 2017.

VIEIRA, P. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Modelagem Dinâmica da Paisagem Aplicada à Análise da Cobertura e Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Estado De Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, N. 67/6, p. 1217-1230, Set/Out, 2015.

Educación Ambiental, Voluntariado y Participación Ciudadana en la Gestión de Sistemas Fluviales. Ejemplos en España

Mario Burgui Burgui[1]
Edson Vicente da Silva[2]

Resumo: Estudos recentes mostram uma grave deterioração das massas de água em Espanha que, juntamente com as previsões relacionadas com as mudanças climáticas, apontam para um futuro preocupante a curto prazo. Neste trabalho são apresentadas várias iniciativas de educação ambiental e voluntariado desenvolvidas em Espanha, cujos principais objetivos são promover a participação dos cidadãos na gestão e conservação dos rios, zonas húmidas e recursos hídricos em geral. Os resultados mostram a relevância deste tipo de iniciativas para a concretização dos objetivos acima mencionados em colaboração com as administrações públicas.

Palavras-chave: Educação ambiental; voluntariado; participação pública; rios; recursos hídricos.

Resumen: Informes recientes muestran un grave deterioro de las masas de agua en España que, unido a las previsiones relacionadas con el cambio climático, auguran un futuro preocupante a corto plazo. En este trabajo se presentan varias iniciativas de educación y voluntariado ambiental desarrolladas en España, cuyos objetivos principales son favorecer la participación ciudadana en la gestión y conservación de los ríos, humedales y recursos hídricos en general. Los resultados muestran la relevancia de este tipo de iniciativas para lograr los objetivos mencionados en colaboración con las administraciones públicas.

Palabras clave: educación ambiental; voluntariado; participación pública; ríos; recursos hídricos.

1 Universidad de Alcalá (Madrid, España) – marioburgui@yahoo.es.

2 Universidade Federal do Ceará – cacauceara@gmail.com.

Abstract: Recent reports show a serious deterioration of the rivers, wetlands and aquifers in Spain that, together with the forecasts related to climate change, predict a worrying future in the short term. This paper presents several environmental education and volunteering initiatives developed in Spain, whose main objectives are to promote public participation in the management and conservation of rivers, wetlands and water resources in general. The results show the relevance of this type of initiatives to achieve the aforementioned objectives in collaboration with public administrations.

Keywords: environmental education; volunteering; public participation; rivers; water resources.

1. Introducción

Situación de las masas de agua en España

Según estudios recientes, el 40% de las masas de agua en España se encuentran en un estado muy deficiente. Así lo muestran las evaluaciones realizadas por las confederaciones hidrográficas, órgano responsable de la gestión última de los recursos hídricos en nuestro país, dependiente a su vez del actual Ministerio de Transición Ecológica. Ríos, lagunas, humedales o acuíferos están muy lejos de cumplir los requisitos exigidos por la normativa correspondiente. Las principales causas de esta situación son la sobreexplotación, contaminación o deterioro ecológico (Rejón, 2021).

Pero esta situación no es nueva en nuestro país, sino que viene de lejos. Y es preocupante que, a pesar de los esfuerzos realizados por distintos sectores en los últimos años, y la implementación de las normativas europeas y nacionales, la situación no haya mejorado. Un ejemplo es la Directiva Marco del Agua, una normativa a nivel europeo que entró en vigor el 22 de diciembre de 2000, con objeto de unificar las actuaciones respecto a la gestión del agua en la Unión Europea, sentando los principios fundamentales para una gestión sostenible de los recursos hídricos en todos los países de la unión (MITECO, 2021). Por aquel entonces, el diagnóstico ya era preocupante para España y, a tenor de otros informes realizados en este caso por organizaciones no gubernamentales, la situación no ha mejorado mucho: 1) gran parte de las cuencas hidrográficas mediterrá-

neas tienen un riesgo severo de sobreexplotación de cauces superficiales (y el resto tienen un riesgo muy significativo), 2) el 25% de los acuíferos del país están severamente sobreexplotados, 3) en buena parte de las cuencas del país se prevé una reducción del 10% del agua superficial disponible para 2040, situación que podría agravarse dependiendo de la evolución del cambio climático (WWF, 2019).

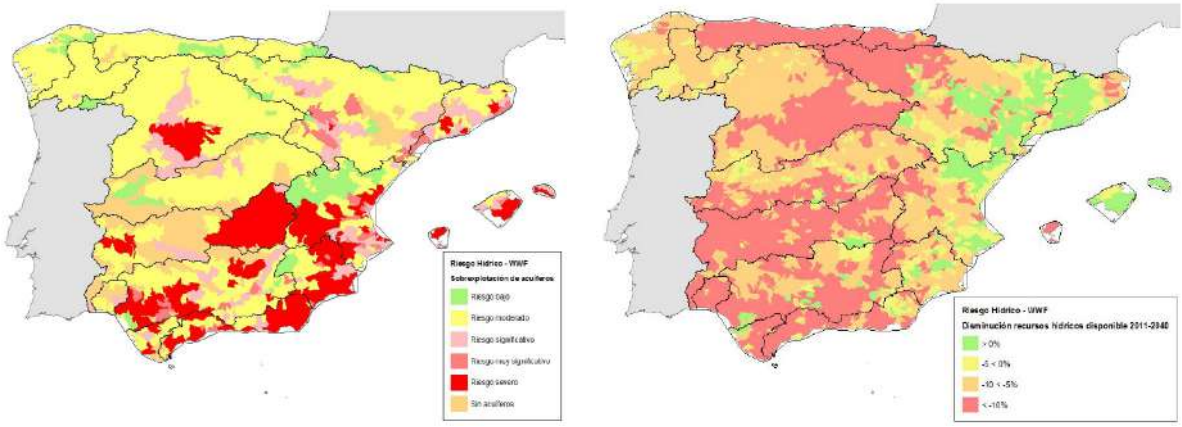


Figura 1. Izquierda: Grado de sobrexplotación de los acuíferos en España. Derecha: disminución de los recursos hídricos prevista para el periodo 2011-40 como consecuencia del impacto del cambio climático.
Fuente: WWF, 2019.

Estos indicadores muestran de forma preocupante que estamos ya acercándonos a un punto de no retorno en lo que respecta a la durabilidad y pervivencia en buen estado de los recursos hídricos en España. La situación exige un cambio de rumbo respecto a las políticas expansionistas de fomento y aumento del consumo de agua barata. Y no sólo es necesario reformar leyes y normativas, así como ajustar la demanda a la verdadera disponibilidad de agua, garantizando los caudales ecológicos y la sostenibilidad de los sistemas fluviales. También es preciso incrementar la sensibilización de la ciudadanía ante este grave problema y favorecer su participación activa en la conservación de los recursos hídricos. Es decir, la gestión técnica y administrativa debe ir de la mano de una "gestión popular", informada, influyente y decisiva.

Ventajas de la participación pública

Un factor clave para incrementar la sensibilización ciudadana y la mejora de la calidad ambiental de nuestro entorno es la participación ciudadana, la cual presenta las siguientes ventajas (Perero van Hove, 2002):

1. *Garantía de la calidad de vida*. Algunos autores la consideran la principal ventaja, debido a que garantiza que las acciones que se lleven a

cabo en un determinado lugar se van a ajustar mejor a las necesidades de sus habitantes que si estos no participasen en las decisiones o incluso en las acciones de restauración o conservación de su entorno.

2. *Refuerzo de la identidad*. La participación pública refuerza el sentimiento del ciudadano de pertenencia al lugar donde reside y, con ello, su identidad. Ello, como no podría ser de otra manera, redunda en beneficios para el medio ambiente, dado que las personas adquieren conciencia de la importancia de su papel individual y actúan de acuerdo con ello. En todo este proceso, se propicia la recuperación del habitante de su condición de ciudadano, entendiéndose éste como alguien que se preocupa de las cuestiones públicas más allá de votar en las elecciones cada cuatro años, o de pertenecer a determinadas asociaciones o sindicatos (Hernández, 2003).
3. *Mejora de la relación con las administraciones públicas y mayor eficacia de las soluciones*. Por lo visto hasta ahora, se infiere que aquellos ciudadanos que han participado en el proceso de toma de decisiones e incluso en la ejecución de determinadas acciones en su barrio o ciudad, las ven como algo propio y no como algo ajeno de lo que solo se ocupan los técnicos y gobernantes. Ello conlleva en primer lugar un cambio –en positivo– de la visión que los ciudadanos tienen de la administración (como un ente abierto que escucha a los residentes y sirve al interés común), lo cual propiciará el éxito de futuras colaboraciones entre ambas partes. Y, además, la satisfacción experimentada por los ciudadanos partícipes de la mejora de su entorno, les inducirá a una mayor colaboración en su mantenimiento y cuidado.
4. *Cambio de actitudes*. El caldo de cultivo creado mediante la colaboración fructífera Administración-Ciudadanía genera un cambio de actitudes respecto al cuidado del entorno, donde la involucración individual y colectiva se potencian y aumenta el sentido de responsabilidad de los residentes sobre su ambiente inmediato.
5. *Comprender lo global*. Finalmente, el mencionado cambio de actitudes frente al entorno más inmediato prepara a los ciudadanos para comprender los problemas globales. El "ego" se expande y sale de sus propios problemas individuales, para explorar la dimensión más solidaria de la personalidad. Mediante la participación pública, las personas se hacen más conscientes de los problemas socio-ambientales que afectan a distintas escalas espaciales.

2. Metodología

En España, iniciativas como el Proyecto Ríos o el Proyecto VoluntaRíos (entre otros existentes) son ejemplos exitosos de educación ambiental sobre el agua y los sistemas fluviales que, acompañados de iniciativas de voluntariado ambiental y otras acciones, han incrementado el conocimiento y la sensibilización ambiental de la ciudadanía respecto a las problemáticas relacionadas con los recursos hídricos. Las metodologías seguidas por estas iniciativas siguen un esquema bottom-up, participativo y colaborativo, para lograr los objetivos de educación, restauración y conservación de los ríos y humedales.

Figura 2. Enfoque participativo multisectorial para la gestión de los sistemas fluviales.
Fuente: autoría propia.

El Proyecto Ríos

El Proyecto Ríos es una iniciativa que en España fue impulsada por la Associació Hábitats a partir de 1997. Sus objetivos principales son educar sobre los ecosistemas fluviales y su importancia ecológica y sociocultural, así como los problemas que los rodean, para posteriormente favorecer la implicación de la sociedad en su mejora y conservación. Su actividad se divide en tres bloques principales (Associació Hàbitats, 2021):

- Por un lado, las actividades de **educación y formación ambiental** sobre la importancia del agua y los ríos, sus características y complejidad. Estas actividades se dirigen tanto a los escolares y alumnos como a la ciudadanía en general, y pueden desarrollarse bien en ambiente cerrado (aulas de colegio, espacios de la propia ONG) o bien

en espacios abiertos mediante excursiones y visitas guiadas por ríos y distintos tipos de láminas de agua.

- En segundo lugar, la **inspección y vigilancia del estado de los ríos**, por parte de los grupos de voluntarios que trabajan coordinados en red. Los voluntarios llevan a cabo dos inspecciones anuales de un tramo de río o arroyo de su elección (bien por cercanía a su domicilio o por otro tipo de interés). Estas inspecciones comprenden tanto un diagnóstico de estado ambiental/ecológico de las riberas y el propio cauce del río, como un análisis físico-químico y biológico (especies de macroinvertebrados presentes en el agua). Para ello, la asociación prepara y actualiza periódicamente los materiales de formación y diagnóstico que utilizan los voluntarios, incluyendo los métodos necesarios y fichas de análisis/resultados de las inspecciones. A su vez, la asociación proporciona los diferentes materiales que los voluntarios puedan necesitar para las inspecciones (reactivos químicos, tiras para análisis de aguas, lupas, bandejas y redes para capturar y observar macroinvertebrados, etc.).
- Con el conjunto de datos recopilados se elabora periódicamente un informe del estado de los ríos y arroyos de las provincias participantes. Estos datos entran a formar parte de una base de datos histórica que da cuenta de la evolución de los sistemas fluviales y además sirven para la investigación científica (Arias *et al.*, 2013; Codina *et al.*, 2019).
- El tercer nivel generalmente tiene lugar en aquellas personas que ya han recibido una cierta formación en la materia y están más involucradas en la inspección y vigilancia de los ríos. En este caso, se procede la denominada "adopción, apadrinamiento y/o custodia" de determinados espacios fluviales o tramos de río. Se trata de una variante de la más conocida y extendida "custodia del territorio", que ofrece estrategias e instrumentos para la conservación de los valores naturales, culturales y paisajísticos del territorio, a través de la implicación y colaboración de propietarios, administraciones públicas y usuarios del territorio. Para ello, se promueven acuerdos y se consensuan diferentes acciones participativas, que en este caso incluyen la educación/formación ambiental sobre los ríos, restauración de espacios y medidas de conservación.

En resumen, el Proyecto Ríos basa su labor en tres pilares fundamentales:

- La importancia de la educación para conocer mejor los ecosistemas acuáticos.
- La implicación del voluntariado y su constancia, que vela por la conservación de un tramo de río en el ámbito local.
- El fomento de la participación ciudadana, como herramienta fundamental que nos conduce hacia una sociedad más consciente y capacitada para emprender acciones de protección y mejora de estos ecosistemas.

Cabe mencionar, por su importancia y novedad, el "Proyecto Ríos Accesibles", promovido por la Asociación Territorios Vivos en la Comunidad de Madrid. Se trata de una variante del proyecto diseñada y pensada para personas con discapacidad. El objetivo es facilitar la formación ambiental sobre ríos y las actividades de voluntariado a personas con diversidad funcional. Para ello, se llevó a cabo la adaptación de todos los materiales del Proyecto Ríos (manuales de formación, fichas de inspección en campo, lupas, cañas, etc.) para que fueran de lectura fácil y manipulación accesible. Además, se creó una aplicación para móviles y tablets, a fin de facilitar la inspección por parte de los voluntarios (Domínguez *et al.*, 2012).

Figura 3. Jóvenes tomando muestras de agua y realizando análisis.
Fuente: galería de los autores.

El Proyecto VoluntaRíos

Las metodologías del Proyecto Ríos han sido replicadas en otras regiones del país, bien con la misma denominación (formando parte de la "Red Proyecto Ríos") o bien con variantes como el Proyecto VoluntaRíos en la Comunidad Autónoma de Aragón. En este caso, VoluntaRíos fue impulsado en 2004 por las asociaciones A.VV. Puente Santiago "ACTUR", COAGRET-Ebrovivo y Asociación Naturalista de Aragón (ANSAR) y estuvo en

marcha hasta el año 2019. Los objetivos del proyecto eran los siguientes (Burgui *et al.*, 2008):

- Difundir los valores naturales y la importancia de los ríos de Aragón.
- Concienciar de la importancia de su conservación por todo lo que significan para el territorio.
- Promover la participación ciudadana en su restauración y cuidado, siguiendo los principios de la Directiva Marco del Agua.
- Transmitir a las administraciones competentes en la gestión fluvial la demanda social por unos ríos sanos.

Para conseguir estos objetivos, VoluntaRíos coordinaba actividades de formación y educación ambiental, salidas de inspección y diagnóstico de ríos, así como un nivel más avanzado, denominados "Cuidadores de los Ríos" y "Apadrinamientos". A su vez, el proyecto puso en marcha el denominado "TREX" ("Tramo de Recuperación Experimental"), un apadrinamiento de río de carácter especial, tanto por su valor simbólico (a las afueras de Zaragoza), como por su valor representativo de cara al resto de actuaciones. Este tramo del río Ebro se encontraba en un estado de conservación mejorable, con mucha basura y otros impactos de origen antrópico. Gracias a las actuaciones del proyecto VoluntaRíos se consiguió una notable recuperación.

Un aspecto a resaltar del Proyecto VoluntaRíos, que lo diferencia en cierto modo del Proyecto Ríos, es su faceta de denuncia y de crítica social, así como la diversidad de actividades realizadas, más allá de las ya mencionadas. Entre ellas, se pueden destacar las campañas para el reciclaje de aceites usados, la campaña sobre especies invasoras en la Expo del Agua 2008, el ciclo "Encuentros con los ríos y humedales de Aragón", o el ciclo "El río de mi ciudad", que llevó las actividades de VoluntaRíos fuera de su comunidad autónoma, con actividades en otras capitales de provincia donde no existen iniciativas similares, como Logroño, Lérida o Guadalajara (Burgui *et al.*, 2008).

3. Resultados y Discusión

En Cataluña, el Proyecto Ríos ha generado informes anuales de datos y resultados de inspecciones de ríos sobre el estado ecológico de los ríos desde 2004 hasta 2019 ininterrumpidamente (solo la pandemia COVID-19 ha supuesto un obstáculo reseñable para la actividad en 2020, que sin em-

bargo se retomó nuevamente en 2021). En la Tabla 1 se muestran los datos del año en curso (datos de los primeros 6 meses de 2021, tomados en agosto) junto con los datos acumulados desde el inicio del proyecto.

Tabla 1: Resumen del trabajo realizado por el Proyecto Ríos en Cataluña en 2021 y desde el comienzo de la iniciativa

	Grupos de voluntariado	Número de inspecciones realizadas	Tramos de río inspeccionados
Datos de 2021	12	202	15
Datos acumulados	1303	4382	859

Fonte: Adaptado de Associació Hábitats, 2021.

Pero como se indicaba, la red del Proyecto Ríos se ha extendido con esta misma denominación por otras regiones de España, entre las que se encuentran: Galicia (Asociación ADEGA), Cantabria (Red Cambera), León (Cuiden El Bierzo-Laciana), Madrid (Territorios Vivos) y la Comunidad Valenciana (Fundación Limne). Además, la asociación ASPEA, en Portugal, forma parte de la red en un plano más internacional (Arias *et al.*, 2013).

En el caso de Madrid, en las inspecciones de tramos fluviales realizadas por los voluntarios, se detectaron vertidos de sustancias que por su importancia desembocaron en una denuncia ante la Fiscalía de Medio Ambiente. Se trata del Arroyo Tejada y el río Guadarrama, donde los voluntarios detectaron coliformes fecales y amonio que, por su relevancia y su grado de afección sobre el ecosistema, requerían de una actuación de mayor calado. A partir de la denuncia interpuesta por Territorios Vivos, representantes del Proyecto Ríos en la Comunidad de Madrid, la administración promovió la realización de exhaustivos análisis de la calidad de las aguas vertidas por el colector para determinar la gravedad de la situación y tomar las medidas oportunas (Arias *et al.*, 2013).

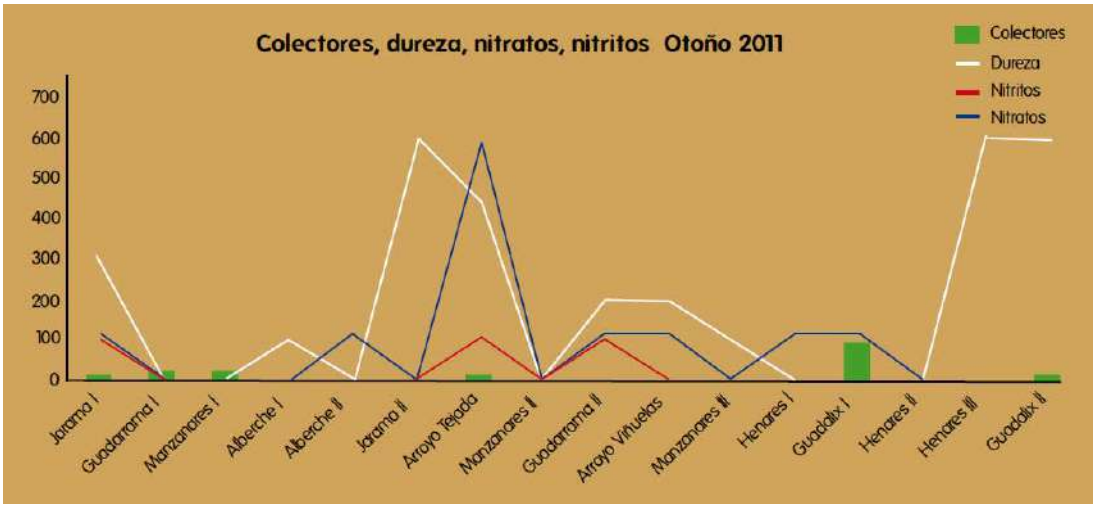


Figura 2: Datos recogidos por los voluntarios en la campaña de otoño de 2011 en Madrid. Fonte: Arias *et al.*, 2013.

En 2012, la Asociación Territorios Vivos fue galardonada el premio del Voluntariado de la Comunidad de Madrid (categoría de medio ambiente y accesibilidad), en reconocimiento a la labor realizada para acercar a la sociedad la conservación de la naturaleza, especialmente a las personas con discapacidad mediante el Proyecto Ríos Accesibles (Arias *et al.*, 2013).

Respecto al Proyecto VoluntaRíos, durante sus quince años de andadura tuvo una gran repercusión en la sociedad aragonesa, llegando a contar con más de 2.000 voluntarios en algunas temporadas. También la repercusión mediática fue grande y la colaboración con otras entidades, extensa y productiva. Entre ellas, cabe mencionar al Ayuntamiento de Zaragoza (charlas y salidas de educación ambiental en el río Ebro), la Confederación Hidrográfica del Ebro o la Fundación Ibercaja (ciclo "El río de mi cudad") (Burgui *et al.*, 2008). VoluntaRíos también recibió distintos reconocimientos, como el premio "Jaulín" a la Defensa de la Naturaleza en el año 2006.

4. Consideraciones Finales

En este trabajo se han presentado de forma muy resumida varios ejemplos de educación ambiental, voluntariado y participación ciudadana en la conservación de los ríos y humedales de España. Se trata de casos de éxito en varias regiones del país que demuestran cómo es posible sensibilizar a la ciudadanía sobre la importancia de los recursos hídricos y los sistemas fluviales, así como involucrarles en su conservación. A partir de metodologías abiertas y participativas, con un enfoque bottom-up, se consigue además un trabajo de vigilancia y cuidado de los ríos, a la vez que datos muy valiosos para la investigación y, sobre todo, para la gestión sostenible en colaboración con la administración pública.

En un momento en que la situación de los recursos hídricos y las masas de agua en España sufren una clara sobreexplotación y deterioro, los ejemplos mostrados ponen de relieve la necesidad de fortalecer este tipo de iniciativas de participación ciudadana para conseguir la sostenibilidad del recurso agua, así como unos ríos y humedales sanos.

5. Referencias

ARIAS, F.; BURGUI, M.; DOMÍNGUEZ, J.; OÑORBE, M.; ORMAZÁBAL, M. **Estado de salud de los ríos de Madrid, 2001-2013**. Madrid: Asociación Territorios Vivos, 60 p., 2013.

ASSOCIACIÓ HÀBITATS, **Proyecto Ríos**. 2021. Disponível em: http://www.associaciohabitats.cat/es/proyecto-rios/. Acesso em: 26 agosto 2021.

BURGUI, M.; ALTUBO, N.; MÉRIDA, M.; PARIENTE, J.; EZQUERRA, J., SANZ, I. **El proyecto VoluntaRíos. Una experiencia de participación para recuperar nuestros ríos**. Naturaleza Aragonesa, nº 20, p. 69-73, 2008.

CODINA, M.; ANGLADA, E.; GONZÁLEZ, L.; BELLÉS, A.; del RÍO, R.; CINTAS, L. **RIUSCAT 2019**. Barcelona: Associació Hábitats, 62 p., 2019.

DOMÍNGUEZ, J.; ARIAS, F.; BURGUI, M.; FDEZ. HARJANNE, T.; LÓPEZ SANTALLA, A.; RUIZ SALGADO, A.; SÁNCHEZ, A. **Ríos accesibles y custodia fluvial en la Comunidad de Madrid**. Madrid: Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), 2012.

HERNÁNDEZ, A. **Ciudadanos fecundos: participación y calidad de vida**. Ecología y ciudad. Raíces de nuestros males y modos de tratarlos. En: Arenillas, T. (Coord.), Barcelona: El viejo Topo, p. 247-249, 2003.

MITECO. **Directiva Marco del Agua**. Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, 2021. Disponível em: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default. Acesso em: 23 agosto 2021.

PERERO van HOVE, E. **Participación ciudadana**. En: Conclusiones del VI Congreso Nacional de Medio Ambiente: "Desarrollo Sostenible en España". Madrid: Fundación CONAMA, pp. 243-254, 2002.

REJÓN, R. **El 40% de las aguas de las que depende España están en mal estado.** El Diario, 2021. Disponível em: https://www.eldiario.es/sociedad/40-masas-aguas-vive-espana-presentan-mal_1_7358991.html. Acesso em: 22 agosto 2021.

WWF. **Agua para hoy, sed para mañana**. 2019. Disponível em: https://www.wwf.es/?50040/Agua-para-hoy-sed-para-manana. Acesso em: 20 agosto 2021.

Educação Ambiental como Subsídio para a Gestão de Recursos Hídricos

Fábio Soares Guerra[1]
Camila Esmeraldo Bezerra[2]
Maria Vitória Lemos de Oliveira[3]
Edson Vicente da Silva [4]

Resumo: O objetivo do trabalho em tela foi investigar as contribuições da Educação Ambiental para gestão dos recursos hídricos, com o intuito de agregar subsídios para a viabilização de trabalhos de planejamento e gestão ambiental em bacias hidrográficas. Como percurso metodológico foi utilizada a pesquisa bibliográfica por meio da abordagem indutiva e qualitativa. Como resultados e discussões foram constatadas a essencialidade e aplicabilidade da Educação Ambiental em todos os campos do conhecimento, por apresentar base epistemológica sólida e aplicabilidade pelo viés holístico, integrador e transdisciplinar. Além disso, foi destacado possibilidade de correlação entre as bases da Educação Ambiental com trabalhos de planejamento e gestão ambiental de recursos hídricos pelos parâmetros da sustentabilidade. Por conclusão, entende-se que a Educação Ambiental é ferramenta indispensável para a construção de uma percepção e consciência socioambiental crítica, de forma a contribuir para redimensionar a relação estabelecida entre a sociedade e os recursos e sistemas hídricos, a exemplo das bacias hidrográficas.

Palavras-chaves: Sustentabilidade. Educação Ambiental. Recursos hídricos.

Abstract: The objective of the present work was to investigate the contributions of Environmental Education to the management of water resources, in order to add subsidies for the feasibility of planning and environmental management works in hydrographic basins. As a methodological approach, bibliographical research was used through an inductive and qualitative approach. As results and discussions, it

1 Universidade Federal do Ceará, fabiosoaresguerra@hotmail.com.

2 Universidade Federal do Ceará, camila.esmeraldo23@gmail.com.

3 Universidade Federal do Ceará, vitorialemos@alu.ufc.br.

4 Universidade Federal do Ceará, cacauceara@gmail.com.

was verified the essentiality and applicability of Environmental Education in all fields of knowledge, for presenting a solid epistemological base and applicability through a holistic, integrative and transdisciplinary bias. In addition, the possibility of correlation between the bases of Environmental Education with works of planning and environmental management of water resources by the parameters of sustainability was highlighted. In conclusion, it is understood that Environmental Education is an indispensable tool for building a critical socio-environmental perception and awareness, in order to contribute to re-dimensioning the relationship established between society and water resources and systems, such as hydrographic basins.

Keywords: Sustainability. Environmental Education. Water Resources.

1. Introdução

A Educação Ambiental (EA) é um processo coletivo, participativo e integrador que busca por meio de atitudes sustentáveis, ações que são direcionadas para a conservação do meio ambiente, um lugar comum para sociedade. Observam-se inúmeras características na Educação Ambiental e todas têm como objetivo proteger a vida no planeta, visando a qualidade de vida para o ser humano e para futuras gerações.

A importância da EA é voltada para esses fatores, pois é fundamental e imprescindível para que a sociedade se torne mais consciente em relação a sustentabilidade. Verifica-se que uma das suas vertentes de atuação é na gestão dos recursos hídricos, visto que a Educação Ambiental tem como proporcionar condições para que sejam desenvolvidas as habilidades necessárias para que diferentes grupos sociais, em diferentes contextos socioambientais, sejam capazes de intervir de modo qualificado na gestão e manejo dos recursos ambientais.

Nesse caso, ganha destaque a gestão dos recursos hídricos, que é primordial para o equilíbrio do meio ambiente e manutenção da vida em todas as suas dimensões. Além disso, a água cobre 75% do planeta e 2,5% estão em lagos, rios e água subterrânea. Também é importante destacar que apenas 3% da água no planeta é doce, o restante está presente nos oceanos, sendo a água salgada, que apesar de toda a tecnologia atual, a dessalinização não é algo acessível em nível mundial e não será tão cedo. Esse quadro justifica a preocupação em subsidiar trabalhos de planeja-

mento e gestão dos recursos hídricos em geral, e das bacias hidrográficas em específico pelo viés da sustentabilidade

A Educação Ambiental é capaz de contribuir de forma significativa para a gestão da água como bem comum, mostrando formas de como preservar e conservar tal recurso que é vital para o contínuo desenvolvimento da sociedade, de forma consciente e sustentável, tanto pela população, como pelo poder público instituído.

A pesquisa que se apresenta tem por objetivo investigar as contribuições da Educação Ambiental para gestão dos recursos hídricos, com o intuito de agregar subsídios para a viabilização de trabalhos de planejamento e gestão ambiental dos corpos d´água em sua interface com as bacias hidrográficas.

2. Metodologia

A investigação teve como orientação metodológica a pesquisa bibliográfica que para Marconi e Lakatos (2003, p. 158) constitui "um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados ao tema."

A abordagem adotada foi a indutiva/qualitativa, considerando que "a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa" (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010, p. 26). Desta forma foi possível avançar no que tange aos aspectos subjetivos das fontes coletadas.

Seguindo o percurso metodológico supracitado, obteve-se os resultados e discussões apresentados adiante.

3. Resultados e Discussão

3.1 Educação Ambiental: Conceitos e Aplicações

A Educação Ambiental (EA) apresenta-se como instrumento para construção de um novo paradigma, a saber: o paradigma ambiental, em que a relação sociedade e natureza é redimensionada para o viés do Desen-

volvimento Sustentável, em contraponto a lógica mercadológica atual que tem impactado negativamente nos recursos e sistemas socioambientais (REIGOTA, 2012). Não obstante, a EA constitui uma nova abordagem socioeducativa com vistas a qualificar o educando como sujeito capaz de identificar e buscar soluções para os problemas resultantes da exploração socioeconômica do meio natural (GUERRA, 2019).

De acordo com Rodriguez e Silva (2017), observa-se um conjunto variado de conceitos e definições acerca do que é Educação Ambiental, ou seja, não existe um conceito pronto e acabado. Do ponto de vista epistemológico isso é um avanço e não um atraso, uma vez que permite a pluralidade de ideias, concepções e abordagens, como resultado têm-se possibilidades variadas de metodologias de trabalhos com esse campo do conhecimento.

A maioria dos autores destacam a EA como um processo de ensino, aprendizagem e comunicação sobre a interação estabelecida entre os seres humanos e o ambiente. Desta forma, a Educação Ambiental "[...] permite aos educandos participar de forma responsável e eficaz na preservação e solução dos problemas ambientais, na gestão do uso dos recursos e serviços [...]" (RODRIGUEZ; SILVA, 2017, p. 175), de modo a melhorar a qualidade de vida das populações e a conservação, preservação e recuperação socioambiental.

Segundo Claudino (2013, p. 144), baseando-se em Tristão (2005), percebe-se que:

> A Educação Ambiental é definida comumente como um conjunto de técnicas para resolver problemáticas ambientais, se mostrando fortemente caracterizada por dimensões de tempo e espaço, isto é, traduzindo uma resposta com bases científicas, tecnológicas e ecológicas a demandas constituídas de quadros políticos, econômicos sociais e culturais específicos.

Verifica-se uma grande complexidade da EA ao produzir e democratizar saberes e técnicas com o objetivo de equalizar a relação dialética entre os grupos populacionais e a natureza. Assim, a Educação ambiental tem como objetivo redimensionar os padrões de produção e consumo sob as diretrizes de uma ética socioecológica, sendo capaz de "[...] dar uma resposta com bases científicas, tecnológicas e ecológicas a demandas constituídas de quadros políticos, econômicos sociais e culturais específicos" (CLAUDINO, 2013, p. 144).

De modo que não é objetivo da Educação Ambiental inviabilizar o crescimento econômico e social, manter os sistemas e recursos geoecológicos

intocados, mas, sim, orientar as atividades socioeconômicas de maneira a respeitar os limites de uso, ocupação e regeneração das unidades ambientais. Para tanto, a Educação ambiental se apoia nas premissas do Desenvolvimento Sustentável no intuito de promover a justiça social e ambiental.

Reigota (2010, p. 11) admite que:

> [...] a educação ambiental é uma proposta que altera profundamente a educação como a conhecemos, não sendo necessariamente uma prática pedagógica voltada para a transmissão de conhecimentos sobre ecologia. Trata-se de uma educação que visa não só a utilização racional dos recursos naturais (para ficar só nesse exemplo), mas basicamente a participação dos cidadãos nas discussões e decisões sobre a questão ambiental.

A EA eleva-se como instrumento de contestação dos entraves da educação tradicional-positivista, que se pauta na transmissão conteudista dos conhecimentos científicos, nos métodos e meios tecnológicos sem a devida reflexão crítica e no populismo cultural que valida conhecimentos vagos e imprecisos (REIGOTA, 2010). Por outro lado, "A Educação Ambiental surge como uma necessidade no processo de salvaguardar a humanidade de seu próprio desaparecimento e de ultrapassar a crise ambiental contemporânea" (RODRIGUEZ; SILVA, 2017, p. 176).

A Educação Ambiental é uma abordagem educativa pautada em um novo paradigma pedagógico, em que a relação ensino e aprendizagem deve buscar a construção de conhecimentos voltados para uma educação crítica e libertadora. Para tanto, ela deve ser fundamentada na perspectiva dialógica, para o desenvolvimento de relações socioambientais democráticas, como alicerce de uma nova relação com a natureza. Assim sendo, Figueiredo (2003, p. 54) entende que

> Nesse sentido, pensarmos a educação ambiental, enquanto prática dialógica, libertadora, que objetiva a expansão da consciência crítica, implica em abordagens da problemática sócio-ambiental que inter-relacione os múltiplos aspectos que constituem o real, ou seja: sociais, econômicos, políticos, culturais, científicos, tecnológicos, ecológicos, jurídicos, éticos, espirituais etc.

Na perspectiva de Figueiredo (2003), é fundamental que a Educação Ambiental tenha um caráter dialógico, participativo e plural ao abarcar os aspectos que constituem o real, desta maneira é possível superar o tradicionalismo pedagógico fundamentado no ensino linear, conteudista e memorético. A Educação Ambiental Dialógica, pelas diretrizes de Figueiredo (2003; 2007), é uma ferramenta para a instituição de outro paradig-

ma, nesse caso: o paradigma ambiental, conforme os postulados traçados por Leff (2010).

Um conceito importante para trabalhos com a Educação Ambiental é o de meio ambiente, que é o epicentro das práticas de ensino nesse campo do conhecimento. Daí a importância em compreendê-lo e discuti-lo com profundidade. Para Rodriguez e Silva (2017), este é um conceito central para a ruptura de paradigmas, pois aglutina os aspectos sociais e naturais do território. Não podendo ser confundido como sinônimo de natureza, o meio ambiente engloba o meio natural, juntamente com os aspectos políticos, econômicos e culturais do entorno (GUERRA, 2019).

Reigota (2012, p. 36), a respeito do meio ambiente como conceito, expressa-se da seguinte forma:

> Defino meio ambiente como: um lugar determinado e/ou percebido onde estão em relação dinâmica e em constante interação os aspectos naturais e sociais. Essas relações acarretam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e políticos de transformação da própria natureza e da sociedade.

A compreensão das bases científicas do conceito de meio ambiente é o ponto de partida para práticas de ensino dialógicas e contextuais em Educação Ambiental. Por conseguinte, a relação ensino e aprendizagem das questões socioambientais ganharão maior relevância social e educativa. Tal verificação é válida tanto para o campo formal (instituições de ensino), como não formal (voltadas para práticas comunitárias, trabalhos de planejamento e gestão ambiental etc) da Educação Ambiental.

A EA tem aplicabilidade em todos os campos do conhecimento, formal e não formal, o que inclui a área técnica de planejamento ambiental em bacias hidrográficas para gestão adequada dos recursos hídricos. Nesse ínterim, a Educação Ambiental pode funcionar como instrumento de sensibilização e conscientização socioambiental para implantação de planos de ação, englobando conhecimentos de áreas diversas em uma perspectiva (trans/inter) multidisciplinar.

De tal forma, a EA contribui para mudar as relações entre a população e gestores públicos para com os recursos hídricos disponibilizados no território por contextualizar a realidade socioambiental da realidade loca/global. Por favorecer o equilíbrio entre o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental, ela contribui para mitigação ou solução dos conflitos territoriais em bacias hidrográficas, por qualificar e inserir a

população nas tomadas de decisões, abrindo as possibilidades de gestão integrada, democrática e participativa.

A Educação Ambiental é, sem dúvida, um mecanismo para o empoderamento da cidadania ambiental para fazer frente a problemática social, política, econômica e cultural que envolve os recursos hídricos e as bacias hidrográficas pelo viés da sustentabilidade, conforme discutido a seguir.

3.2 Contribuições da Educação Ambiental na Gestão dos Recursos Hídricos

A participação da população é muito importante para contribuir com as decisões políticas, pois elas sabem muito sobre as suas próprias realidades e ainda podem ser sujeitos atuantes na fiscalização. De acordo com Rodrigues *et al.* (2012), o entendimento da percepção da sociedade a respeito das adversidades e sobre as medidas tomadas por parte dos governos no desenvolvimento da gestão é capaz de trazer uma confiança da população sobre o gestor de que ele conhece a realidade local dela, ou ainda apontar soluções, para falhas na estrutura da gestão ambiental. Nesse contexto, a Educação Ambiental entra como elemento qualificador e conscientizador ao nível individual e coletivo.

Para que as pessoas tenham uma melhor percepção no que diz respeito às questões ambientais, incluindo formas de preservação e identificação dos problemas acarretados pela ação humana, é importante que sejam instruídas e envolvidas em atividades relacionadas a tudo que envolva o meio ambiente. É o que preconiza a Política Nacional de Educação Ambiental nº 9.795/ 99 em seu artigo 2º ao definir que "a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal" (BRASIL, 1999).

Além da necessidade da Educação Ambiental se fazer presente durante toda a formação do indivíduo em caráter formal e não formal, é importante também, que a sociedade civil participe nas decisões políticas. Com relação a essa participação, a Política Nacional de Recursos Hídricos nº 9.433/ 97 determina a gestão integrada, descentralizada e participativa, estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão, possibilitando uma visão sistêmica do território ao incluir as diferentes dimensões econômicas, políticas, culturais, ambientais e físicas, em escalas locais e regionais (CEREZINI *et al*, 2017).

No tocante aos recursos hídricos, a adesão da bacia hidrográfica como unidade regional de planejamento e gerenciamento das águas fortifica as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos órgãos consultivos e deliberativos de gerenciamento são os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs). O sistema, embasado na descentralização, participação e integração ressalta a qualidade e quantidade das águas através de práticas, que viabilizem os usos múltiplos dos recursos hídricos (JACOBI, 2013). O que exige a Educação Ambiental como elemento orientador.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas são como "células" do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em que a participação da sociedade é considerável. De acordo com o processo de implementação do Sistema, a atuação da sociedade civil acontece de outras formas além dos comitês, as associações, que contam com usuários da água e organizações não governamentais (BARBOSA; MATTOS, 2006). Essa democratização participativa pode ser facilitada pelo caráter integrador das práticas de Educação Ambiental.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas viabilizam a gestão participativa oferecendo a possibilidade de diversos atores da sociedade civil atuarem de forma conjunta nas decisões e tomar ações com base nos conhecimentos de cada um, seja originado de técnicas ou através da vivência. Entretanto, faz-se necessário as pessoas terem essa sensibilidade dos problemas, que impactam de forma negativa o meio ambiente.

Nesse sentido, Mota, Oliveira e Medina (2020), afirmam que apesar da lei garantir a participação da população na gestão dos recursos hídricos, esta não é suficiente. Tendo em vista, que são necessárias mudanças de conduta e cultura da sociedade referentes ao meio ambiente, para que dessa forma os cidadãos tenham possibilidade de expor seu ponto de vista e ser de fato uma influência. Ressaltam ainda, que para que isso ocorra é preciso, que os indivíduos tenham compreensão dos seus direitos e exercer suas responsabilidades no tocante ao meio natural, especialmente relacionadas às águas, haja vista sua importância para a vida e desenvolvimento de uma nação.

Diante desse contexto, a Educação Ambiental no que se refere aos recursos hídricos incentiva individualmente o cidadão a refletir acerca de sua postura diante de questões que envolvam a água. Nesse tocante, a educação é necessária para conservação das nascentes e rios como também na compreensão do uso consciente da água e sem perdas (D'ELIA; ARRUDA; BULBOVAS, 2020).

De acordo com Mota, Oliveira e Medina (2020), para assegurar qualidade de vida à presente e futuras gerações é preciso assumir novas percepções na relação das pessoas com a natureza, de forma a conceber uma sociedade sustentável e participativa, na qual a cidadania seja realizada juntamente com o poder público, no que se refere a gestão. Ressaltam, no entanto, que na prática, são enfrentadas dificuldades em concretizar a participação da população, que é crucial para consolidar a governança democrática. E que é através da Educação Ambiental o meio mais eficiente de alcançar os usuários e obter cooperação para consolidar e desenvolver o modelo de gestão hídrica proposto.

Para facilitar essa relação das pessoas na gestão da água e contribuir com o poder público, a Aprendizagem Social (AS) vem agregar nesse desenvolvimento em concomitância com as práticas de Educação Ambiental. Incorporado no processo de Governança da Água, a definição de AS permite uma oportunidade de expandir o desenvolvimento de ações que articulam o aprender em conjunto para tomada de decisões conjuntas e mudanças na gestão. Em suma, a estratégia de aprendizado é que todas as pessoas adquiram conhecimento das circunstâncias críticas e conjunções de governança para intervirem juntas nos aspectos relacionados as bacias hidrográficas. Essa dinâmica viabiliza o aprendizado social, bem como o aprimoramento da gestão das águas (JACOBI, 2010). A EA por ser uma abordagem holística e integradora pode em conjunto com a metodologia da Aprendizagem Social contribuir para o empoderamento socioambiental da população.

De acordo com Jacobi (2013), o conceito de Aprendizagem Social procura responder aos desafios da sustentabilidade e da incorporação dos aspectos que envolvem a gestão de recursos naturais, como a água. Isso resulta na participação de distintos conhecimentos e interdisciplinaridade, permitindo entender o arcabouço jurídico-institucional, a dinâmica sociocultural da bacia, os protagonistas que pertencem a gestão, o conteúdo do plano de bacia, entre outros pontos.

A Aprendizagem Social também significa a aceitação dos integrantes a respeito das diferenças de interesses, razões e conhecimento e que tenham a percepção que questões complexas, como a gestão de bacias, podem ser solucionadas através de ações coletivas apoiadas na difusão de informação, conhecimento e atribuições em rede (JACOBI, 2013). É importante também intensificar ações no âmbito escolar a fim de expandir o conhecimento, as estratégias que se configuram significativas para a

construção coletiva de projetos de intervenção na realidade, abrangendo agentes políticos e a população local (JACOBI; GRANJA; FRANCO, 2006).

Diante do contexto apresentado, é importante salientar que existem algumas metodologias da Educação Ambiental, que são capazes de trazer definições a respeito dessa temática e se configura essencial, para a compreensão da relação do homem com o meio ambiente, visando tornar o cidadão responsável por suas ações e os impactos que elas podem causar à natureza. A melhor metodologia vai depender do objetivo proposto no quesito Educação Ambiental. Uma dessas metodologias é o Planejamento Participativo em Educação Ambiental (NUNES; ELOI, 2015).

Existe uma metodologia utilizada em recursos hídricos que também pode ser associada à Educação Ambiental, que é o Monitoramento Participativo na análise da água. Couto *et al.* (2021), ressaltam em sua pesquisa a relevância de avançar na gestão de qualidade da água com a atuação dos diversos componentes da população local e organizações não governamentais com a colaboração do poder público. Afirmam, ainda, ser bastante relevante a participação direta da comunidade, tendo em vista o seu suporte e uma maior fiscalização no monitoramento dos recursos hídricos, já que essa metodologia permite o monitoramento da água, unindo os conhecimentos empíricos aliados aos científicos. Resultando, dessa forma, na assimilação dos dados pela população existente numa bacia hidrográfica (COUTO *et al.*, 2021).

Conforme orienta a lei nº 9.795/99, a Educação Ambiental deve estar presente no meio formal e não formal (BRASIL, 1999), a discussão até aqui trouxe alguns resultados positivos, quando ela consegue atingir todos os âmbitos. Granado, Gomes e Orlando (2020), explicam que a EA não está presente apenas no ambiente escolar, mas também nos diferentes setores da sociedade, que estão articulados na luta pela cidadania e qualidade de vida, sendo consciente que todos os cidadãos são responsáveis pelos efeitos da ação do homem no meio ambiente.

Logo, constatou-se que em consequência dos problemas ambientais, os projetos de EA são essenciais para a formação de um indivíduo e de uma coletividade, para que tenham percepção das relações ambientais a fim de que desenvolvam a aptidão para assimilar, interpretar e interceder na solução dos problemas de degradação, escassez e qualidade da água (JESUS; SILVA, 2019).

4. Considerações Finais

Foi constatado que a Educação Ambiental possui inúmeros objetivos, entre eles destaca-se a procura de soluções para os problemas resultantes da exploração socioeconômica do meio natural e direciona o uso de uma forma que seja sustentável e viável socioeconomicamente.

É importante ressaltar que a EA, como forma de assistência para o planejamento e gestão sustentável de recursos hídricos, é imprescindível, pois a água está se tornando um recurso escasso, o que compromete toda a dinâmica das bacias hidrográficas. Assim, a Educação Ambiental busca a conscientização individual, coletiva e do poder público para o gerenciamento democrático e qualificado da água, entendendo-a com um bem de valor ecológico e não econômico.

Entretanto, a EA é essencial na formação humana, tendo em vista que o indivíduo atua diretamente no planeta em que habita e que depende dos seus recursos para a sua sobrevivência e realizações. Ela permite ao ser humano a conexão com o todo, de maneira holística, integral e sistêmica, tendo a sustentabilidade como um horizonte a ser continuamente buscado.

É necessário que a Educação Ambiental esteja presente durante toda a formação do homem, para a ruptura de paradigmas e para a formação de uma nova ética ambiental. Essa constatação qualifica a EA como subsídio para a gestão de recursos hídricos.

5. Referências

BRASIL, **Lei Nº 9. 795**, que dispõe sobre a Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental de 27 de abril de 1999.

BARBOSA, C. M. S.; MATTOS, A. GESTÃO PARTICIPATIVA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. *In:* Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 19., 2006, Curitiba. **Anais**... Curitiba: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2006. p. 1- 6.

CEREZINI, M. T.; BARBOSA, F. D.; HANAI, F. Y. Instrumentos da política de recursos hídricos no estado de São Paulo: situação atual e perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 2, p. 499-511, 2017.

CLAUDINO, O. R. Educação Ambiental como prática de ensino: intercurso institucional e conceitual. *In*: SEABRA, Giovanni. (Org.) **Educação Ambiental:** conceitos e aplicações. João Pessoa-PB: Editora UFPB, 2013. Cap. 9, p. 139-149.

COUTO, J. F.; COSTA, A. T.; PEREIRA, A. L.; LIMA, A. C. S.; MACIEL, A. S.; LINS, F. C.; REIS, P. L.; GUARDA, L. M. Avaliação e monitoramento participativo na gestão da qualidade da água. **Revista Alemur**, v. 6, n. 1, p. 01-11, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufop.br/alemur/article/view/4624. Acesso em: 2 set. 2021.

FIGUEIREDO, J. B. de A. **Educação ambiental dialógica e representações sociais da água em cultura sertaneja nordestina:** uma contribuição à consciência ambiental em Irauçuba – CE (Brasil). 2003. 347 f. (Tese de Doutorado) São Carlos, UFSCAR: 2003.

FIGUEIREDO, J. B. de A. **Educação ambiental dialógica:** as contribuições de Paulo Freire e a cultura sertaneja nordestina. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

GUERRA, F. S. Ecopedagogia: contribuições para práticas pedagógicas em Educação Ambiental. **Ambiente & Educação - Revista de Educação Ambiental**, Porto Alegre - RS, v. 24, n. 1, p. 235-256, jan./jun. 2019.

GRANADO, B. M. N.; GOMES, M. E. S. S.; ORLANDO, P. H. K. Educação ambiental e o ensino de geografia na participação social. **Espaço em Revista,** v. 22, n. 1, p. 146-164, jan./jun, 2020.

JACOBI, P. R.; GRANJA, S. I. B.; FRANCO, M. I. Aprendizagem Social práticas educativas e participação da sociedade civil como estratégias de aprimoramento para a gestão compartilhada em bacias hidrográficas. **Revista São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 2, p. 5-18, abr./jun, 2006.

JACOBI, P. R. Aprendizagem social, desenvolvimento de plataformas de múltiplos atores e governança da água no Brasil. Revista Internacional Interdisciplinar, INTERthesis, Florianópolis, v.7, n.1, p. 69-95, jan./jul, 2010. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/interthesis/article/view/1807-1384.2010v7n1p69. Acesso em: 1 set. 2021.

JACOBI, P. R. Aprendizagem social e formação de professores em educação para a sustentabilidade socioambiental. **Revista Geologia USP**, Publ. espec., São Paulo, v. 6, p. 5-10, 2013.

JESUS, W. J. T.; SILVA, S. A. A. Educação ambiental e as contribuições na gestão dos recursos hídricos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 15, n. 3, p. 99- 107, 2019. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/2194. Acesso em: 1 set. 2021.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa:** um guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2010.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOTA, L. L. C.; OLIVEIRA, G. P. T. C.; MEDINA, P. A gestão dos recursos hídricos no Brasil: educação ambiental e democracia participativa na promoção do desenvolvimento sustentável. **Revista Humanidades e Inovação**, v. 7, n. 20, p. 553-567, 2020.

NUNES, A. B. A.; ELOI, W. M. **Educação e saúde para a gestão de recursos hídricos**. Fortaleza: IFCE/ANA, 2015.

REIGOTA, M. **Meio ambiente e representação social.** São Paulo: Cortez, 2010.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental.** São Paulo: Brasiliense, 2012.

RODRIGUES, M. L.; MALHEIROS, T. F.; FERNANDES, V.; DARÓS, T. D. A Percepção Ambiental Como Instrumento de Apoio na Gestão e na Formulação de Políticas Públicas Ambientais. **Revista Saúde Sociedade**. São Paulo, v.21, supl.3, p.96-110, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263275979_A_percepcao_ambiental_como_instrumento_de_apoio_na_gestao_e_na_formulacao_de_politicas_publicas_ambientais. Acesso em: 16 ago. 2021.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**: Problemática, Tendências e Desafios. 5ª Ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

TRISTÃO, M. Tecendo os fios da educação ambiental: o subjetivo e o coletivo, o pensado e o vivido. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 2, p. 251-264, 2005.

Levantamento dos Componentes Geoambientais da Bacia Hidrográfica Dos Riachos Timbáuba e Poção – Alcântaras/CE, para a Compreensão do Espaço Geográfico

Fátima Leiliana Sales Ferreira[1]
Ernane Cortez Lima[2]
Ana Paula Pinho Pachêco-Gramata[3]

Resumo: Este artigo versa pela análise em torno do tratamento de bacias hidrográficas e sua utilização como prática escolar (trans)interdisciplinar para a construção de temas físico-naturais no contexto do ensino de Geografia. Tem como principal objetivo investigar as contribuições inerentes ao levantamento das variáveis ambientais de solo e vegetação coletados na área da sub-bacia hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção - CE, na perspectiva de compreensão do espaço geográfico. Norteou-se pelos princípios do método geossistêmico para a análise integrada das variáveis ambientais e pela abordagem da pesquisa-qualitativa. Estrutura-se em três seções fundamentais. A primeira, apresenta uma breve contextualização teórico-conceitual em torno da bacia hidrográfica enquanto recorte espacial de análise para a educação geográfica. A segunda seção, traz abordagens do ponto de vista da metodologia adotada para a materialização do estudo, bem como, o percurso metodológico da pesquisa. Por fim, realizamos análises e discussões concernentes aos resultados obtidos a partir do levantamento das variáveis ambientais de solo e vegetação da área da sub-bacia hidrográfica em análise e suas contribuições para o ensino de Geografia. A pesquisa permitiu constatar que a análise geoambiental integrada ancorada em uma ótica sistêmica sobre o espaço geográfico, tendo como ponto de partida a escala do vivido e a cotidianidade dos educandos, possibilita compreensões em torno da dinâmica dos componentes físico-naturais e sociais, que integram o sistema de uma bacia hidrográfica, fortalecendo o entendimento no tocante a atuação dos agentes modeladores e transformadores da paisagem.

1 Universidade Estadual Vale do Acaraú. leiliana.sales@outlook.com.

2 Universidade Estadual Vale do Acaraú. ernanecortez@hotmail.com.

3 Universidade Estadual Vale do Acaraú. anapppacheco@gmail.com.

Palavras-chave: Componentes geoambientais; Bacia hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção - CE; Geografia Física escolar.

Abstract: This article is about the analysis of the treatment of watersheds and their use as (trans)interdisciplinary school practice for the construction of physical-natural themes in the context of Geography teaching. Its main objective is to investigate the contributions inherent to the survey of environmental variables of soil and vegetation collected in the area of the sub-basin of the Timbaúba and Poção creeks - CE, from the perspective of understanding the geographic space. It was guided by the principles of the geosystemic method for the integrated analysis of the environmental variables and by the qualitative research approach. It is structured in three fundamental sections. The first one presents a brief theoretical-conceptual contextualization around the watershed as a spatial cutout of analysis for geographic education. The second section brings approaches from the point of view of the methodology adopted to materialize the study, as well as the methodological path of the research. Finally, we carry out analyses and discussions concerning the results obtained from the survey of the environmental variables of soil and vegetation in the area of the sub-basin under analysis and their contributions to the teaching of Geography. The research allowed us to verify that the integrated geoenvironmental analysis anchored in a systemic view on the geographic space, having as a starting point the scale of the lived and the everyday life of the students, enables understandings around the dynamics of the physical-natural and social components that integrate the system of a watershed, strengthening the understanding regarding the action of the agents that shape and transform the landscape.

Keywords: Geoenvironmental components; Watershed of Timbaúba and Poção creeks - CE; School Physical Geography.

1. Introdução

Este artigo é parte da pesquisa de mestrado, a qual se debruça na análise em torno da importância do tratamento de bacias hidrográficas, enquanto categoria teórico-conceitual e, sua utilização como prática escolar (trans)interdisciplinar. O enfoque é voltado ao estudo das temáticas físico-naturais no contexto do ensino de Geografia, em especial os conceitos de relevo e unidades de paisagem.

Para nos conduzir ao alcance deste objetivo focal, buscamos investigar neste estudo as contribuições inerentes ao levantamento das variáveis ambientais de solo e vegetação coletados em campo na área da sub-bacia

hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção – Alcântaras/CE, a qual enquanto unidade de análise físico-territorial se faz substancial para a compreensão do espaço geográfico.

A escolha desta sub-bacia como base empírica de dados e recorte espacial de análise, irá subsidiar o desenvolvimento de práticas pedagógicas, que se justifica pelas diversidades geomorfológicas e paisagísticas e, em função das unidades hidrogeomorfológicas que a integram, como as formas e estruturas do relevo, as unidades de paisagem e compartimentações geomorfológicas, os açudes, riachos e corpos hídricos que a compõem e, por conhecer todos os municípios abarcados pela área da sub-bacia.

Desse modo, a escolha desta unidade representativa de estudo próxima à realidade vivida pelo pesquisador, pelos educadores e educandos, busca atender aos princípios estabelecidos por Ruffino & Santos (2002) no que tange a determinação da bacia hidrográfica como célula de análise das práticas pedagógicas, considerando, seu viés local, ou seja, a bacia hidrográfica específica aos educandos onde, após interpretação prévia do educador em sua capacitação, este consegue orientar de forma segura as atividades e reflexões sobre o ambiente local junto aos discentes (Ruffino & Santos, 2002, p. 114).

Portanto, no âmbito do trabalho pedagógico do docente geógrafo, se faz imprescindível, pensar em alternativas metodológicas que promovam aproximações entre a realidade vivida pelos educandos com os fenômenos que ocorrem na sociedade global em curso. No caso específico de nossa pesquisa, desenvolver práticas educativas com os estudantes, a partir dos componentes físico-naturais da área da sub-bacia, como: relevo, paisagem, vegetação, solos, rochas e recursos hídricos (água), de modo a considerar o estudo das relações, processos e dinâmicas das variáveis físicas e sociais. Um todo integrado e indissociável, voltados para a perspectiva do cotidiano local dos educandos.

Em concordância com os pressupostos de Vieira Torres & Sobrinho (2014), ao refletirem a relevância em torno da BH enquanto objeto de estudo na Educação Básica, evidenciam suas possibilidades em se realizar estudos integrados acerca dos elementos naturais a partir do relevo, instigando o aluno, em particular do ensino básico através da percepção, distinguir as diferenças existentes nas compartimentações geomorfológicas, bem como sua interação, além, de refletir sobre as modificações ocorridas na paisagem, no decorrer dos anos através da ação do homem e dos processos naturais.

1.1 A Bacia Hidrográfica como recorte espacial de análise na Geografia Física Escolar

Na revisão bibliográfica identificamos a importância do tema aqui proposto, voltados para o âmbito educacional e formativo de professores e discentes, configuram-se em unidades de análise potencialmente significativas, sobretudo do ponto de vista da abordagem de sub-bacias locais enquanto recorte espacial de análise representativo próximo à realidade da comunidade escolar, do educador e de seus educandos.

Sobre este contexto, Ruffino & Santos (2002) consideram que, ao apresentar a bacia hidrográfica constituindo-se como uma unidade básica de estudo, vislumbra-se a oportunidade de formação holística dos educadores frente às questões de dinâmica, capacidades e adequados usos de diferentes recursos ambientais contidos nesta área delimitada fisicamente.

A relevância deste estudo concerne em trazer proposta metodológica sobre o ensino de BH na educação básica, tendo em vista que estes sistemas integram uma gama de conhecimentos em relação às variáveis ambientais de solo, relevo, geologia, vegetação, geomorfologia, clima e recursos hídricos, em conjunto com os aspectos socioeconômicos e antrópicos da área que, em termos gerais representa.

> [...] quase que uma totalidade de relações e dinâmicas ambientais terrestres e de águas continentais doces o que, comparativamente aos termos da formação atual, exigiria diferentes especializações para um entendimento simplificado e segmentado do todo (RUFFINO; SANTOS, 2002, p.113).

Ensejados pelos autores, constatamos que os estudos integrados, que trazem em seu bojo as bacias hidrográficas como célula essencial de análise, com vistas ao gerenciamento, ordenamento e planejamento ambiental e territorial democráticos e, para a formação de educadores e educandos, orientados ao manejo adequado dos recursos naturais que compõem este sistema ambiental, assumem um papel imprescindível no contexto da ciência geográfica e da sociedade contemporânea.

Diante do exposto, vislumbramos desenvolver estratégias pedagógicas que auxiliem os docentes geógrafos, em particular do noroeste cearense, com às mediações didáticas que encaminhem o ensino de conceitos e temáticas da Geografia, e a abordagem de temas físico-naturais, estabelecendo inter-relações e aproximações da ciência, os saberes e práticas cotidianas dos educandos, que possa ser aplicado no contexto escolar.

Este levantamento técnico dos aspectos biofísicos e antrópicos predominantes na região da sub-bacia analisada articulado com o emprego do método geossistêmico, suscitam contribuições substanciais ao pesquisador, visto que lhe permite adquirir percepções ambientais integradas acerca dos aspectos constituintes da área – relevo, áreas permeáveis e impermeáveis, densidade de ocupação humana, limites urbanos e rurais, impactos antrópicos, etc. (Ruffino & Santos, 2003).

É importante salientar que toda pesquisa científica ancorada no método geossistêmico, fundamentada teórica e metodologicamente na Teoria Geral dos Sistemas proposta por Bertalanffy (1975), tem como princípio basilar a análise das relações e interdependências mútuas entre os componentes naturais e antrópicos (Lima, *et al*.., 2021, p.58).

As sub-bacias hidrográficas dos riachos, Timbaúba e Poção, localiza-se a noroeste do Estado do Ceará, inseridas no sistema de bacia de drenagem do rio Coreaú, abrangem uma área correspondente a 162 km², drenando parcialmente a região onde se encontram os municípios de Moraújo e Massapê (ao norte), Coreaú e Alcântaras (ao sul), Meruoca (a leste) e Coreaú (à oeste), conforme pode ser analisado na Figura 1.

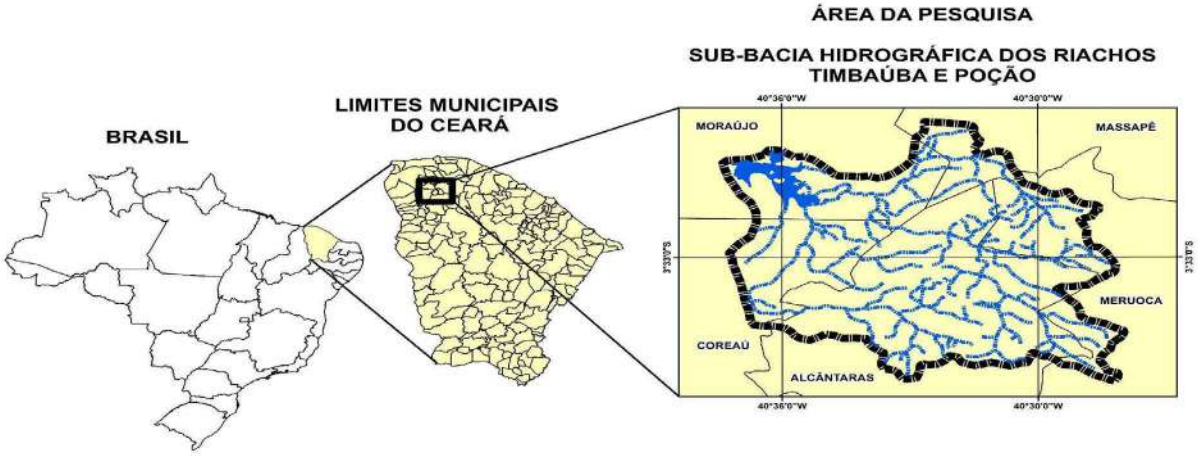


Figura 1: Área da sub-bacia hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção - CE.
Fonte: Guimarães (2021)

Destacamos que a área em estudo possui diversidades, do ponto de vista geomorfológico, morfoestrutural e paisagístico, apresentando expressivas particularidades bastante significativas ao ambiente semiárido da região norte e noroeste do Estado do Ceará, Rodrigues e Lima (2018).

2. Metodologia

Na presente pesquisa alicerçaram-se nos princípios inerentes ao método da pesquisa-qualitativa, visto como ideal por se tratar de um estudo voltado ao âmbito educacional. Lüdke e André (1986) corroboram que a pesquisa-qualitativa supõe o contato direto do pesquisador com o ambiente e situação que está sendo investigada, através do trabalho intensivo de campo.

Para tanto, realizamos pesquisas e consultas em fontes bibliográficas, objetivando refletir a BH enquanto instrumento potencializador de práticas pedagógicas para o ensino de Geografia, recorremos aos pressupostos de Ruffino & Santos (2002) e Vieira Torres & Sobrinho (2014). Lima, *et al..,* (2021) e Lüdke e André (1986) embasaram a discussão sobre os princípios da análise geossistêmica e, as concepções inerentes à pesquisa-qualitativa. As discussões ensejadas por Fernandes (2006) e Moro, *et al..,* (2015) entre outros autores, contribuíram para a classificação dos tipos de cobertura vegetalpredominantes na área da sub-bacia em estudo e, o Sistema Brasileiro de Classificação (SIBCS, 2006) para definir/identificar os tipos de solos presentes na área.

A etapa seguinte consistiu no levantamento do material geocartográfico e na elaboração dos mapas temáticos relativos às variáveis de solo e vegetação, os quais subsidiaram as análises realizadas durante o trabalho de campo.

Para as convenções cartográficas, utilizamos arquivos vetoriais, disponíveis nos bancos de dados institucionais para a área da sub-bacia hidrográfica em estudo, bem como análise de imagens de satélites. Foram consultados: Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos – COGERH (2008), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE (2015), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (2015). A escala adotada para a elaboração dos mapas foi 1:70.000, os mesmos foram gerados utilizando-se a projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator, representadas para nossa região pelo Datum SIRGAS 2000, zona 24 sul.

A posteriori, realizamos o trabalho de campo, ocorrido em 8 de julho de 2021, tendo como principal finalidade a realização de análises integradas acerca da totalidade socioespacial da área da pesquisa, buscando assim, a obtenção de dados empíricos relativos às características da fisionomia da

paisagem, a dinâmica e atuação dos processos físico-naturais, a intervenção e atuação antrópica, os índices de degradação, desmatamento, erosão do solo, dentre outros.

Após o levantamento das variáveis ambientais de solo e vegetação coletados em campo, buscou-se realizar a classificação das unidades fitoecológicas predominantes na área da sub-bacia com suporte no sistema de Figueiredo (1997) e, para a categorização e identificação das classes de solos utilizou-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS, 2006).

3. Resultados e Discussão

As unidades fitoecológicas que tem dominância na área das sub-bacias hidrográfica dos riachos, Timbaúba e Poção, as quais correlacionadas as compartimentações geomorfológicas, ao substrato rochoso, condições climáticas, pedológicas e ecológicas, associadas ao potencial de exploração e intervenção antrópica, expressam desse modo, a distribuição de variadas tipologias da cobertura vegetal.

Neste contexto, é fundamental despertar os educandos para a importância da manutenção e conservação das espécies de vegetação nativas essenciais ao equilíbrio ambiental das referidas sub-bacias, tendo em vista que a vegetação exerce importante papel na estabilização dos geoambientes, visto que protegem os solos dos processos erosivos, facilita a distribuição, infiltração e acúmulo das águas pluviais e influência nas condições climáticas do ambiente.

Na extensão da sub-bacia, há o predomínio em maior expressividade da unidade fitoecológica - Caatinga Arbustiva Aberta e, ao grupo correspondente às formações florestais sendo estas Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata seca), Floresta subperinifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata úmida serrana) e a mata ciliar, também conhecida como mata galeria, ainda que bastante descaracterizada.

Caatinga Arbustiva Aberta - No tocante aos aspectos fisionômicos e a composição florística do estrato arbustivo/subarbustivo, a Caatinga Arbustiva Aberta distribui-se com manchas bem evidenciadas nos setores norte, noroeste e oeste atingindo a barragem do açude Várzea da Volta.

Verificamos que a cobertura vegetal da área se encontra degradada e descaracterizada, encontramos a caatinga arbustiva aberta presente em

áreas que sofreram intenso desmatamento ocasionado pela prática de atividades agrícolas e pecuárias.

Na expedição técnica, realizada na área das sub-bacias, foi possível identificar grande predomínio de espécies arbustivo-arbóreas, nas áreas da superfície de aplainamento próxima à planície fluvial do riacho Timbaúba, como: Marmeleiro (*Croton sonderianus*), Angico (*Anadenanthera colubrina* – porte arbóreo, indivíduo único), ocorrência massiva de espécies de Carnaúba (*Copernicia prunifera* – mata de várzea).

Nos setores em que os rios percorrem o perímetro urbano próximo às áreas ocupadas pelas comunidades ribeirinhas das sub-bacias, com destaque para a comunidade Timbaúba e, parte da via que dá acesso à referida comunidade, observamos a presença de espécies de porte arbóreo, como: Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*), Carnaúba (*Copernicia prunifera*), Mofumbo (*Combretum Leprosum*), Pau Branco *(Auxemma oncocalyx*) e, espécies de estrato herbáceo, como o Bamburral (*Hyptis suaveolens*), conforme pode ser analisado na figura 2.

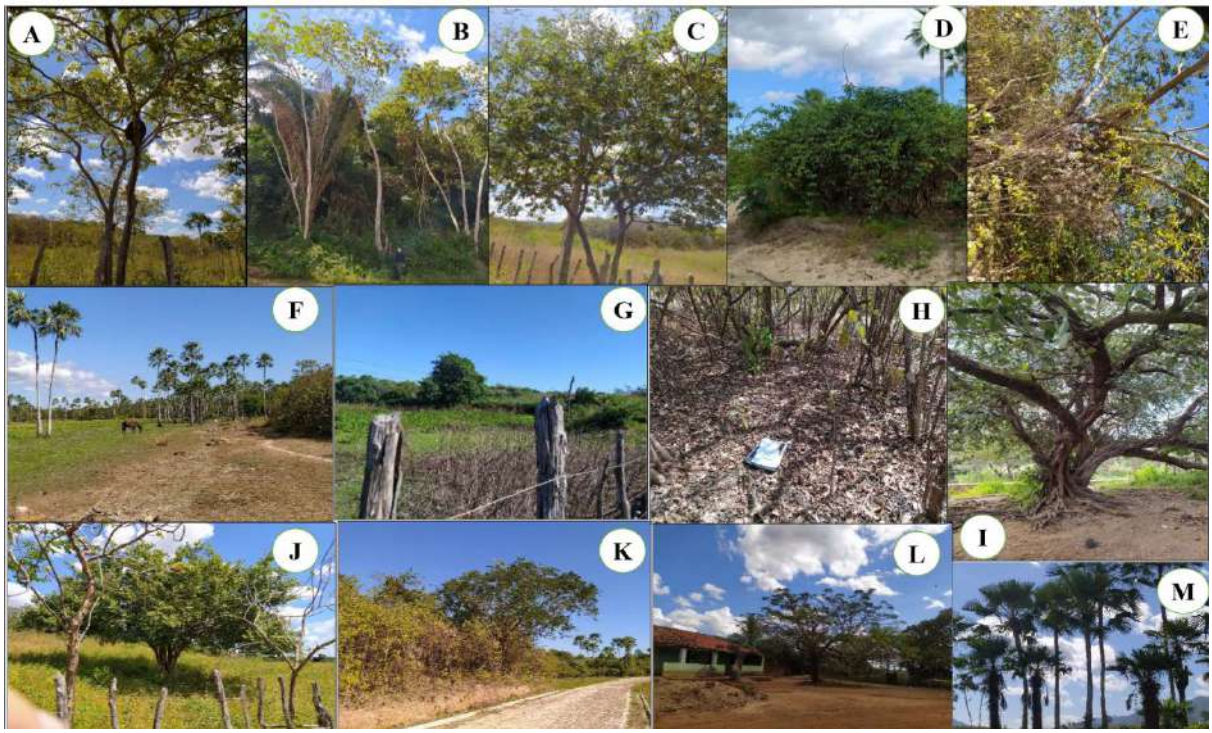


Figura 2: Principais espécies vegetais encontradas nas Sub-bacias hidrográficas dos riachos, Timbaúba e Poção - CE:

A. Imburana (*Commiphora leptophloeos*); B. Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular; C. Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*); D. Pau do rio; E. Marmeleiro (*Croton sonderianus*); F. Carnaúba (*Copernicia prunifera*); G. Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*); H. Serapilheira. I. Oiticica *(Licania Rígida*); J. Canafístola (*Senna multijuga*); K. Angico (*Anadenanthera colubrina*); L. Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*); M. Carnaúba (*Copernicia prunifera*).

Fonte: Galeria do autor

Na margem direita do riacho Poção e, próximo as nascentes do riacho Timbaúba, há o predomínio de vegetações de Caatinga Arbustiva, que caracteriza a alteração da vegetação natural destes locais, identificamos ainda, a presença de um uso e ocupação marcado por uma cultura de subsistência com base na plantação de milho e feijão nas vertentes íngremes das encostas.

Em concordância com os pressupostos de Lima, *et al.*., (2021), as sub-bacias hidrográficas dos riachos, Timbaúba e Poção, possuem cerca de 22,6% de sua área inserida, no contexto do maciço cristalino serra da Meruoca, compreendendo assim o alto curso desta sub-bacia. Conforme os autores supracitados, as porções que apresentam maiores índices pluviométricos e umidade, com cotas altimétricas elevadas, como as áreas de topos, vertentes e vales, sofrem com formas de uso e ocupação marcadas por "uma agricultura de subsistência, falta de saneamento básico, desmatamento, queimadas, urbanização predatória, dentre outros" (Lima, *et al.,* 2021, p. 55).

Mata ciliar – No médio curso do riacho Poção, analisou-se que a mata ciliar se encontra parcialmente preservada, ao passo que a mata de várzea está totalmente descaracterizada na margem esquerda do riacho Poção. Presença de alguns indivíduos arbóreos de mata ciliar, como espécies de: Canafístola (*Senna multijuga*), oiticica (*Licania rígida*), imburana (*Commiphora leptophleoes*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*).

Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca) – esta vegetação apresenta como fisionomia dominante o estrato arbóreo-arbustivo, com predomínio de espécies semi-caducifólias, em que parte destas perdem suas folhas, para proteger-se dos efeitos de seca (PEREIRA; SILVA, 2007, p. 203).

Na área da pesquisa, há a ocorrência de espécies de arbustos, os quais se configuram como indicadores/testemunhos acerca da retirada das espécies originais/nativas e, um caráter totalmente secundário, apontando para os locais com maior nível de desmatamento, caso específico ocorre nas cotas altimétricas mais elevadas do alto curso do riacho Poção, com a presença da espécie Babaçu (*Attalea ssp.*), o qual é um bioindicador de desmatamento.

Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio Nebular (Mata úmida serrana) – As matas úmidas ocorrem nas vertentes barlaventos dos Maciços Residuais (Serras) mais altos do Ceará, conforme representado na figura

3. São ambientes de exceção na paisagem predominantemente semiárida. (Moro *et al.* 2015, p.732). Em um determinado trecho das sub-bacias, especificamente próximo à calha do riacho Timbaúba, verificou-se a presença de serapilheira (H), a qual é de suma importância para a conservação da umidade e manutenção dos nutrientes e de toda matéria química dos solos predominantes na área, sendo deste modo, responsável pelo processo de ciclagem de nutrientes. Neste sentido, se constitui como o principal material que atua na transferência do fluxo de nutrientes e fundamental para a sustentabilidade da biodiversidade de uma floresta, pois permite que, ocorra o retorno de uma significativa porção de nutrientes ao solo, em partes significativas para a absorção das plantas (FERREIRA, *et al*., 2007).

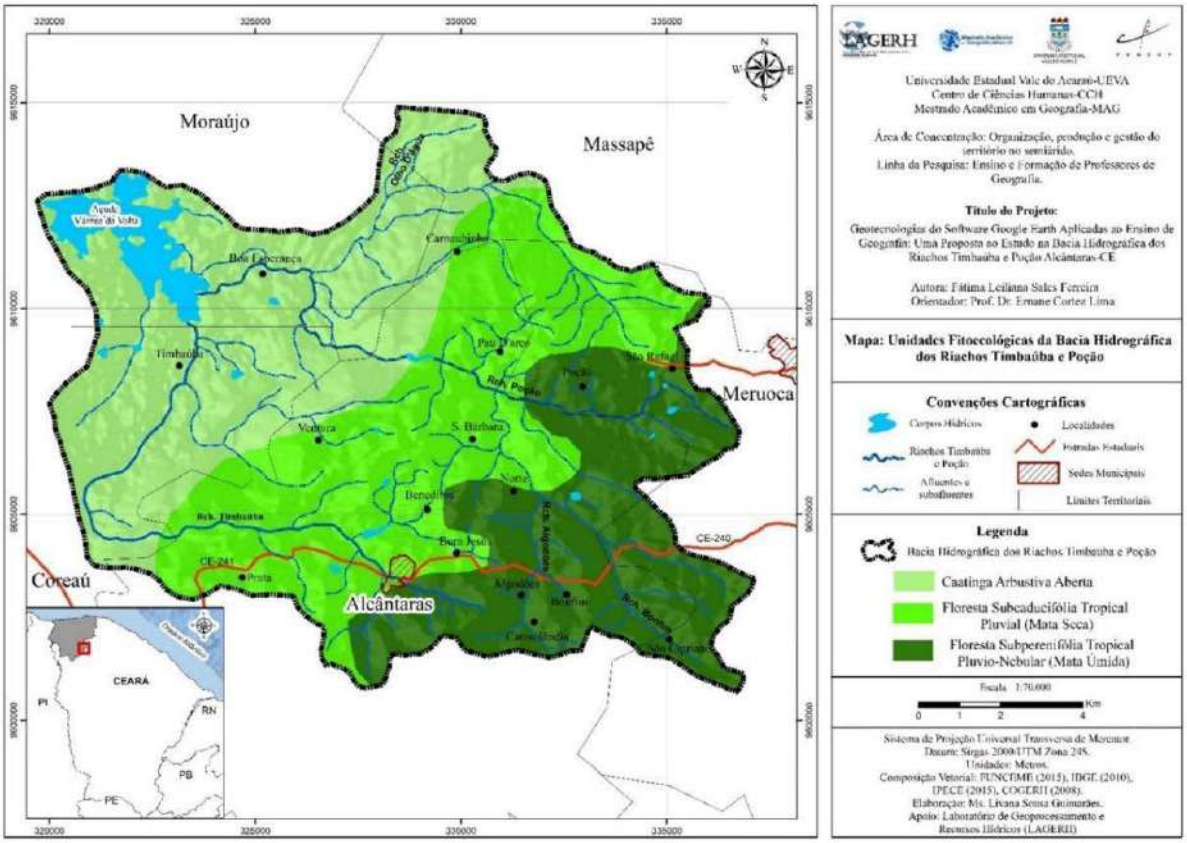


Figura 3: Mapa fitoecológico da Sub-bacia hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção – CE
Fonte: GUIMARÃES (2020)

Em relação às classes de solos correspondentes na área da sub-bacia hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção, foram identificadas através de um levantamento preliminar com base na análise do material cartográfico, interpretação de imagens de satélites disponibilizadas por órgãos especializados como o IBGE (2020), pesquisas bibliográficas, a exemplo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS, 2006) e, com suporte no levantamento técnico realizado em campo.

Neste sentido foram detectadas as seguintes classes de solos predominantes na área da sub-bacia, solos do tipo: os Argissolos Vermelho Amarelo Eutróficos, os Neossolos Litólicos, os Neossolos Flúvicos e os Planossolos Solódicos, os quais podem ser caracterizados em quatro tipologias diferentes, sendo estes:

Os Argissolos Vermelho Amarelos Eutróficos são solos moderadamente profundos, com textura média e argilosa e, podem apresentar fertilidade natural de baixa à alta. Os argissolos são de profundidade variável, desde forte e imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas. A textura varia de arenosa e argilosa no horizonte A e, de média a muito argilosa no horizonte Bt.

Ocupam o percentual mais elevado do total do estado, tanto em relevos planos e suave ondulados, quanto em relevos movimentados das áreas de Serras Cristalinas (PEREIRA; SILVA, 2007). Deste modo, apresentam-se nas áreas da sub-bacia com maiores cotas altimétricas, representadas pelo Maciço Residual Úmido, no município de Meruoca, na vertente/platô úmido e, no município de Alcântaras, na vertente seca, nos setores, leste, sudoeste e sul.

Os Neossolos Litólicos caracterizam-se como solos de fraca evolução pedológica, com profundidade rasa, de textura arenosa, que apresentam horizonte A, seguido de horizonte C existente diretamente sobre a rocha – R. É comum possuírem pedregosidade na superfície, encontrados frequentemente associados com afloramentos rochosos. Na área em estudo, expressa-se em uma pequena faixa restrita, equivalendo à porção noroeste, isto é, a vertente seca do Maciço Residual Serra da Meruoca e, parte da superfície de aplainamento, dessa forma, identificado em todos os municípios da sub-bacia.

Os Neossolos Flúvicos, conforme o SIBICS (2006) esta classe de solos é derivada de sedimentos aluviais, isto é, são originados pelo processo de sedimentação aluvial do Holoceno e, que apresentam deste modo, caráter flúvico. Constituem-se em solos que possuem altos níveis de profundidade, baixa drenagem (susceptíveis à inundação e erosão), com textura indiscriminada, de fertilidade natural de média a alta.

Na área em estudo, são identificados nas margens dos riachos, Poção e Timbaúba. Com maior destaque no baixo curso, nas porções noroeste e oeste da sub-bacia hidrográfica em análise. Predominantemente na planície fluvial dos riachos Timbáuba e Poção.

Os Planossolos Solódicos segundo o SIBICS (2006) são solos minerais perfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial de textura mais leve, que contrasta abruptamente com horizonte B ou com transição abrupta com acentuada diferença de textura do A para B, geralmente acentuada concentração de argila com permeabilidade lenta.

Assim, são considerados solos rasos, relativamente profundos, com características de composição físico-química específicas, sendo estas, deficiência hídrica, níveis de médio a alto de fertilidade natural, entretanto, apresentam elevados teores de sódio, por isso trazem em sua nomenclatura, a terminologia – *Planossolo Solódico e Solonetz Solodizado.* Em virtude destes condicionantes, levam estes solos a apresentar limitações do ponto de vista da produtividade agrícola, sendo seu uso destinado às atividades pecuárias e de pastagem e, configuram-se como solos vulneráveis e susceptíveis ao fenômeno de erosão.

Conforme aponta Pereira e Silva (2007) estes solos são típicos de relevos planos e suaves ondulados de regiões semiáridas ocupando as partes mais baixas das depressões sertanejas e várzeas, onde há condições favoráveis a acumulação de sódio. Estando, desta maneira, presentes no setor noroeste da área em estudo, especificamente, na superfície de aplainamento (Figura 4) abrangendo os municípios de Coreaú, Moraújo e Massapê.

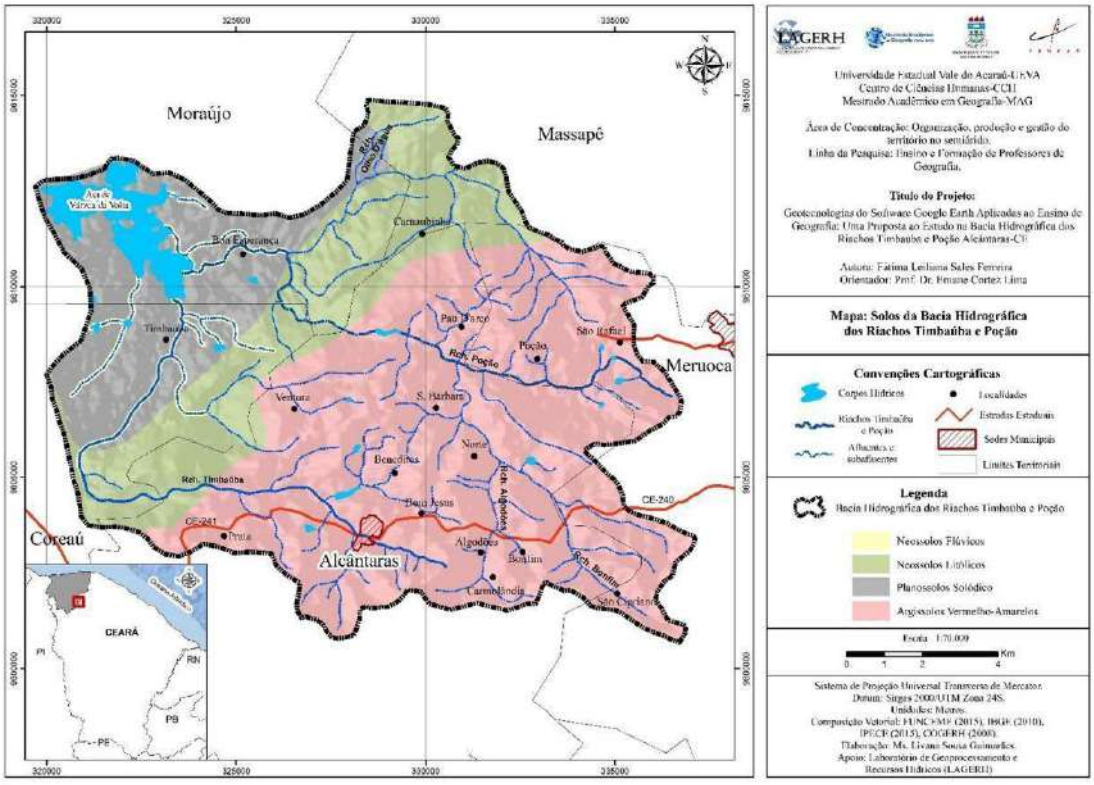


Figura 4: Solos da Sub-bacia hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção – CE
Fonte: GUIMARÃES (2020)

4. Considerações Finais

A análise geoambiental integrada ancorada em uma ótica sistêmica sobre o espaço geográfico, tendo como ponto de partida a escala do vivido e o cotidiano dos educandos, possibilita compreensões em torno da dinâmica dos componentes físico-naturais e sociais, que integram o sistema de uma bacia hidrográfica, fortalecendo o entendimento no tocante a atuação dos agentes modeladores e transformadores da paisagem, sejam estes de ordem natural (ventos, chuvas, rochas, relevo, etc.) ou antrópica (ação do homem sobre o meio).

Assim, tendo como referência a sub-bacia hidrográfica dos riachos Timbaúba e Poção, enquanto recorte espacial de análise e, seus elementos físico-naturais de vegetação articulados com as variáveis de solo, primando por uma abordagem integrativa e contextualizada ao ambiente semiárido, deste modo, considerando que os discentes são parte integrante do meio em que estão sendo inseridos, propomos um sistema didático acerca das variáveis relevantes a análise ambiental da sub-bacia dos riachos Timbaúba e Poção para se trabalhar junto aos educandos que residem nos municípios abarcados pela área da mesma, sendo os respectivos municípios – Coreaú, Moraújo, Meruoca e Alcântaras.

5. Referências

FERNANDES, A. G. **Fitogeografia Brasileira: Províncias Florísticas.** 2º parte – 3° ed. Fortaleza: Edições UFC, 2006.

FERREIRA, R. L. C.; JÚNIOR, M. A. L.; ROCHA, M. S.; SANTOS, V. F.; LIRA, M. A.; BARRETO, L. P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n.1, p. 7-12, 2007.

FIGUEIREDO, M. A. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas). *In:* Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará; IPLANCE, Fortaleza, 65p, 1997.

LIMA, Ernane Cortez.; CLAUDINO-SALES, Vanda; OLIVEIRA, Ulisses. Costa de. **Levantamento fisiográfico do alto curso das sub-bacias hidrográficas no maciço cristalino da Meruoca, Ceara.** REVISTA GEOGRAFARES, v. 1, p. 52, 2021.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. ***Pesquisa em educação*: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MORO, M. F. ; MACEDO, M. B. ; MOURA-FÉ, M. M. ; CASTRO, A. S. F. ; COSTA, R. C. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguesia,** v. 66, p. 717-743, 2015.

PEREIRA, R. C. M.; SILVA, E. V. Solos e vegetação do Ceará: Características gerais. *In*: SILVA, J. B. CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C.; SOUSA, M. S. (Org.). **Ceará:** um novo olhar geográfico. 2.ed. atual – Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 189-210.

RODRIGUES, J. M. D.; LIMA, E. C. **Levantamento dos aspectos físicos ambientais das sub-bacias hidrográficas dos riachos Timbaúba e Poção, Coreaú – CE.** *In:* XIX ENG – Encontro Nacional de Geógrafos, 2018, João Pessoa. Anais Eletrônicos, 2018.

RUFFINO, P. H. P.; SANTOS, S. A. Utilização do conceito de bacia hidrográfica para capacitação de educadores. *In:* SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas:** teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 2002. p. 111-23.

VIEIRA TORRES, M.; SOBRINHO, J. F.; Estudo integrado da bacia do Coreaú (CE): uma proposta de ensino para a Educação Básica. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4. v. 10, N. 1, p. 84-89, 2014.

Recursos Hídricos e Áreas Degradadas: Um Estudo nas Margens do Rio Amazonas, Sede do Assentamento de Vila Amazônia, Parintins/AM

Luzia Cidade Sarraff[1]
Geisse Brigido de Souza[2]
Maria da Glória Gonçalves de Melo[3]
Rafael Jovito Souza[4]

Resumo: A manutenção dos cursos d'águas está diretamente ligada à presença de cobertura vegetal, assim como ao planejamento do uso do solo, contribuindo para harmonia do desenvolvimento sistêmico ambiental. Neste sentido, o presente estudo objetivou destacar áreas degradadas na sede de Vila Amazônia e propor alternativas de minimização dos impactos ocasionados por tais processos, que vêm ao longo do tempo prejudicando os recursos hídricos. A pesquisa partiu de um levantamento de campo com observações *in loco,* em um trecho do rio Amazonas, situado na parte frontal da comunidade sede, de Vila Amazônia, pertencente ao município de Parintins/AM. Observou-se que há elementos impactando negativamente aquele ambiente, tais como: erosões, ocupação irregular, degradação da vegetação ciliar e assoreamento. Para manutenção e equilíbrio ambiental naquele espaço, verificou-se a necessidade de práticas conservacionistas além de ações de restauração ambiental.

Palavras-chave: Vegetação ciliar; Degradação; Cursos d'água.

Abstract: The maintenance of watercourses is directly linked to the presence of vegetation cover, as well as the planning of land use, contributing to the harmony of the systemic development of nature. In this sense, the present study aimed to highlight

1 UEA –Discente, curso de Pós-Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA. lcs.mgr19@uea.edu.br.

2 Discente, curso de Pós-Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA. geisse.brigido@hotmail.com.

3 Docente, curso de Pós-Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA. gloriamelo@yahoo.com.

4 UEA –Docente, curso de Pós-Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA. rjovito@uea.edu.br.

degraded areas in the headquarters of Vila Amazonia and propose alternatives to minimize the impacts caused by such processes, which have been harming water resources over time. The research was based on a field survey with in loco observations, in a section of the Amazon River, located in the front part of the community village of Amazonia, where it was observed the elements that negatively impact that environment, such as erosion, irregular occupation. and riparian vegetation degradation and silting.

Key Word: Riparian Forest; Degradation; watercourses.

1. Introdução

A Gleba de Vila Amazônia outrora denominada de Vila Batista à 5 km de distância da sede de Parintins em linha reta, localiza-se à margem direita do rio Amazonas e paraná do ramos. A via de acesso se dar por estradas pelo Estado do Pará e por via fluvial pelo Estado do Amazonas (TAVARES, 2016).

O processo de ocupação Da Gleba de Vila Amazônia começou em 11 de março de 1927, por meio de contrato assinado entre o Governo Efigênio Salles e o governo japonês, por intermédio do empresário japonês Yamanishi, em comum acordo com a política brasileira em aceitar e expandir o processo de imigrantes, como mão de obra no Brasil para movimentar a economia no Estado por conta da decadência da borracha. Buscavam-se novas alternativas econômicas através da juticultura (TAVARES, 2016).

À época escolheu-se o recorte geográfico compreendido por Vila Amazônia, por conta da fertilidade da terra às margens dos cursos d'águas, adequadas para o plantio da juta e da agricultura, que expandia e alargava o processo de produção. Assim acontecia o processo de ocupação humana do solo da localidade (TAVARES, 2016).

Durante a Segunda Guerra Mundial, o Brasil passa a ser inimigo do Japão, um divisor de águas na política brasileira. Os japoneses são obrigados a deixar a área de Vila Amazônia. Mais tarde, a posse destas terras passa a ser do empresário português, J. G Araújo, que continuou os trabalhos deixados pelos japoneses até meados da década de 1970 (TAVARES, 2016).

Em 1980, o governo brasileiro implantou projetos de assentamento na área, por meio do Instituto Nacional de Reforma Agrária – INCRA, projeto este que permanece até hoje (TAVARES, 2016).

Foram momentos importantes para o desenvolvimento econômico de Parintins, mas também resultou em processos de degradação ambiental, já que para desenvolver-se o ser humano modifica seu meio, ocasionando externalidades à natureza, nem sempre benéficas frente ao serviços ecossistêmicos que esta, nos proporciona. Retirada de vegetação e erosão são alguns dos impactos negativos decorrentes do uso do solo sem observância às adequações ambientais naquele ambiente, o que afeta diretamente os recursos hídricos.

A vegetação ripária, um dos principais ecossistemas ambientais, por ser uma faixa de transição entre o meio aquático e terreno, habitat natural para muitos animais, local de abrigo e de alimento, principalmente para os peixes, sofre perturbação com a retirada da cobertura vegetal desencadeando desequilíbrio ao ambiente expondo o solo, prejudicando as águas, vegetação e o próprio ser humano.

Para o Código Ambiental Brasileiro, as Áreas de Preservação Permanentes – APPs, são parcelas da vegetação nativa que precisam estar preservada, intacta das ações humanas no interior das propriedades rurais, margens de rios, cursos d'água, lagoas, reservatórios, topos de morros e encostas com declividade elevada, cobertas ou não por vegetação nativa, onde sua principal função é preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o ecossistema de fauna e flora, de proteger o solo e assegurar o bem-estar da população humana no agora e no futuro (BRASIL, 2012).

Mesmo a erosão, caracterizada como fenômeno natural, a retirada da vegetação pode intensificar o processo e potencializar os danos ambientais, econômicos e sociais. Neste sentido as APP's são "suporte à preservação ambiental" proporcionando a estabilidade do solo, manutenção da fauna e dos canais hídricos "(...) ecossistemas ecológicos cultural e economicamente importantes que fornecem muitos serviços valiosos à humanidade" (VASCONCELOS e MOTA, 2020, p.2).

Diante deste contexto, objetivou-se a partir de observações feitas em visitas de campo, destacar as áreas degradadas na sede de Vila Amazônia, e propor alternativas de minimização dos impactos ocasionados por tais processos, que vêm ao longo do tempo prejudicando aos recursos hídricos.

2. Metodologia

A área de estudo está localizada em um trecho à margem direita do rio Amazonas e Paraná do Ramos (Figura 1), abrangendo a comunidade de Santa Maria, sede da Gleba de vila Amazônia no município de Parintins/AM, popularmente conhecida como Vila Amazônia, distante cerca de 5 km em linha reta da sede municipal.

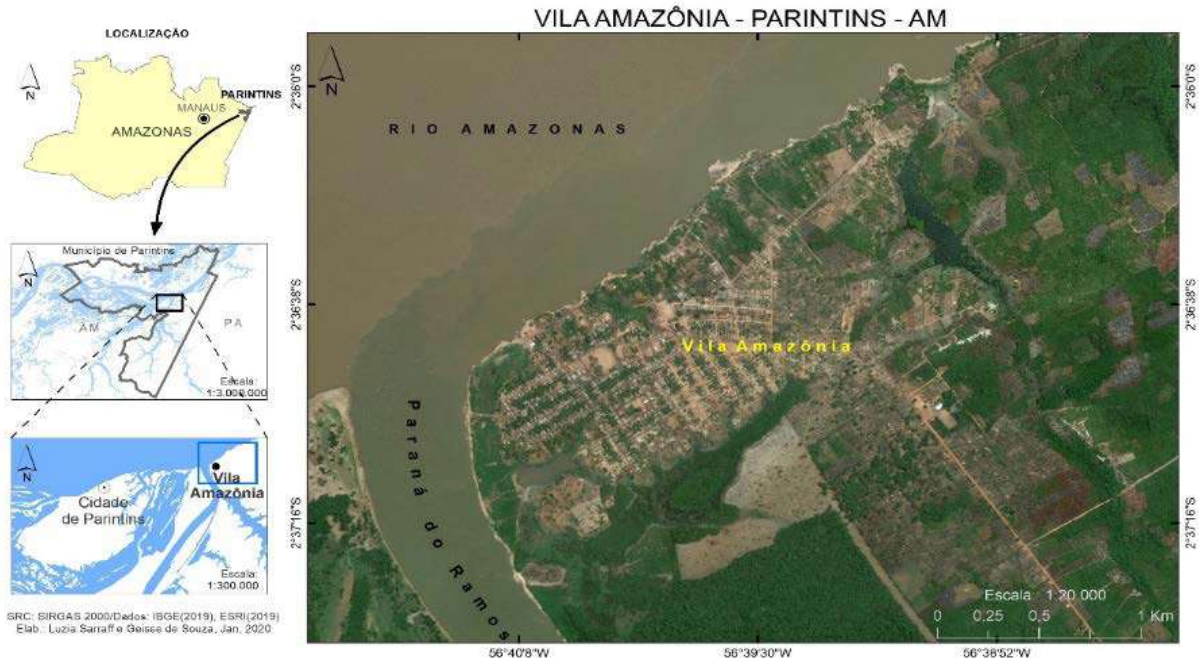


Figura 1. Localização da sede de Vila Amazônia
Fonte: Os autores

A princípio, realizou-se visita de campo para reconhecimento da área de estudo, e observações *in loco* do ambiente. Durante atividade de campo, foram identificados os elementos que impactam os recursos hídricos: uso desordenado do solo, ausência de vegetação ciliar e áreas em processos erosivos.

As informações foram registradas com fotografias e em caderno de campo, posteriormente foram sistematizadas, correlacionadas e analisadas a partir de levantamento bibliográfico sobre o tema em revistas científicas, teses, dissertações, monografias e na legislação vigente.

3. Resultados e Discussão

A comunidade de Santa Maria, sede de Vila Amazônia, é um dos principais pontos de escoamento de produtos agrícolas de Parintins. Concentra diariamente um fluxo de embarque e desembarque de passageiros, mercadorias e produção agrícola, cultivados pelas demais comunidades que compõem o assentamento.

As transformações do espaço deram-se a partir do uso do solo, para as diversas finalidades possíveis, como a ocupação humana, a agricultura familiar, a pecuária, o comércio dentre outras atividades (TAVARES, 2016).

A concentração populacional passou por ciclos econômicos importantes como o da juta, que contribuiu para o aumento do quantitativo de moradores da localidade e o fomento da economia. No entanto, percebeu-se que esta ocupação, assim como as demais formas de uso da terra, não considerou pontos de equilíbrio ambiental como a preservação da vegetação ciliar para manutenção dos corpos d'água, o que ocasionou modificações no espaço e consequentemente na paisagem, neste sentido verifica-se que o uso e cobertura do solo em Vila Amazônia, desenvolveram-se sob o viés da exploração econômica.

A partir da visita de campo, observou-se as zonas suscetíveis à erosão, que somadas ao alto índice de precipitações, comum na Amazônia, facilita o desencadeamento do processo erosivo (Figura 2 – A e B).

Figura 2. Aspecto geral das margens da Vila Amazônia: A- Erosão Pluvial; B- Erosão fluvial
Fonte: Os autores

Os processos de degradação do solo na área encontram-se em estágio processual e avançado em alguns trechos do rio frente à sede da vila, visto que, a retirada da cobertura vegetal das margens, torna o solo exposto e contribui para a intensificação dos processos erosivos.

A erosão pluvial desencadeada pela ação da chuva e a fluvial, relacionada à ação do rio, ambas, transportam o solo para o curso d'água onde se deposita no fundo do leito propiciando o assoreamento.

Marques (2017, p.93) descreve: "os desbarrancamentos das margens são comuns e frequentes na maioria dos cursos fluviais, fazendo parte do cotidiano e impondo, em certos casos, inúmeros desafios aos moradores ribeirinhos". O autor aponta como diferenciação de frequência e grandeza locais chamados de "terras firmes" banhados por águas pretas e claras. Em ambientes margeados por águas brancas, há uma grandeza do fenômeno e também refletida em "prejuízos sociais e econômicos" de maior intensidade (MARQUES, 2017, p.93).

As erosões às margens do rio Amazonas, chamado popularmente pelos "ribeirinhos" de "terras caídas", acontece com a desagregação do solo, pode se intensificar com a força da correnteza ocasionada por grandes embarcações que navegam pelo rio diariamente.

Esses fenômenos naturais também sofrem influência de ações como, retirada da mata ciliar, provocado pela ocupação das margens dos rios, processo comum de ocupação na Amazônia, visando os plantios de hortaliças e grãos, feitos em sua maioria por agricultores familiar, criadores de animais de pequeno porte ou até mesmo pecuária. Indicativo da necessidade de orientação técnica por parte das autoridades competentes, para direcionar a alternativa mais adequada de apropriação do espaço, considerando as áreas de preservação permanente.

No que tange a regulamentação dessas áreas, o Novo Código Florestal regulamenta a conservação das florestas, ecossistemas naturais e as formas de uso da terra, e determina a obrigação de preservar áreas sensíveis de nascentes, vegetação ripária, vegetação nativa, áreas desmatadas e degradadas também no interior das propriedades rurais (BRASIL, 2012).

Um dos serviços ambientais prestados pela vegetação ripária enquadra-se na contenção da erosão previsto na Lei Federal n° 12.561/12 em seu artigo 6°:

> Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades: **I - conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha** (BRASIL, 2012, grifo nosso).

O processo de ocupação da área em estudo apresenta conflitos com as áreas destinadas legalmente à preservação permanente. As APP's, também denominadas de mata ciliar ou vegetação ripária, possui destinação para preservação ambiental e conservação dos recursos hídricos como aponta o Novo Código Florestal:

> Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Art.3°, II, BRASIL, 2012).

A conservação da floresta reflete diretamente na proteção das águas, estão intrinsecamente ligados já que, a ausência de vegetação ciliar é o ponto inicial da degradação ambiental, desencadeando os processos erosivos e o assoreamento dos cursos dos rios, porém, verifica-se que o homem desde a antiguidade, buscou as proximidades com os recursos hídricos, para formar núcleos de povoados e fazer plantações. Constata-se esta realidade, ao verificar, muitas cidades e vilas às margens ou incorporando rios, lagos, igarapés entre outros, buscando usufruir das inúmeras possibilidades de usos da água, o que nem sempre resulta em resultados positivos para os recursos hídricos, pois como no local em estudo, observaram-se indícios de degradação desencadeada pela ação humana não planejada. Neste sentido Oliveira *et al.* (2015), corroboram:

> No Brasil, os ecossistemas ripários têm sido perturbados ou substituídos pela agricultura, pecuária, extração madeireira, além do fogo, natural ou antrópico, especialmente danoso em anos de seca. (OLIVEIRA; FELFILI; SILVA JÚNIOR 2015, p.2)

"Assim, as áreas marginais aos cursos de água possuem uma fragilidade natural intrínseca", (SIMONETTI; SILVA E ROSA, 2019, p.2), podendo ser, tanto do ponto de vista do interesse social em ocupar essas áreas, e consequentemente retirando a vegetação ripária, quanto do processo que esta ação desencadeia no que tange aos processos erosivos, rompendo ou diminuindo os benefícios dos serviços ambientais proporcionados por estes ambientes.

Os serviços ambientais, fornecidos pela floresta ripária envolve desde a proteção do solo contra a erosão ao interceptar o impacto da ação pluvial no solo, a qualidade e quantidade da água disponível nos canais hídricos, além da infiltração da água no solo, contribuindo para a recarga dos aquíferos e para o bem-estar social (TAMBOSI *et al.* 2015).

O rio Amazonas, principal rio da Bacia hidrográfica Amazônica, segundo Filho; Carvalho e Glória, (2019, p.26), possui:

> Características que contribuem com o processo de erosão fluvial, o tipo do leito, canal, padrão de drenagem e outros fatores são determinantes na formação das águas correntes e consequentemente na ocorrência de processos erosivos.

Ações antrópicas, somadas ao fenômeno natural da erosão, podem alterar o curso natural do rio, a partir do assoreamento, neste sentido o Código Florestal prevê mecanismos de proteção dos cursos d'águas, quando delimita áreas mínimas para as margens dos corpos d'águas, previstas em seu Art.° 4, capítulo II (BRASIL, 2012).

Sob a ótica do Código Florestal, às margens do rio Amazonas, deveria existir uma faixa de 500 metros de mata ciliar, indicação para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros (BRASIL, 2012). O código ainda caracteriza e identifica área rural consolidada, como áreas de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida neste último caso, a adoção no regime de pousio. Diante disso, a área frontal da Vila Amazônia enquadra-se em área consolidada, por ter ocupação antrópica anterior a 2008, admitindo - se a diminuição da faixa de Preservação Permanente- APP. No entanto, na área analisada, não há faixa de vegetação, sendo a área destinada a APP ocupada em sua totalidade por atividades comerciais de pequeno porte e residências, o que aponta para a necessidade de se criar uma gestão participativa de recuperação de áreas degradadas visando a preservação da água, do solo e da vegetação (BRASIL, 2012. Art.3, cap. IV).

Interrupção do fluxo hídrico, destoando a corrente natural hídrica, também foi um dos elementos observados em campo, ocasionados por processos erosivos, assim como embarcações denominadas "lanchas rápidas" que atracam cotidianamente na orla da vila Amazônia, e com o acionamento das "palhetas" de seus motores, formam crateras no fundo do leito do canal, as quais podem ser observadas durante o período de vazante. O canal busca se ajustar ao seu fluxo natural, deixando formações

de pontos d'águas, esses distúrbios antrópicos observados no local contribuem para o desequilíbrio ecossistêmico.

Recuperação das áreas degradadas a partir do recurso natural solo

A degradação ocorrida a um elemento da natureza, afeta aos demais recursos naturais, o que nos remete a reflexão frente à necessidade de conservar os recursos naturais para o uso atual e futuro, sendo importante o desenvolvimento de planos de ações para o uso do solo e para a reabilitação das áreas em potencial risco ou em processos de degradação.

A mitigação e possível recuperação de áreas degradadas dependem do nível de deterioração do solo, e dos fatores que contribuem para a degradação. Na área em que se desenvolveu o estudo, os processos erosivos identificados são originariamente naturais, á exemplo as "terras caídas", podendo sofrer intensificação a partir da ação antrópica, com o inadequado uso do solo e a retirada da vegetação ciliar, o que afeta negativamente a qualidade das águas e o curso dos rios.

Em se tratando de Amazônia, é necessário ao propor alternativas de recuperação de áreas degradadas, considerar as particularidades da localidade, a sazonalidade dos períodos de subidas e descidas das águas dos rios, que influenciam nos resultados das ações de recuperação destas áreas, sendo prudente a princípio, fazer o levantamento das espécies florestais que ocorrem na área, e que resistam à sazonalidade hidrológica da região.

Durlo (2012, p.73), especifica que a vegetação "interceptam a água das chuvas, aumentam a evapotranspiração, adicionam peso, ancoram o talude, produzem efeito de alavanca sobre o mesmo, e recobrem o solo pelo acúmulo de serrapilheira na superfície". O autor enfatiza, a importância de selecionar as espécies aptas, além de observar a forma adequada de plantio, sob pena de obter efeitos maléficos frente ao desejado, sendo necessário levar em consideração além das "características biotécnicas, critérios ecológicos, fitosociológicos e reprodutivos" (DURLO, 2012, p.75).

Além das técnicas tradicionais de recuperação de áreas degradadas, a bioengenharia pode apresentar-se como uma alternativa eficaz, quando observados critérios técnicos para sua implementação, especificamente nas áreas com declividade acentuada (DURLO, 2012).

As ferramentas de bioengenharia passíveis de aplicação naquele espaço, podem contribuir para a recuperação da APP, bem como, estabilização das áreas erosivas, a partir da implementação de técnicas de estacas

vivas, plantação de mudas, semeadura, entrançado vivos, geotêxteis, banquetas e feixes vivos (DURLO, 2012).

Salienta-se, a importância de monitoramento técnico no desenvolvimento do processo de recuperação, com vistas a tomar decisões de novas alternativas de modelos complementares, bem como a manutenção e aplicação de ações contínuas para o alcance do sucesso na recuperação da área.

4. Considerações Finais

A ausência de vegetação ciliar, somando-se à erosão, e uso sem critérios do solo são fatores contributivos para a intensificação das áreas degradadas às margens do rio Amazonas, no trecho que compreende a fronte da sede de Vila Amazônia, o que denota a importância de se conservar a cobertura vegetal, principalmente em áreas de APP, como prevê o Código Florestal Brasileiro, visando a manutenção, qualidade e preservação dos recursos hídricos.

A recuperação de áreas degradadas na sede de vila Amazônia, é uma medida que se faz necessária, a partir de ações do poder público em parceria com a comunidade, visando minimizar os processos erosivos e evitar, perda do solo e de vegetação ciliar que são recursos naturais cruciais para a manutenção e conservação dos recursos hídricos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – CAPES, código de financiamento 001, agradecemos também ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela concessão de bolsa de estudo.

5. Referências

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 mai. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 10 dez. 2019.

Durlo, Miguel Antão; Sutili, Fabrício Jaques. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de água.** Santa Maria, 2012.

FILHO, João D'Anuzio Menezes de Azevedo; CARVALHO, Rafael dos Anjos; GLÓRIA, Sidney Araújo. *TERRAS CAÍDAS E CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS: UM ESTUDO NA ENCOSTA FLUVIAL NO BAIRRO SANTA CLARA EM PARINTINS (AM)*. **Marupiara | Revista Científica do CESP/UEA**, [S.l.], n. 4, p. 18 - 46 ago. 2019. ISSN 2527-0753. Disponível em: http://periodicos.uea.edu.br/index.php/marupiara/article/view/1560. Acesso em: 8 dez. 2019.

MARQUES, Rildo Oliveira. **Erosão nas margens do rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e as implicações para a cidade de Parintins-AM**. 175 p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2017.

OLIVEIRA, Maria Cristina; FELFILI, Jeanine Maria; JÚNIOR, Manoel Cláudio Silva. *Comparação florístico-estrutural dos estratos adulto e de regeneração em Mata de Galeria perturbada no Distrito Federal, Brasil*. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, n. 3, 2015. Disponível em:http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3159 Acesso em: 8 dez. 2019.

SIMONETTI, Vanessa Cezar; SILVA, Darllan Collins da Cunha e; ROSA, André Henrique. *Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil*. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 72, p. 01-27, jul. 2019. ISSN 2177-5230. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p01. Acesso em: 11 dez. 2019.

TAMBOSI, Leandro Reverberi *et al. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal*. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015. Disponível em: DOI: 10.1590/S0103-40142015000200010. Acesso em: 11 dez. 2019.

TAVARES, Anderson de Souza. **Geograficidades, urbanidades rurais e campesinidade no modo de vida dos moradores da comunidade de Santa Maria de Vila Ama-**

zônia (Parintins, AM).2016,110 f. Dissertação mestrado em geografia – Universidade Federal do Amazonas.

VASCONCELOS, Francisca Dalila Menezes; MOTA, Francisco Suetônio. *GESTÃO AMBIENTAL, LEGISLAÇÃO E OS RECURSOS HÍDRICOS NA CIDADE DE FORTALEZA (CE), BRASIL.* **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, p. 1-18, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190579. Acesso em: 12 dez. 2019.

Aplicação do Conceito de Bacia Hidrográfica na Disciplina de Geografia no Ensino Fundamental II

Anderson Felipe Leite dos Santos[1]
Húrbio Rodrigues de Oliveira Costa[2]

Resumo: Os estudos sobre as bacias hidrográficas na Geografia escolar possuem extrema relevância nos debates da relação entre sociedade e natureza, tendo em vista a importância de enfatizar os problemas ambientais causados pelas ações naturais, principalmente antrópicas, envolvendo as diferentes escalas geográficas, do local ao global. Partindo desse pressuposto, o trabalho tem como objetivo compreender como se apresenta a temática bacia hidrográfica em um livro didático do 6º ano, adotado para uso em uma Escola Estadual de Minas Gerais durante o quadriênio 2020-2023. A metodologia utilizada foi a qualitativa, do tipo estudo de caso. A partir da leitura do livro didático, selecionou-se apenas o capítulo no qual o conteúdo referente à bacia hidrográfica era tema central, em busca de fazer a análise proposta. Com os resultados obtidos, constatou-se que em relação ao conteúdo de bacias hidrográficas no livro analisado, não há uma abordagem da escala geográfica local e não considera, por exemplo, a importância do relevo para delimitar uma bacia hidrográfica, pois uma bacia se forma através dos desníveis do terreno que vão direcionar o escoamento da água das chuvas, sempre das áreas mais altas para as mais baixas, sendo essa tendência relacionada ao relevo e ao efeito da gravidade. Ademais, percebe-se que a diferença nas abordagens sobre a temática das bacias hidrográficas estará nas formas como o professor abordará o conteúdo. É preciso que haja uma mescla entre metodologias tradicionais e inovadoras que facilitem a interação com os alunos, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas; Geografia escolar; Livros didáticos; Metodologias.

1 Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências e Tecnologia - anderson.felipe@unesp.br.

2 Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências e Tecnologia - hurbio.costa@unesp.br.

Abstract: Studies on watersheds in school geography are extremely relevant in debates on the relationship between society and nature, given the importance of emphasizing environmental problems caused by natural actions, mainly anthropic, involving different geographic scales, from local to global. Based on this assumption, the work aims to understand how the watershed theme is presented in a 6th grade textbook, adopted for use in a State School of Minas Gerais during the 2020-2023 quadrennium. The methodology used was qualitative, of the case study type. From the reading of the textbook, only the chapter in which the content referring to the watershed was a central theme was selected, in order to carry out the proposed analysis. With the results obtained, it was found that in relation to the content of hydrographic basins in the book analyzed, there is no approach to the local geographic scale and does not consider, for example, the importance of relief to delimit a hydrographic basin, as a basin is formed through the unevenness of the terrain that will direct the flow of rainwater, always from the highest to the lowest areas, this trend being related to the relief and the effect of gravity. Furthermore, it is clear that the difference in approaches to the theme of watersheds will be in the ways in which the teacher will approach the content. There needs to be a mix between traditional and innovative methodologies that facilitate interaction with students, favoring the teaching and learning process.

Keywords: Watersheds; School geography; Didatic books; Methodologies.

Introdução

A relação entre sociedade e natureza encontra-se no centro das competências atribuídas à Geografia na Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2018), vinculando a ideia de senso crítico à possibilidade de os alunos compreenderem o espaço geográfico no qual estão inseridos. Pensando nisso, o estudo tem como objetivo adotar a bacia hidrográfica como um conceito e recorte espacial, permitindo o estabelecimento das relações entre sociedade e natureza a partir da produção do espaço geográfico. Para isso, com base no conteúdo de um livro didático do 6º ano do Ensino Fundamental II, será realizada uma avaliação do conteúdo e uma proposição de metodologias de ensino visando à eficiência do processo de ensino e aprendizagem.

É necessário compreender a relação entre sociedade e natureza a partir de um ponto de vista no qual a natureza consiste como um elemento importante, mas não determinante para o desenvolvimento das atividades

do ser humano, podendo passar por transformações durante o avanço das técnicas e tecnologias disponíveis para as intervenções promovidas pelo homem. Com o avanço do sistema capitalista, "[...] a relação homem-natureza é um processo de produção de mercadorias ou de produção da natureza. Portanto, o homem não é apenas um habitante da natureza; ele se apropria e transforma as riquezas da natureza em meios de civilização histórica para a sociedade" (CASSETI, 1995, p. 14).

Na visão de Casseti (1995), a natureza torna-se uma fonte na qual o ser humano busca os recursos para desenvolver a sociedade, transformando-os em riqueza por meio de produtos a serem comercializados. Nessa percepção, a natureza aparece como um ser passivo, fornecedor dos meios para o desenvolvimento do homem, sendo este o ser ativo que a transforma na medida em que lhe é necessário.

O problema desse uso apontado por Casseti (1995) é que na natureza existem dinâmicas como a de escoamento da água da chuva, uma das etapas do ciclo hidrológico, que passa a ser fortemente alterado na medida em que se tem o desmatamento ou a impermeabilização da superfície. As alterações das dinâmicas naturais podem ser estudadas em diferentes escalas de análise, pensando no conteúdo apresentado aos alunos de 6º ano, optou-se por adotar a bacia hidrográfica como recorte para observar a relação da natureza com a sociedade e o quanto essa relação promove profundas modificações nas dinâmicas naturais.

A bacia hidrográfica pode ser analisada como o conjunto de terras que drenam e convergem a água das chuvas para as partes mais baixas, esse escoamento e infiltração da água vai permitir o surgimento de canais fluviais superficiais e reservatórios subterrâneos, os quais são constantemente reabastecidos pelas chuvas (BARRELA *et al.*, 2000). Enquanto sistemas abertos, as bacias hidrográficas recebem e liberam matéria e energia, principalmente a partir da água das chuvas, o uso de modelos esquemáticos como o ciclo hidrológico permite perceber a relação entre as etapas e como elas ocorrem numa bacia hidrográfica (LIMA; ZAKIA, 2000).

Para Borsato e Martoni (2004), as bacias hidrográficas são delimitadas por divisores de água, comumente se conectam a outras bacias de maior porte, dessa forma, é possível afirmar que dentro de uma bacia existem sub-bacias e até mesmo microbacias. Ao identificarmos a existência de relação do uso e ocupação do solo com o funcionamento de uma bacia hidrográfica, o solo se torna "elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial" (BORSATO; MARTONI, 2004, p. 273).

Entender o conceito de bacia hidrográfica e a forma como se dão as dinâmicas naturais torna-se importante, ao passo que o conteúdo apresentado nos livros didáticos deve minimamente apontá-lo como recorte importante para a manutenção de recursos hídricos e para os impactos do uso e ocupação do relevo. Gabrelon e Silva (2017, p. 131) afirmam que "[...] o Livro Didático é a principal referência que o professor tem como base para estruturar as aulas, isto é, o manual escolar pode exercer a função de um documento prescrito".

A partir do momento em que o livro didático se torna a principal ferramenta para o professor, por vezes a única fonte de pesquisa para o aluno, é necessário que as informações nele contidas sejam confiáveis, claras e úteis para a formação do estudante enquanto ser social e responsável pelos recursos naturais disponíveis. As relações existentes entre sociedade e natureza podem ser evidenciadas ao tomarmos como recorte espacial uma bacia hidrográfica, na qual as intervenções antrópicas passam a interferir diretamente na disponibilidade desses recursos naturais.

O ensino de geografia: perspectivas e desafios

A disciplina de Geografia, como muito é enfatizado, não é considerada de fácil compreensão para a grande parte dos alunos da educação básica. Para muitos, é considerada apenas uma ciência que estuda o relevo, o clima, a vegetação (aspectos físicos), a população, as cidades, o campo (aspectos humanos). De fato, se perguntarmos aos estudantes do ensino fundamental e médio, até mesmo aos geógrafos, o que é a Geografia, surgirão milhares de respostas, mas cada uma com sua singularidade.

Em relação aos debates do ensino de Geografia na educação básica, Kaercher (1996, p. 110) parte do pressuposto que:

> A Geografia é um ramo do conhecimento que, tal qual a matemática, a língua materna, a história, etc tem uma linguagem específica, própria e como tal é necessário ALFABETIZAR O ALUNO EM GEOGRAFIA para que ele não só se aproprie do vocabulário específico desta área de conhecimento mas, sobretudo se capacite para a LEITURA-ENTENDIMENTO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO próximo ou distante.

Ao falarmos do ensino de Geografia no Brasil, percebe-se que ao longo do tempo houveram mudanças importantes e necessárias para o contexto das práticas espaciais no cotidiano escolar, tais mudanças envolveram a realidade vivenciada pelos alunos para explicar as diferentes temáticas

geográficas numa perspectiva local, regional, nacional e mundial. De acordo com Cavalcanti (2011, p. 194), "há mais de uma década vive-se, no campo do conhecimento em geral e da Geografia em particular, importantes transformações, sejam no sentido do avanço tecnológico, seja no sentido do avanço teórico para lidar com a realidade complexa do século XXI".

Apesar de todas as reformulações do ensino de Geografia, ainda, nos dias atuais, prevalece, nas práticas cotidianas escolares de muitos professores, um ensino pautado em métodos tidos como tradicionais, no qual os alunos escutam e reproduzem as informações ditas pelo professor. É importante salientar que as aulas expositivas não devem ser banidas, porém é preciso pensar em metodologias inovadoras para utilizar nas escolas, com o propósito de os alunos serem sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem. Nessa perspectiva, Cavalcanti (2011, p. 197) retrata que "no ensino é também um desafio escapar da ilusão do empirismo e buscar métodos para abordar didaticamente os conteúdos geográficos que possam efetivamente contribuir para o desenvolvimento do pensamento teórico-crítico dos alunos".

Na década de 1980, constatou-se um movimento de "renovação da ciência geográfica no Brasil" (CAVALCANTI, 2016, p. 403) com dois "núcleos" principais, um que defendia a Geografia dita tradicional e outro que defendia uma Geografia nova, ambos apoiados numa perspectiva marxista. Assim, esse movimento de renovação "também focava o ensino de Geografia, atribuindo-lhe maior significado social" (CAVALCANTI, 2016, p. 404).

Embora tenha tido vários debates na renovação da ciência geográfica no Brasil na década de 1980, a década de 1990, de certa forma, consolidou uma Geografia plural, com a abordagem de diferentes temáticas e métodos para as análises dos diferentes espaços geográficos, considerando as diferentes escalas e realidades. Assim, concordamos com Gomes (2017, p. 17) que "a melhor maneira pela qual uma compreensão diversa se enxerta é o melhor indício de que há um contínuo jogo de transformações e de permanências que a cada momento se reestrutura".

Nesse contexto de mudanças, de 1990 a 2000, há uma consolidação nas pesquisas em ensino de Geografia nos programas de pós-graduação no Brasil, vista a necessidade de se pensar a formação do professor dessa disciplina escolar a partir de diferentes contextos formativos e de realidades vivenciadas nos diferentes lugares do Brasil. Além disso, a importância de se pensar estratégias metodológicas para ajudar nas abordagens das temáticas trabalhadas na disciplina de Geografia escolar, em busca de "con-

tribuir para a formação do cidadão. Um cidadão que reconheça o mundo em que vive, que se compreenda como indivíduo social capaz de construir a sua história, a sua sociedade, o seu espaço, e que consiga ter os mecanismos e os instrumentos para tanto" (CALLAI, 2001, p. 134).

Embora existam inúmeras pesquisas, muitas delas não alcançam um número grande de professores da educação básica, ficando limitadas ao ambiente científico no qual pesquisadores desenvolvem estratégias didático-pedagógicas. Assim, deve-se pensar em como as metodologias desenvolvidas podem chegar a mais professores da educação básica, por meio de formações continuadas desenvolvidas pelos pesquisadores, através de cartilhas, jogos, grupos de estudos, entre tantas outras possibilidades.

Metodologia

Este trabalho, cuja abordagem é qualitativa, do tipo estudo de caso, procura compreender como se apresenta a temática bacia hidrográfica em um livro didático do 6º ano, e a forma como as relações entre sociedade e natureza se dão nesse recorte espacial. Quanto aos objetivos, a pesquisa é de caráter exploratório e descritivo, para Gil (2008, p. 28), "as pesquisas descritivas são, juntamente com as exploratórias, as que habitualmente realizam os pesquisadores sociais".

A partir da leitura do livro didático, selecionou-se apenas o capítulo no qual o conteúdo referente à bacia hidrográfica era tema central. Posteriormente, após a seleção do capítulo contido no livro didático, buscou-se materiais publicados em periódicos nacionais e internacionais, obtidos no Google Acadêmico e Scielo, que trouxessem experiências e reflexões a respeito da temática em questão.

Por ser um estudo de caso qualitativo, poderão ser desenvolvidas novas ideias, novos significados e novas compreensões, pois essa modalidade de estudo apresenta um grande potencial para conhecer e compreender melhor os problemas das abordagens do tema bacia hidrográfica na Geografia escolar, podendo oferecer subsídios para novas investigações sobre essa temática.

Resultados e Discussão

O livro adotado para análise é o "Por dentro da Geografia", escrito por Wagner Costa Ribeiro (RIBEIRO, 2018), destinado ao 6º ano do ensino fundamental, adotado para uso em uma escola da rede estadual de ensino de Minas Gerais durante o quadriênio 2020-2023. O livro é dividido em quatro unidades e subdividido em doze capítulos, para este estudo se faz importante a unidade 2, "Paisagens naturais da Terra", mais especificamente o capítulo 5 "Clima e dinâmica dos rios".

Apresentando diferenciações entre tempo e clima, buscando compreender a relação entre radiação solar, posicionamento da Terra no sistema solar e os fatores que influenciam nos diferentes tipos de clima distribuídos no planeta, nosso foco nesse capítulo será nas águas continentais. A água comumente é tratada como tema interdisciplinar nas turmas de 6º ano, tendo em vista que permite o diálogo com outras áreas do conhecimento, como Ciências e História. "Apesar de toda a discussão sobre a interdisciplinaridade, ainda se realiza um trabalho compartimentado e isolado com pouca interlocução entre os responsáveis pelos vários ramos do conhecimento" (BACCI; PATACA, 2008, p. 215).

No que tange ao componente curricular Ciências, a água tende a ser abordada a partir dos estados em que se encontra na natureza, os processos relacionados a ela e ainda a sua influência nos biomas. Para a História, a água permite auxiliar no resgate às primeiras civilizações, as quais desenvolveram nas margens dos rios sua vida cotidiana, dependendo de dinâmicas naturais, como as cheias dos rios para ter um solo fértil.

Já para a Geografia, além da importância da água como elemento responsável por manter a vida, esse conteúdo precisa ser espacializado e compreendido a partir das relações entre sociedade e natureza, considerando as "dimensões espaço-tempo, que muitas vezes não são tratadas no ensino de ciências, apresentam uma relevância fundamental para a compreensão das questões relativas ao meio ambiente na educação" (BACCI; PATACA, 2008, p. 216). Assim, o desenvolvimento socioeconômico de determinadas áreas, as dinâmicas de chuva e estiagem, bem como eventos climáticos extremos devem se tornar o foco nessa discussão sobre águas continentais.

O conceito e definição de bacia hidrográfica nos permite trabalhar em sala de aula com um modelo de análise integrado, a fim de compreendermos as dinâmicas que vão da formação do relevo à distribuição de chuvas

e armazenamento de água. Ribeiro (2018, p. 106) define bacia hidrográfica como "área total de escoamento de um rio principal e seus afluentes", sendo o rio principal o que mais recebe quantidade de água. O conceito vai ao encontro de Barrela *et al.* (2000), mas necessita de uma melhor contextualização para que a aprendizagem seja efetiva, o uso de imagens parcialmente inadequadas para o assunto diminui a qualidade do conteúdo apresentado.

Para ilustrar uma bacia hidrográfica, Ribeiro (2018) apresenta a segmentação de um canal fluvial, da nascente à foz, no entanto, coloca informações essenciais em segundo plano, como é o caso da importância do relevo para delimitar uma bacia hidrográfica. Entender que o relevo influencia diretamente no direcionamento dos fluxos, definindo os limites da bacia a partir dos divisores de água é de grande importância, visto que definirá a velocidade de escoamento e infiltração da água de acordo com a declividade. Na imagem apresentada pelo livro (à esquerda na Figura 1), valoriza-se a compartimentação do canal fluvial, reduzindo a importância de elementos como o relevo, o que poderia ser corrigido com o uso de imagens que possibilitem a visualização completa da bacia (à direita na Figura 1).

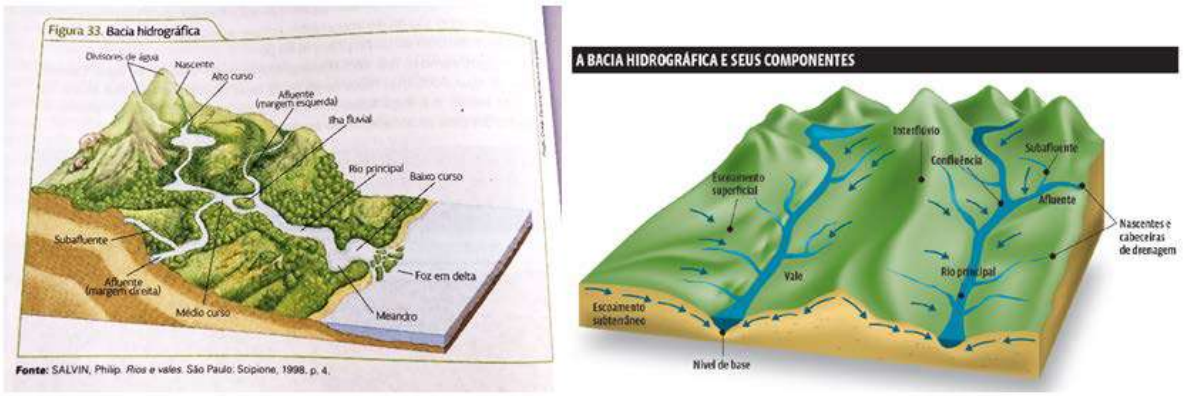


Figura 1: Bacia hidrográfica apresentada no livro didático (à esquerda) e sugestão de representação de bacia hidrográfica (à direita)
Fonte: Salvin (1998 apud RIBEIRO, 2018, p. 106); Guia do Estudante Geografia, 2017.

O interflúvio (divisor de águas) e o talvegue (nível de base) representam, respectivamente, o ponto mais alto e mais baixo de uma bacia hidrográfica. Tendo o relevo como base, a próxima etapa consiste em entender o ciclo hidrológico como ponto de partida para o escoamento e infiltração de água na superfície, uma das possibilidades é analisar essa dinâmica a partir da bacia hidrográfica (MACIEL, 2021). No momento em que se tem a precipitação de chuvas, o interflúvio passa a direcionar o escoamento superficial por meio das setas na ilustração, desse modo, o aluno pode compreender mais facilmente a direção na qual a água está vertendo.

Para Ribeiro (2018), a variação no volume de água no decorrer do ano é comum, sendo resultado do regime pluviométrico ao longo do ano. O autor destaca ainda que durante os períodos de cheia os canais fluviais tendem a extrapolar o leito natural, atingindo o leito maior. Entender o papel da bacia nesse contexto, especialmente a influência do uso e ocupação na área da bacia hidrográfica, permite ao aluno identificar os impactos nesse recorte espacial.

A bacia hidrográfica recebe os fluxos de água das chuvas, distribui e armazena nos seus rios e reservatórios, na medida em que são promovidas intervenções no ciclo hidrológico, consequentemente tem-se uma alteração em dinâmicas como cheia e estiagem. Para Cavalcanti (1993, p. 70), a necessidade de atrelar "conteúdos de Geografia no ensino fundamental está vinculada ao caráter de espacialidade de toda prática social e ao caráter social da espacialidade". Ou seja, as dinâmicas que ocorrem numa bacia hidrográfica estão inseridas numa realidade socioespacial para além dos divisores de água, as quais promovem o desequilíbrio de processos naturais, tanto na escala local como global.

No livro, Ribeiro (2018) coloca em destaque os diferentes compartimentos de um canal fluvial, destacando a foz do canal em forma de delta ou estuário, sendo a foz o encontro entre rio e mar. Caberia, no entanto, ressaltar que existem dois tipos diferentes de bacias hidrográficas, as endorreicas, na qual a hidrografia não chega ao mar, e as exorreicas onde a foz encontra o mar (GUERRA, 1993). Tais informações permitem ao aluno assimilar diferentes realidades sobre um mesmo objeto, dando exemplos que contribuam com sua formação.

Diante da importância de se trabalhar para além do livro didático, o professor poderia solicitar que os alunos produzissem um croqui simplificado de uma bacia hidrográfica, destacando o rio principal e seus principais tributários (Figura 2). A partir do uso do croqui, poderia envolver a escala local e/ou regional, demonstrando as bacias hidrográficas presentes na cidade e no estado no qual o aluno vive, podendo as caracterizar como endorreica ou exorreica.

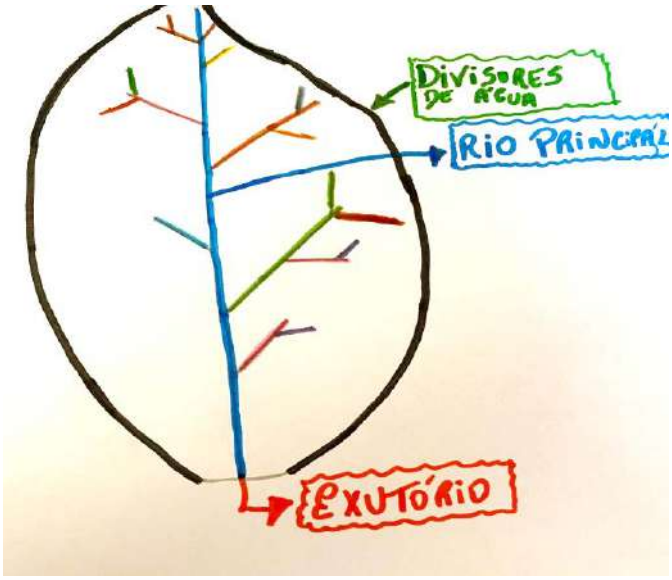


Figura 2: Croqui simplificado de uma bacia hidrográfica
Fonte: Autores (2021).

A partir da figura 2, percebe-se que os fluxos hídricos de uma bacia hidrográfica são delimitados por um divisor de água, o qual direciona a água das chuvas por meio de canais de escoamento, como ravinas, riachos, córregos, etc., vertendo para o curso principal e convergindo para uma única saída, no qual deságua em outro rio, diretamente no mar ou num lago. Assim, uma bacia hidrográfica possui a delimitação superior (divisor topográfico) e a delimitação inferior, no caso a saída (exutório).

Outra possibilidade seria a abordagem dos problemas socioambientais presentes nas bacias, os quais poderiam ser trabalhados em sala de aula, pois fazem parte do lugar dos alunos, trazendo o conteúdo para a escala do local. Quando trabalhamos com as questões que envolvem a poluição dos rios, açudes, as quais servem para a manutenção da vida dos estudantes e dos seus familiares, podemos sensibilizá-los, por exemplo, a economizarem água, a não jogarem lixo nos mananciais, entre tantas outras práticas que podem beneficiar a manutenção dos recursos hídricos. Em relação a considerar o meio vivido, Carola e Cancellier (2017, p. 221) afirmam que:

> A superficialidade na relação com o meio em que vivemos torna pouco provável a preservação no que tange cuidado, pois não há sentimentos e necessidades intrínsecas à sobrevivência e às emoções sendo estes grandes responsáveis por uma possível mudança de postura. Neste sentido, as disciplinas presentes no ensino regular, em especial a geografia, podem contribuir a partir do momento em que o lugar passa a ser visto para além de um espaço onde simplesmente residimos.

No livro didático analisado, as bacias hidrográficas citadas são aquelas consideradas mais importantes na escala mundial e na escala nacional, no que tange à geração de energia (usinas hidrelétricas), ao transporte, presença de grandes indústrias e agricultura altamente mecanizada (agronegócio). Na América do Sul, destaca-se no mapa das principais bacias do mundo, duas bacias que estão presentes em parte do território brasileiro, a do Amazonas e a do Paraná (Figura 3).

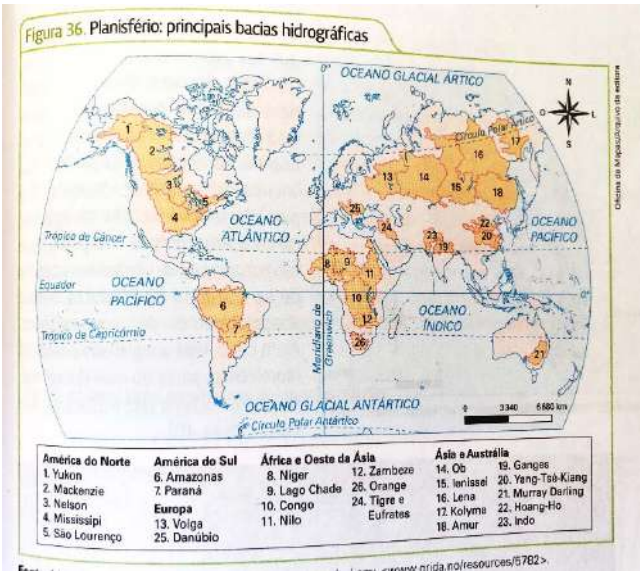


Figura 3: Principais bacias hidrográficas do mundo
Fonte: Ribeiro (2018, p. 107), retirado do Major river basins of the world em 2018.

O Brasil, devido à sua extensão, pode ser dividido em 12 regiões hidrográficas, cujo objetivo é orientar, fundamentar e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo a região amazônica a mais rica em água, biodiversidade, etc. Dessa maneira, é difícil o professor trabalhar cada uma dessas regiões hidrográficas de forma detalhada, por isso é relevante considerar mais os aspectos da bacia hidrográfica da região do aluno, até mesmo escolher sub-bacias ou microbacias na escala do local, possibilitando maior conhecimento a respeito dos problemas naturais e antrópicos que a atingem.

Considerações Finais

As bacias hidrográficas desempenham funções essenciais no meio ambiente, sendo de fundamental importância para a manutenção do equilíbrio e do funcionamento hídrico. Assim, percebe-se que uma região hi-

drográfica é formada por uma ou por um grupo de bacias ou sub-bacias, com características ambientais, sociais e econômicas similares, as quais devem ser consideradas nas abordagens da Geografia escolar. É perceptível que, ainda nos dias atuais, a Geografia é vista como uma disciplina mnemônica, na qual os alunos aprendem apenas conceitos, como o de bacias hidrográficas. Dessa forma, é preciso que haja uma ressignificação do ensino da Geografia escolar a partir da utilização de diversas metodologias, cujo objetivo seja a facilitação do processo de ensino e aprendizagem por meio da vivência e da participação do aluno durante esse processo.

O livro didático, visto ser uma ferramenta adotada em todo o território nacional, pode ser considerado o recurso didático mais utilizado pelos professores, por ter um roteiro a ser "seguido", contemplando textos, imagens, gráficos e atividades. Apesar da sua importância, o livro não deve ser a única ferramenta utilizada nas escolas, pois traz muitos conteúdos com abordagens restritas e estas não consideram as diferentes escalas geográficas. Assim, reitera-se a importância de trabalhar a partir de temas atuais na Geografia, porque o livro segue uma lógica daqueles determinados grupos que os fizeram, ou seja, muitos conteúdos não são problematizados da forma que realmente deveriam ser.

Em relação ao conteúdo de bacias hidrográficas no livro analisado, percebeu-se que não há uma abordagem da escala geográfica local e esse conteúdo não considera, por exemplo, a importância do relevo para delimitar uma bacia hidrográfica, pois, como apresentado, uma bacia se forma através dos desníveis do terreno, sempre das áreas mais altas para as mais baixas, dinâmica essa relacionada ao relevo e ao efeito da gravidade.

Portanto, diante do exposto, observa-se que a diferença nas abordagens sobre a temática das bacias hidrográficas estará nas formas como o professor abordará o conteúdo. É preciso que haja uma mescla entre metodologias tradicionais e metodologias consideradas inovadoras, utilizando jogos, imagens, aplicativos como o *Google Earth*, construção de maquetes, croquis, rodas de conversa, as quais instiguem o aluno a pensar, refletir e discutir essa temática a partir de diferentes escalas geográficas. Desse modo, é interessante começar sempre da escala local para a global, para que os alunos entendam o conteúdo do material didático, indo além de uma escala nacional e/ou mundial, enfatizando o que está presente no seu cotidiano, levando em consideração que as práticas locais afetam as dinâmicas numa escala global.

Referências

BACCI, Denise de la Corte; PATACA, Ermelinda Moutinho. Educação para a água. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/4Cz7B6yQGGfV73Ngy6g848w/abstract/?lang=pt&format=html. Acesso em: 10 set. 2021.

BARRELA, Walter *et al*. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

BORSATO, Fabiano Hugo; MARTONI, Astrid Meira. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/1391. Acesso em: 20 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CALLAI, Helena Copetti. A Geografia e a escola: muda a Geografia? Muda o ensino? **Terra livre**, São Paulo, n. 16, p. 133-152, 2001. Disponível em: https://docplayer.com.br/19886852-A-geografia-e-a-escola-muda-a-geografia-muda-o-ensino.html. Acesso em: 20 jul. 2021.

CAROLA, Carlos Renato; CANCELLIER, Mariana Recco. Ensino de Geografia e Crise Ambiental: Representações das águas nos livros didáticos do 6º ano do ensino fundamental (PNLD-2014). **Ambiente & educação**, Rio Grande, v. 22, n. 1, 2017. Disponível em: https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/5735. Acesso em: 20 ago. 2021.

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995. 147 p.

CAVALCANTI, Lana de Souza. Elementos de uma proposta de ensino de geografia no contexto da sociedade atual. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 65-82, jan./dez. 1993. Disponível em: https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/4342. Acesso em: 20 set. 2021.

CAVALCANTI, Lana de Souza. Para onde estão indo as investigações sobre ensino de Geografia no Brasil? Um olhar sobre elementos da pesquisa e do lugar que ela ocupa nesse campo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 399-419, set./dez. 2016. Disponível em: https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/44546. Acesso em: 25 set. 2021.

CAVALCANTI, Lana de Souza. Ensinar Geografia para a autonomia do pensamento: O desafio de superar dualismos pelo pensamento teórico crítico. **Revista da ANPEGE**, [*s. l.*], v. 7, n. 1, número especial, p. 193-203, out. 2011. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6563/3563. Acesso em: 25 set. 2021.

GABRELON, Anderson; SILVA, Jorge Luiz Barcellos da. Livro didático: suas funções e o ensino de Geografia. *In*: TONINI, I. M. *et al.* (org.). **O Livro didático de Geografia e os desafios da docência para aprendizagem**. Porto Alegre: Sulina, 2017. p. 113-135.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Paulo Cesar da Costa. **Quadros geográficos:** uma forma de ver, uma forma de pensar. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

GUERRA, Antonio Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

KAERCHER, Nestor André. A Geografia é o nosso dia-a-dia. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 109-116, 1996. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/38639/26361. Acesso em: 10 jun. 2021.

LIMA, Walter de Paula; ZAKIA, Maria José Brito. Hidrologia de matas ciliares. *In*: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas. (ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 33-43.

MACIEL, Samuel Alves. **Clima, disponibilidade hídrica e pobreza na porção mineira da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha**. 2021. 287 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32519. Acesso em: 10 set. 2021.

RIBEIRO, Wagner Costa. **Por dentro da Geografia, 6º ano**: ensino fundamental, anos finais. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2018. 256 p.

Proposta de roteiro didático para ensino-aprendizagem dos principais atributos geomorfológicos das bacias hidrográficas em diversos níveis de ensino

Rúbia Riane de Sousa Araújo[3]
Diego Alves de Oliveira[4]
Elizêne Veloso Ribeiro[5]

Resumo: A educação ambiental, alicerçada no estudo das bacias hidrográficas possibilita aos estudantes fazerem um estudo e análise dos principais atributos de uma bacia hidrográfica, além de buscar colaborar com o alcance das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. O domínio da compreensão espacial e da linguagem cartográfica é de suma importância dentro do contexto onde vivemos, como instrumento que também é necessário à vida das pessoas. O objetivo deste trabalho é contribuir para a disseminação de metodologias para o ensino de Geografia aplicadas ao estudo de bacias hidrográficas. E a partir da seleção das principais referências bibliográficas sobre a temática foram elaborados tutoriais sobre as formas de representação e análise do relevo e da dinâmica da bacia hidrográfica que nele ocorrem, sendo elas: a delimitação de bacias de drenagem, elaboração de perfil topográfico, confecção de mapa hipsométrico e a construção de um mapa de declividade.

Palavras-chave: Ensino de Geografia; geomorfologia; bacias hidrográficas; recursos hídricos; educação ambiental.

Abstract: Environmental education students, when analyzing watersheds, contribute to achieving the Sustainable Development Goals. The cartographic language is of paramount importance within the context in which we live, as an instrument that is also necessary for people's lives, so students must master it when studying watersheds. The objective of this work is to contribute to the dissemination of methodologies for teaching Geography applied to the study of watersheds, from a geomorphological approach. From the selection of the main Brazilian bibliographical references on the subject, tutorials were created on the forms of representation and analysis of the relief and dynamics of the hydrographic basin, namely: the delimitation of drainage basins, elaboration of the topographic profile, preparation of hypsometric map and the construction of a slope declivity map.

3 IFMG - Campus Ouro Preto - rubia.rianedesa@gmail.com.

4 IFMG - Campus Ouro Preto - diego.oliveira@ifmg.edu.br.

5 IFMG - Campus Ouro Preto - elizene.ribeiro@ifmg.edu.br.

Keywords: Teaching of Geography; geomorphology; watersheds; water resources; environmental education.

Introdução

Os recursos hídricos são fundamentais para a vida e devem ser estudados por meio das bacias hidrográficas (BRASIL, 1997) e educação ambiental a serem promovidas em todos os níveis de ensino (BRASIL, 1999), buscando colaborar com o alcance das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Almeida e Passini (2009) apontam a importância do trabalho escolar voltado para a compreensão e representação do espaço, destacando o papel do ensino de Geografia. O primeiro deles é a construção da noção de espaço pelo educando através da sua interrelação com o meio onde vive ao longo do seu desenvolvimento biopsicossocial que vão se moldando desde a infância. O domínio dos conceitos espaciais contribui para o entendimento da organização espacial e consequentemente da linguagem cartográfica.

O ensino de Geografia possibilita ao estudante fazer a leitura do mundo e que vive, e o raciocínio geográfico é uma maneira de exercitar o pensamento espacial tendo como objetivo compreender aspectos fundamentais da realidade, como a localização e a distribuição dos fatos e fenômenos na superfície terrestre, o ordenamento territorial, as conexões existentes entre componentes físico-naturais e as ações antrópicas (BRASIL, 2018).

O domínio da linguagem cartográfica é de suma importância dentro do contexto sociocultural da sociedade moderna por se tratar de um instrumento que é também necessário à vida das pessoas. Cotidianamente as referências espaciais são utilizadas para fazer o deslocamento e ambientação, para interpretar organização espacial do contexto vivido pelas pessoas e contribuir para que desenvolvam uma visão consciente e crítica do seu espaço social (ALMEIDA; PASSINI, 2009).

Dentro do ensino de Geografia, o emprego correto dos conceitos geográficos que envolvem o pensamento espacial e aplicando procedimentos de pesquisa e análise das informações geográficas os estudantes podem reconhecer problemas sociais e ambientais, como a desigualdade dos usos de recursos naturais, o impacto da distribuição territorial em conflitos geopolíticos e a desigualdade econômica em em diferentes contextos

urbanos e rurais, além de estimular também este mesmo raciocínio para pensar os problemas presentes na vida cotidiana dos estudantes (BRASIL, 2018).

Durante o processo de ensino-aprendizagem realizado no ensino básico e superior, a Geografia, e em especial a Geomorfologia, por meio das contribuições da Cartografia e da Hidrogeomorfologia podem contribuir com a gestão dos recursos hídricos, ao, por meio da educação ambiental e em interação com as demais disciplinas, promover o estudo e análise dos principais atributos das bacias hidrográficas. É nesta unidade territorial que os elementos do meio físico se interagem de modo sistêmico, e por meio de exercícios práticos, de baixo custo e que promovam o aprendizado significativo, os elementos da delimitação das bacias hidrográficas, seu relevo, a declividade e a análise dos perfis topográficos pode ser aplicada como recursos metodológicos para o ensino deste tema fundamental para os estudantes e sua futura ação cidadã.

Este trabalho tem como objetivo contribuir para a disseminação de metodologias para o ensino de Geografia aplicadas ao estudo de bacias hidrográficas, voltadas, principalmente para o uso a partir de cartas topográficas nas escalas de 1:100.000 ou 1:50.000, disponíveis em grande parte do território nacional, e que podem ser acessadas por professores e estudantes de modo impresso ou digital.

Metodologia

Foram selecionadas, a partir das principais referências bibliográficas sobre a temática, formas de representação e análise do relevo e da dinâmica da bacia hidrográfica que nele ocorrem, sendo elas: 1) a delimitação de bacias de drenagem (FITZ, 2008; VENTURI, 2009; CUNHA e GUERRA, 2017); 2) elaboração de perfil topográfico (FITZ, 2008; VENTURI, 2009; CUNHA e GUERRA, 2017); 3) confecção de mapa hipsométrico (MARTINELLI, 2013) e 4) a construção de um mapa de declividade (DE BIASI, 1992; FITZ, 2008).

Resultados e Discussões

Delimitação de Bacias de Drenagem

A bacia hidrográfica pode ser definida pelo conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus rios tributários (IBGE,1999). Também, a bacia é uma área de captação natural da água da precipitação, que escoa para um único ponto de saída, seu exutório. A área de contribuição de uma bacia hidrográfica é a área por onde toda a água escoa para um canal de determinado rio (CUNHA; TEIXEIRA, 2017).

Para delimitar a bacia de drenagem são considerados os divisores de água em superfície. Os divisores de água podem ser identificados nas cartas topográficas pelas curvas de nível que passam pelos pontos mais elevados do terreno, dividindo as águas de uma bacia e outra, e em campo, pela topografia do terreno, podendo a carta topográfica ser um instrumento de delimitação da bacia hidrográfica considerada de fácil acesso para professores e estudantes (CUNHA; TEIXEIRA, 2017).

Os pontos de mesma altitude em relação ao nível do mar nas cartas topográficas é representado por isolinhas, também chamadas de curvas de nível. Elas expressam as formas do relevo, indicando por exemplo, seu padrão de distribuição pelo espaço, podendo este ser plano ou íngreme (IBGE, 1999). Para a delimitação da bacia, é necessária uma sucessão de passos descritos a seguir:

I. O rio principal e seus tributários deverão ser localizados e identificados na carta topográfica para uma predefinição da área a ser delimitada. A identificação dos canais de drenagem também contribui para a definição dos fundos de vale. A identificação das áreas rebaixadas e elevadas do terreno ou na carta topográfica é fundamental para compreender a área de contribuição de uma bacia.

II. A delimitação começa a partir da localização do ponto exutório e dos divisores de água da bacia, também denominados de interflúvio. Os interflúvios se apresentam na paisagem como serras, colinas e áreas elevadas, e atuam como limites topográficos para o escoamento superficial da água, de modo que dividirão para qual vertente de diferentes bacias hidrográficas a água irá escoar.

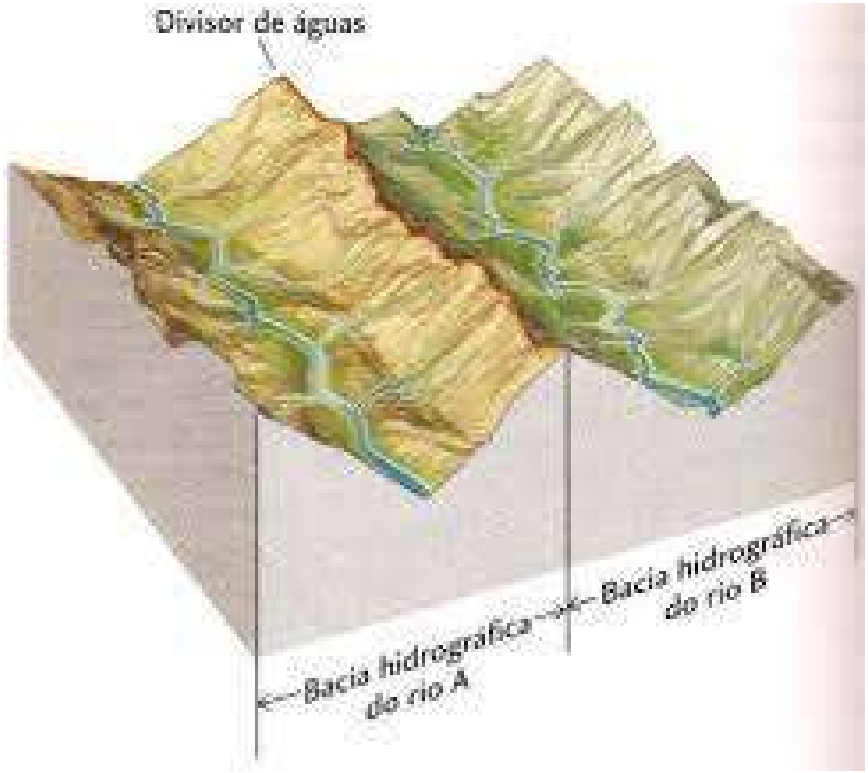


Figura 1. Representação de um interflúvio.
Fonte: Cunha e Guerra, 2017.

III. O tracejado da bacia deve começar então a partir do exutório, cortando as curvas de nível de forma perpendicular (a formar um ângulo reto, com 90°). O tracejado deve sempre procurar os pontos de menor equidistância entre as curvas de nível, pois indicam os pontos de maior declividade, já que água escoa das áreas de maior declividade para menor declividade, se não houver outro obstáculo que impeça este caminho.

IV. O limite será traçado a partir de uma das margens do rio seguindo o divisor de águas até a outra margem oposta do canal d'água. A delimitação da bacia deve ser feita sempre verificando para qual ponto a drenagem irá se concentrar, de acordo com as diferenças de altitude representadas pelas curvas de nível. O tracejado passará de modo perpendicular pelas isolinhas, como representado na figura 2, respeitando os interflúvios e capturando a nascente de seus tributários até retornar ao ponto inicial definido como exutório. O resultado da delimitação da bacia de drenagem deverá ser parecido com o da figura 3.

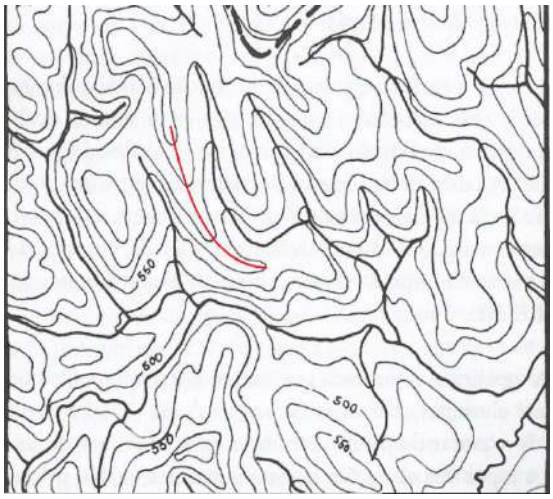


Figura 2. Representação de uma linha tracejando uma bacia hidrográfica de forma perpendicular em relação às curvas de nível (tracejado em vermelho feitos pelos autores).
Fonte: Cunha e Guerra, 2017.

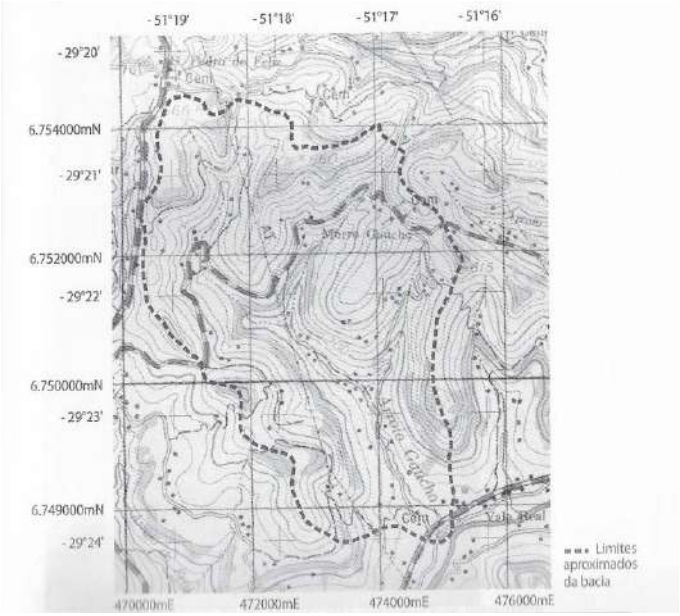


Figura 3. Limites aproximados de uma bacia hidrográfica delimitados.
Fonte: Fitz, 2006.

2. Elaboração do perfil topográfico

Outra análise largamente usada para análise das bacias hidrográficas, padrão do relevo e dinâmica de processos que ocorrem nas vertentes é o perfil topográfico. Pode ser confeccionado em sala de aula para representar o relevo do espaço geográfico onde a escola está inserida, por exemplo. Para traçar um perfil topográfico é necessário:

I. Escolher a área do terreno que deseja ser estudada. Uma linha deverá ser tracejada na carta topográfica;
II. Com uma régua, traçar uma linha reta sobre a área escolhida, definindo a distância entre os pontos inicial (A) e final (B).
III. Após o desenho da reta, os pontos notáveis, como curvas de nível, as estradas, os rios e interflúvios, devem ser destacados e catalogados em uma tabela à parte, para a compreensão final do perfil topográfico.
IV. O próximo passo é transferir o traço feito entre os pontos A e B para uma folha milimetrada, de preferência na mesma escala horizontal, a fim de preservar os valores de distância. O traço deve ser feito horizontalmente na folha, pois indica o eixo horizontal (ou eixo X) do perfil topográfico.
V. Definido o eixo horizontal, uma escala vertical deve ser feita. A escala vertical consiste no grau de elevação do terreno que será representado no perfil. A escala pode sofrer um exagero de até 5 a 10, variando desde relevos mais íngremes até 10, caso o terreno seja muito plano, e é representada pelos valores de altitude do terreno, normalmente em metros.

Os pontos cotados para a escala vertical devem ser sequenciados, tendo que ser um valor representativo do relevo. A exemplo, se uma carta topográfica foi construída com isolinhas a cada 10 metros do terreno, uma escala de perfil topográfico cotado em 100 metros será muito pouco representativa do modelado do relevo. É aconselhável uma investigação prévia da amplitude do relevo a fim de cotar pontos para a escala vertical que representem o terreno.

I. Assim como num plano cartesiano, os pontos notáveis deverão ser marcados no papel milimetrado seguindo as orientações do eixo horizontal (eixo X) e vertical (eixo Y).
II. Posteriormente, os pontos marcados deverão ser unidos, para formar uma linha contínua. O tracejado da linha é feito a mão livre, e deve evitar pontos angulosos, semelhante ao perfil suave do terreno real.
III. E, finalmente, são estabelecidas as escalas vertical e horizontal, e definido o título, fonte, e data do perfil topográfico, além do rumo e do azimute. Ao final ele deve apresentar semelhança com o perfil topográfico mostrado na figura 5.

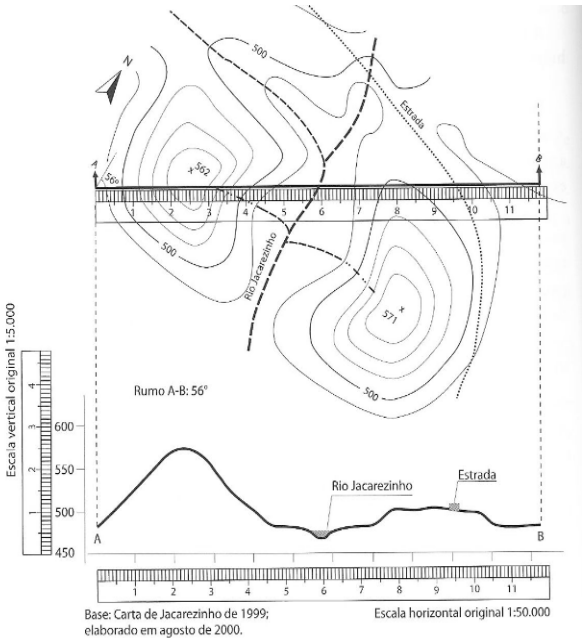


Figura 5. Representação da construção de um perfil topográfico.
Fonte: FITZ, 2008.

3. Elaboração de um Mapa Hipsométrico

A altimetria na carta topográfica é representada por curvas de nível, linhas imaginárias de mesma altitude traçadas no mapa do terreno. Dentre as curvas de nível, existem curvas "mestras", mais grossas em relação às outras, que auxiliam na leitura da carta, pois representam mesmos intervalos altimétricos. As curvas de nível nunca se cruzam, e se fecham em si mesmas, como representado na Figura 6. Além disso, em regra geral, quando cruzam com os cursos d'água, as curvas de nível formam "V's", apontando para a nascente, como observado na figura 7.

E por fim, também importa observar como as curvas de nível formam um "U" nas áreas de elevações, onde a base representa o início da elevação, como na figura 8. Como forma de representação, áreas rebaixadas do terreno são ilustradas de forma côncava, e áreas elevadas de forma convexa. Para a elaboração de um mapa hipsométrico é necessário:

I. Definir as cotas altimétricas a serem usadas para confeccionar o mapa. As cotas altimétricas devem ser estabelecidas de acordo com a amplitude altimétrica que o relevo apresenta.

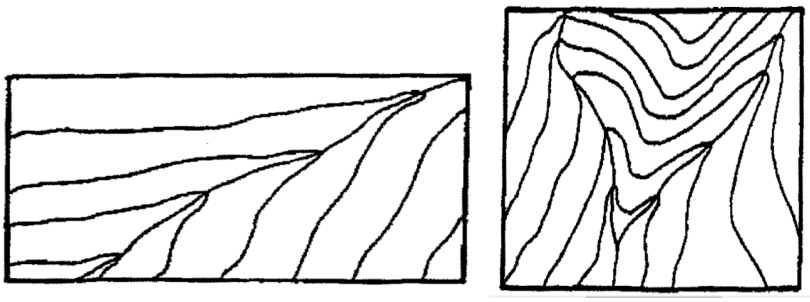


Figura 7. Exemplificação do curso d'água com o vértice apontando para a nascente.
Figura 8. Curvas de nível em U indicando elevação no terreno.
Fonte: IBGE, 1999.

II. Uma tabela de cores deve ser convencionada de acordo com as classes altimétricas, respeitando as convenções cartográficas para ser usada no colorido do mapa. Cores quentes devem representar maior altimetria, ao passo que, cores frias devem representar menor altimetria. A partir das classes altimétricas, curvas mestras deverão ser identificadas na carta topográfica, normalmente em intervalos de 100 em 100 metros ou pode-se determinar outro intervalo, a depender da escala da carta topográfica e do intervalo das curvas mestras, assim como no tipo de relevo da estudado.
III. Definidas as curvas de nível e as cotas altimétricas, uma linha deve ser traçada para marcar os intervalos das classes altimétricas entre as curvas de nível na carta topográfica.
IV. Após a demarcação das classes altimétricas na carta topográfica, os intervalos deverão ser coloridos seguindo a convenção de cores que foram delimitadas.
V. Ao final, deverá ser inserido título, data, a orientação e autoria. Uma legenda também deve ser adicionada ao mapa para a posterior interpretação.

4. Construção de um Mapa de Declividade

O mapa de declividade, também chamado de carta clinográfica representa a declividade do relevo, medindo a inclinação da superfície. Ele produz os dados de declividade, que formam importante variável quando se quer compreender os processos geomorfológicos que ocorrem no terreno analisado. Seguem algumas orientações para a construção de um mapa de declividade:

I. Em princípio, deve-se definir a área da carta topográfica que será utilizada para a confecção da carta clinográfica. O local deve ser representativo da área de interesse.
II. Em seguida, deve-se definir as classes de declividade. As classes de declividade podem ser definidas a partir de uma escolha particular, onde o autor ou autora escolhe as classes que necessita para o trabalho e as define. Outra forma é a partir da medição das distâncias na realidade, estabelecendo as classes em tamanho real e posteriormente convertendo para os valores da carta topográfica. Também, existe legislação que define certos limites de classes a serem utilizados, como o Código Florestal que estabelece classes de declividade e as relaciona com o uso da terra.

   Existem fórmulas que ajudam na definição das classes de declividade, a exemplo da fórmula utilizada para estabelecer as relações entre as classes escolhidas e os espaçamentos entre a curvas de nível entre pontos de uma carta, destacada em seguida:

, onde:D= declividade; n= diferença de nível entre dois pontos, também definida como a equidistância da carta; E= espaçamento ou distância horizontal entre duas curvas consecutivas ou de pontos de uma carta.

Por exemplo, quando estamos trabalhando com uma carta em escala de 1/50.000, com curvas de nível com equidistância de 20 metros e declividade de 5%, posso utilizar a fórmula para definir o espaçamento (E).

$$D = \frac{n \, x \, 100\%}{E}$$

5=20x100/E

5=2000/E, logo E=400

Ou, outra fórmula possível de ser usada é:

$$D(\%) = \frac{V}{H x \, 100}$$

onde, D: declividade em %; V: distância vertical entre curvas e H: distância horizontal entre curvas

III. Já definidas as classes de declividades, inicia-se a criação do ábaco. O ábaco se trata de um triângulo retângulo no qual estarão representadas as classes de declividade de acordo com a equidistância das curvas de nível da carta base e variando de acordo com o espaçamento entre curvas de nível consecutivas. Para a confecção do ábaco, são utilizados materiais simples e de fácil acesso, como representado na figura 11. Será necessário os seguintes materiais: material transparente, caneta, régua e tesoura, se preferir, canetas coloridas darão um melhor aspecto visual ao seu ábaco.

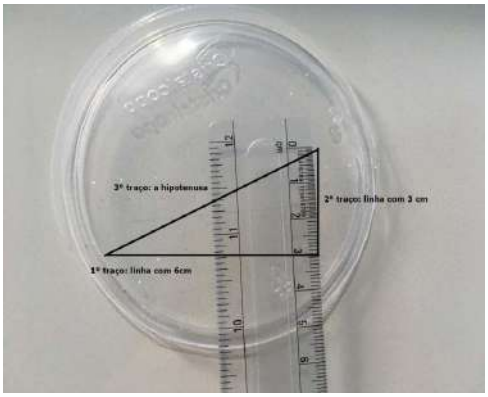


Figura 11. Exemplo de materiais utilizados para confecção do ábaco. Figura 12. Etapas para o desenho do triângulo retângulo.
Fonte: Os autores, 2021.

Primeiramente, o ábaco deve ser feito em material transparente, pois ele irá sobrepor a carta topográfica e assim possibilitará a visão dos elementos que ele sobrepõe. Pode ser utilizado, folha de acetato, papel manteiga, plástico transparente (podendo ser reutilizado o plástico transparente de sacos de arroz, por exemplo) ou outro material transparente passível de ser marcado e cortado.

Logo após, desenhe um triângulo retângulo sobre o material escolhido, o triângulo terá dimensões de 6x3cm, podendo variar proporcionalmente. Assim, comece traçando um segmento de reta horizontal sobre o material com tamanho de 6 cm. Já feito o ábaco, as classes de declividade definidas deverão ser marcadas no mesmo. Para marcar os pontos no ábaco, a régua utilizada deve estar perpendicular ao traço horizontal do ábaco, pois os intervalos serão marcados no cateto menor (ou adjacente) do triângulo retângulo.

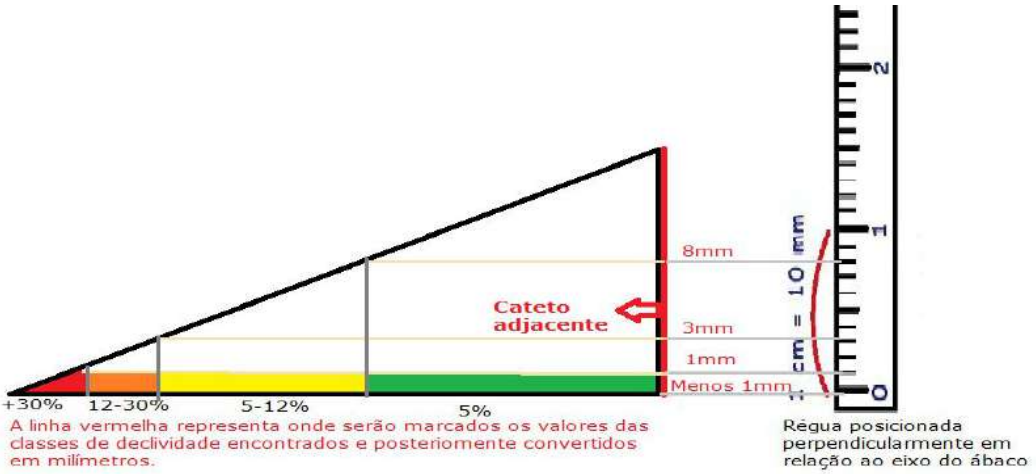


Figura 13. Construção do ábaco com a delimitação das classes de declividade.
Fonte: Os autores, 2021.

Após a marcação das classes no cateto adjacente do triângulo, as linhas deverão ser completadas até o lado oposto do triângulo, como representado na figura anterior pelas linhas em amarelo. O ponto onde as linhas amarelas encontram o lado oposto também deverão ser marcados e em seguida traçados até o eixo horizontal, como demonstrado pelas linhas em cor cinza na figura. Com o ábaco em mãos e a área da carta topográfica escolhida a postos, o ábaco servirá de auxiliar na medição da declividade entre as curvas de nível. O ábaco deve estar sempre posicionado entre duas curvas de nível, de modo a estar sempre em concordância com umas das curvas de nível, como mostra a figura 15. O ábaco irá percorrer o espaçamento entre as curvas de nível, e o espaçamento entre as curvas de nível será o indicativo da declividade do terreno, assim os espaçamentos são variáveis, e é esta variabilidade que deve ser medida pelo ábaco.

Figura 15. Representação de um ábaco percorrendo o espaçamento entre curvas de nível
Fonte: Biasi, 1992.

O ábaco deve sempre tender a uma perpendicularidade em relação às curvas de nível, a fim de com melhor precisão medir os espaçamentos e defini-los entre as classes do ábaco. Lembrando que, uma menor distância entre curvas de nível indica uma maior classe de declividade, enquanto que, uma maior distância entre curvas de nível indica uma menor classe de declividade.

IV. O ábaco ao percorrer os espaçamentos das curvas de nível deverá se encaixar nas classes de declividades e assim deverão ser marcadas

nas curvas de nível de acordo com a legenda proposta. Assim, ao percorrer uma curva de nível e a declividade estiver na faixa de 5%, a área encaixante deverá ser representada em verde, por exemplo. O ábaco deverá percorrer todas as curvas de nível da área de interesse a fim de marcar as declividades na carta topográfica.

V. Ao final, a área estará um mosaico de cores representativas da declividade, as cores escolhidas devem trazer a sensação de intensidade das diferentes classes de declividade quando interpretado. Deverá ser acrescido ao mapa legenda explicando as classes de declividade e suas cores correspondentes, a escala da carta, a orientação, data e autoria.

Considerações Finais

Este trabalho oferece uma proposta metodológica de trabalho para o ensino-aprendizagem de estudantes desde o ensino fundamental até o ensino superior, de forma a interagir com as disciplinas, favorecendo da multidisciplinaridade, a educação ambiental e o protagonismo da Geografia e da Geomorfologia no estudo dos processos hidrogeomorfológicos que ocorrem nas bacias hidrográficas por meio da representação de suas principais informações: delimitação, relevo, declividade e perfil topográfico. Por meio do roteiro proposto, pensado para uso com cartas topográficas impressas ou digitais na escala de 1:100.000 ou 1:50.000, pretende-se auxiliar na aplicação de atividades didáticas em escolas de todo o país, podendo ser adaptadas outras escalas de mapeamento na metodologia proposta.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, Francisco Nataniel Batista de. GEOGRAFIA FÍSICA ESCOLAR: TEORIAS E CONCEITOS, ESCALAS E LINGUAGENS. In: I CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA E XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2017, Campinas. **Anais [...] .** Campinas: IGC-Unicamp, 2017. p. 3676-3687.

ALMEIDA, Rosângela Doin de; PASSINI, Elza Y.. **O espaço geográfico: ensino e representação.** 16. ed. São Paulo: Contexto, 2009. 90 p. (Repensando o ensino).

BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e a sua confecção**. Revista do Departamento de Geografia, v. 6, 1992.

BRASIL. **Lei Federal 9433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 31 de out. de 2021.

BRASIL. **Lei Federal 9795 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 31 de out. de 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio. Brasília: MEC, 1998. Parte IV - Ciências Humanas e suas Tecnologias.

CARLOS, Ana Fani Alessandre; CRUZ, Rita de Cássia Ariza da (org.). **A necessidade da Geografia**. São Paulo: Contexto, 2019. 256 p.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

FANTIN, Maria Eneida; TAUSCHEK, Neusa Maria; NEVES, Diogo Labiak. **Metodologia do ensino de Geografia**. Curitiba. InterSaberes, 2013. 191p.

FITZ, Paulo Roberto. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro: Ibge, 1999. 130 p.

MARTINELLI, Marcelo. **Mapas da Geografia e cartografia temática**. São Paulo. 6 ed. Contexto, 2013.142p.

VENTURI, Luis Antonio Bittar (org.). **Praticando a geografia:** técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 240p.

Análise da Interferência Antrópica ao Longo dos anos 2000, 2010 e 2020 na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Ceará

Eduardo Massey Lima Menezes[1]
Evila Ferreira Virginio[2]
Noely Silva Viana[3]
Janaina Melo Oliveira[4]

Resumo: A cidade de Fortaleza, localizada no estado do Ceará, é uma das mais densamente ocupadas do país, e é nela que está localizada a bacia hidrográfica do rio Cocó, corpo hídrico que perpassa do sul ao norte da capital cearense. A grande problemática abordada ao longo do trabalho é o fato de nas últimas décadas a expansão urbana ter ocorrido significativamente, desrespeitando os limites da natureza e devastando as margens do rio, causando impactos como a diminuição da vegetação, despejo de resíduos sólidos e lançamento de esgotos domésticos e comerciais. O principal objetivo da pesquisa foi analisar a interferência antrópica através de mapas de uso e ocupação do solo nos anos de 2000, 2010 e 2020, fazendo um comparativo entre vegetação, área urbana, recursos hídricos e bancos de areia. Para a produção do trabalho foram realizadas pesquisas em artigos, monografias e dissertações relacionadas com a temática, além de ferramentas de geoprocessamento, como o SIG ArcGIS 10.8. Dessa forma, foi possível observar após a elaboração e interpretação dos mapas, que nos últimos 20 anos a deterioração do rio Cocó continuou para atender as demandas do setor imobiliário, de 2000 a 2020 acontecimentos como: expansão do *Shopping* Iguatemi, reassentamento de famílias para áreas próximas às margens e a edificação do local onde acontece o evento Fortal, foram os principais responsáveis pela degradação desse meio. Portanto, é primordial que o Poder Público seja mais efetivo na fiscalização, li-

1 Universidade Federal do Ceará - edumassey@gmail.com.
2 Universidade Federal do Ceará - evilaferreira14@gmail.com.
3 Universidade Federal do Ceará - noely_viana04@hotmail.com.
4 Universidade Federal do Ceará - janaina.melo@ufc.br.

mite novas construções, monitore de perto os impactos e esteja sempre atuando com medidas mitigadoras.

Palavras-chave: Análise Multitemporal; Uso e Cobertura da Terra; Geoprocessamento; Área urbana.

Abstract: The city of Fortaleza, located in the state of Ceará, is one of the most densely occupied in the country, and it is where the Coco river hydrographic basin is located, body of water that runs from south to north of the capital of Ceará. The major issue addressed throughout the work is the fact that in recent decades urban expansion has taken place significantly, disrespecting the limits of nature and devastating the river banks, causing impacts such as the reduction of vegetation, dumping of solid waste and discharge of sewage domestic and commercial. The main objective of the research was to analyze the anthropic interference through maps of land use and occupation in the years 2000, 2010 and 2020, making a comparison between vegetation, urban area, water resources and sandbanks. For the production of the work, research was carried out in articles, monographs and dissertations related to the theme, in addition to geoprocessing tools, such as the ArcGIS 10.8 SIG. Thus, it was possible to observe after the preparation and interpretation of the maps, that in the last 20 years the deterioration of the Coco river continued to meet the demands of the real estate sector, from 2000 to 2020 events such as: expansion of Shopping Iguatemi, resettlement of families to areas near the banks and the building of the place where the Fortal event takes place, were the main responsible for the degradation of this environment. Therefore, it is essential that the Government is more effective in inspecting, limiting new constructions, closely monitoring the impacts and is always acting with mitigating measures.

Keywords: Multitemporal analysis; Land use and cover; Geoprocessing; Urban área.

1. Introdução

O presente trabalho trata da interferência antrópica no meio ambiente e mais especificamente em Fortaleza, uma das capitais mais densamente ocupadas do Brasil, onde se localiza o rio Cocó que permeia todo o território do município de sul a norte.

A área de estudo abrange parte da bacia hidrográfica do Cocó, onde se localiza o rio Cocó, que ao longo de todo seu curso vem sendo degradado,

principalmente pelo fato de haver construções irregulares em suas margens, despejo de resíduos sólidos, construção de edifícios em áreas impróprias, como também, lançamento de esgoto em suas águas, fazendo com que, muitas vezes, haja um grande acúmulo de nutrientes, gerando a eutrofização.

Dessa forma, percebe-se que a expansão imobiliária e a ocupação desordenada vêm causando diversas consequências, entre elas a supressão de matas ciliares, erosão das margens e assoreamento do rio. Sabe-se também que com esse crescimento urbano desregrado ocorre a impermeabilização do solo, comprometendo a recarga do lençol freático e causando graves problemas em períodos chuvosos, como o alagamento das ruas.

Na área de estudo escolhida para o desenvolvimento desse trabalho está localizado o Parque Estadual do Cocó, uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral que foi criada em 29 de março de 1997, mas sua oficialização se deu apenas em 07 de junho de 2017, por meio do Decreto Estadual nº 32.248. De acordo com a Secretaria do Meio Ambiente do Ceará (SEMA), a origem do nome do rio Cocó refere-se aos indígenas, primeiros habitantes da região, pois eles plantavam nas duas margens do rio, e na língua tupi guarani "roça" era chamada de 'CO', daí a expressão COCO, plural de 'CO'.

Quando se aborda as problemáticas em relação à área de estudo, nota-se que é ainda mais alarmante, pois além de abranger uma UC de proteção integral, existe ainda vegetação de entorno do recurso hídrico que se enquadra como uma Área de Preservação Permanente (APP). Portanto, o seguinte trabalho tem como objetivo principal analisar a interferência antrópica no que se refere à evolução do uso e ocupação do solo na bacia do rio Cocó, fazendo um comparativo entre os anos 2000, 2010 e 2020. Para tal, foram utilizados mapas e imagens de satélite para compreender e visualizar a modificação da cobertura do solo com o passar dos anos.

Área de estudo

De acordo com a Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE, 2010), a Bacia Hidrográfica do Cocó, a qual abrange o rio Cocó, possui uma área de aproximadamente 485 km² e um comprimento total do rio principal de cerca de 50 km, nascendo na Serra da Aratanha e seu curso hídrico perpassando por três municípios, os quais são eles: Pacatuba, Maracanaú e Fortaleza, sendo sua foz nos limites das praias do Caça e Pesca e Sabiaguaba.

Para o presente trabalho, delimitou-se parte da supracitada bacia hidrográfica que abrange o município de Fortaleza, no estado do Ceará, devido ser este o município que mais impacta o recurso hídrico. Para tanto, utilizou-se a delimitação de bairros envolvidos diretamente na área de estudo, de acordo com Freires *et.al* (2021) a fim de fazer uma atualização do crescimento urbano e dos impactos que isso ocasiona nos bairros que estão localizados na área circundante às margens do rio Cocó.

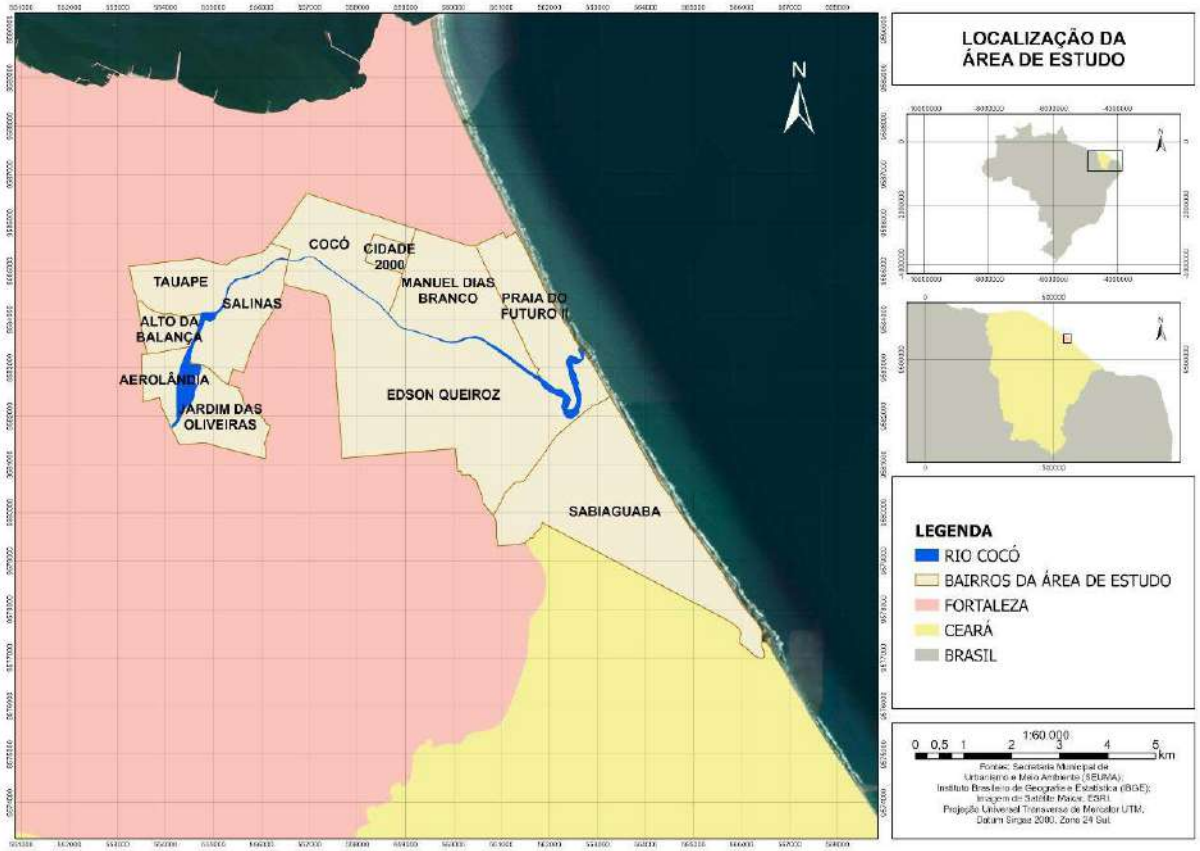


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo
Fonte: Autores (2021).

2. Metodologia

No estudo em questão utilizou-se dois pressupostos metodológicos: a pesquisa bibliográfica, onde se buscou em sítios eletrônicos, periódicos, artigos científicos, monografias e dissertações informações pertinentes à temática, principalmente relacionados à análise da evolução urbana no entorno do rio Cocó com enfoque no desenvolvimento de análises multitemporais, assim como o estudo realizado por Freires *et al*. (2013).

Outro pressuposto empregado foi a utilização do geoprocessamento, onde o Sistema de Informações Geográficas (SIG) escolhido para a elaboração dos mapas foi o ArcGIS 10.8, sendo utilizada a ferramenta "*Image Classification*".

De acordo com Almeida (2019), existem duas técnicas de classificação de imagens que são mais utilizadas no sensoriamento remoto, a supervisionada e a não-supervisionada. Na primeira técnica o próprio indivíduo escolhe os tipos e quantas classes serão utilizadas na classificação. Já a classificação de imagem não-supervisionada, a técnica é feita de forma automática pelos algoritmos do software de geoprocessamento utilizado.

O presente trabalho utilizou imagens de satélite extraídas da base de dados do *United States Geological Survey* (USGS). Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 7 (sensor ETM +), coletadas no dia 03 de junho de 2000, para compor a análise do mapa do ano 2000. Por outro lado, para a composição do mapa do ano de 2010, foram utilizadas as imagens do Landsat 5 (sensor TM), obtidas no dia 30 de janeiro de 2010. Já para o desenvolvimento da análise da modificação do espaço no ano de 2020, foram utilizadas as imagens do satélite Landsat 8 (sensor OLI), coletadas no dia 05 de agosto de 2020.

Para fazer a classificação da imagem, optou-se por utilizar o método Máxima Verossimilhança (MAXVER), correspondente a classificação supervisionada da imagem, onde "considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos" (ALMEIDA, 2019). "O MAXVER é o método que se baseia na probabilidade de um pixel pertencer a uma determinada classe" (MARINHO, *et al.* 2017).

Além disso, para que as classes pudessem ser identificadas com maior precisão foram feitas combinações de cor natural com as bandas dos satélites, utilizando a ferramenta *Composite Bands*, como também, a ferramenta *Extract by Mask* foi utilizada para ser recortada apenas a área de interesse da pesquisa. A composição para o satélite Landsat 5 foi 3(R), 2(G) e 1(B), para o Landsat 7 as bandas utilizadas foram 3(R), 2(G) e 1(B), já para o Landsat 8 a combinação das bandas foram 4(R), 3(G) e 2(B).

Com as imagens formadas, foram definidas quatro classes:

Quadro 1: Classes dos mapas de uso e ocupação do solo

Recursos hídricos	Áreas que possuíam rios, lagoas, represas
Bancos de areia	Compreende área de dunas, faixas de praia, áreas próximas ao estuário
Vegetação	Áreas onde possuíam vegetação de acordo com as imagens de satélite
Área urbana	Compreende áreas de solo exposto, construções

Fonte: Autores (2021).

Após a definição das classes e suas respectivas simbologias, foi utilizada a função *Raster to Polygon*, onde o campo matricial foi convertido em objeto vetorial, depois utilizou-se a ferramenta *dissolve*, para juntar toda a área de mesma classe em um mesmo vetor, logo após foi aplicada a *Polygon Geometry* para ser feito o cálculo da área de cada classe em hectares, assim, permitindo um melhor manuseio dos dados obtidos para gerar estatísticas de área de cada classificação para posterior comparação (Figura 2).

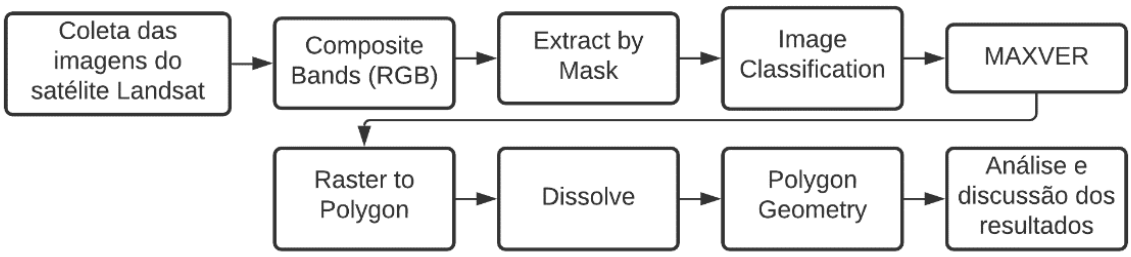


Figura 2: Procedimentos metodológicos
Fonte: Autores (2021).

Todos os mapas foram confeccionados a partir do SIG ArcGIS 10.8, em escala 1:60.000, adotando o sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000 zona 24S para representações da área de estudo, Fortaleza e Ceará, e SIRGAS 2000 para representações do Brasil.

Com o intuito de realizar um trabalho com dados o mais próximo possível da realidade, foi analisada a Matriz de Confusão, ou como também é conhecida, Matriz de Erro. Conforme pontuam Prina e Trentin (2015), essa análise é uma maneira de exprimir a qualidade de uma imagem digital, representada através da correlação dos dados de referência com os dados classificados.

Quando se pensa em levantamento sobre uso e ocupação do solo deseja-se que as informações sejam descritas com precisão, e para tal existem parâmetros que permitem saber o quão correto está aquele trabalho, como o Índice de Kappa. Após a análise da Matriz de Confusão calcula-se

o Coeficiente de Kappa, que de acordo com Mangabeira, Azevedo e Lamparelli (2003), é uma medida de precisão de extrema importância para identificar as áreas que o autor está errando e quais interpretações ponderar sobre a classificação.

Para a obtenção da acurácia dos mapas apresentados no trabalho, que é a proximidade do valor obtido experimentalmente com o valor verdadeiro, foram gerados 110 pontos aleatórios dentro do limite da área de estudo, sendo utilizada a matriz de confusão e, posteriormente, a obtenção do índice de Kappa, onde todos esses procedimentos foram realizados pelo ArcGIS 10.8.

Ademais, após o mapeamento, a fim de se obter uma melhor visão referente às modificações da área de estudo foi realizado um trabalho de campo em outubro de 2021, mais especificamente na área que corresponde ao Parque Estadual do Cocó onde se tem acesso às trilhas ecológicas, sendo possível realizar alguns registros fotográficos e observar alguns aspectos abordados no trabalho em questão como o aumento da área de vegetação em virtude de ações de plantio de árvores que foram realizadas no Parque.

3. Resultados e Discussão

Por meio das imagens de satélites descritas anteriormente, foi possível elaborar os mapas e analisar a evolução do uso e a cobertura do solo ao longo dos anos 2000, 2010 e 2020. Dessa forma, para apresentar os mapas foram avaliadas quatro classes de uso e ocupação do solo, sendo elas: Recursos Hídricos, Bancos de Areia, Vegetação e Área Urbana. Através do material elaborado é possível observar as mudanças ao longo das últimas décadas.

Um dos principais responsáveis pela concentração urbana na área de estudo foi a construção do *Shopping* Iguatemi Fortaleza, inaugurado em 1982, que em 1992 passou pela sua primeira expansão onde quase dobrou sua área arrendada. Ao longo da década de 1990, o *shopping* passou por mais três expansões, sendo a quarta realizada em 1999. Cabe destacar que tal empreendimento foi construído em uma antiga área de salinas da cidade de Fortaleza, que faz parte do estuário do rio Cocó, sem oportunidade para o que o ecossistema manguezal se regenerasse, como ocorreu em outros trechos da bacia hidrográfica demonstrando a resiliência desses ambientes.

Observando a análise de uso e ocupação do solo na supracitada década, ou seja, até o ano 2000 (Figura 3), pode-se observar uma predominância das áreas com cobertura vegetal e áreas urbanas, ocupando, respectivamente, 47,8% e 35,7% da área total. Logo em seguida, os bancos de areia e recursos hídricos representam 9% e 7,4% da área.

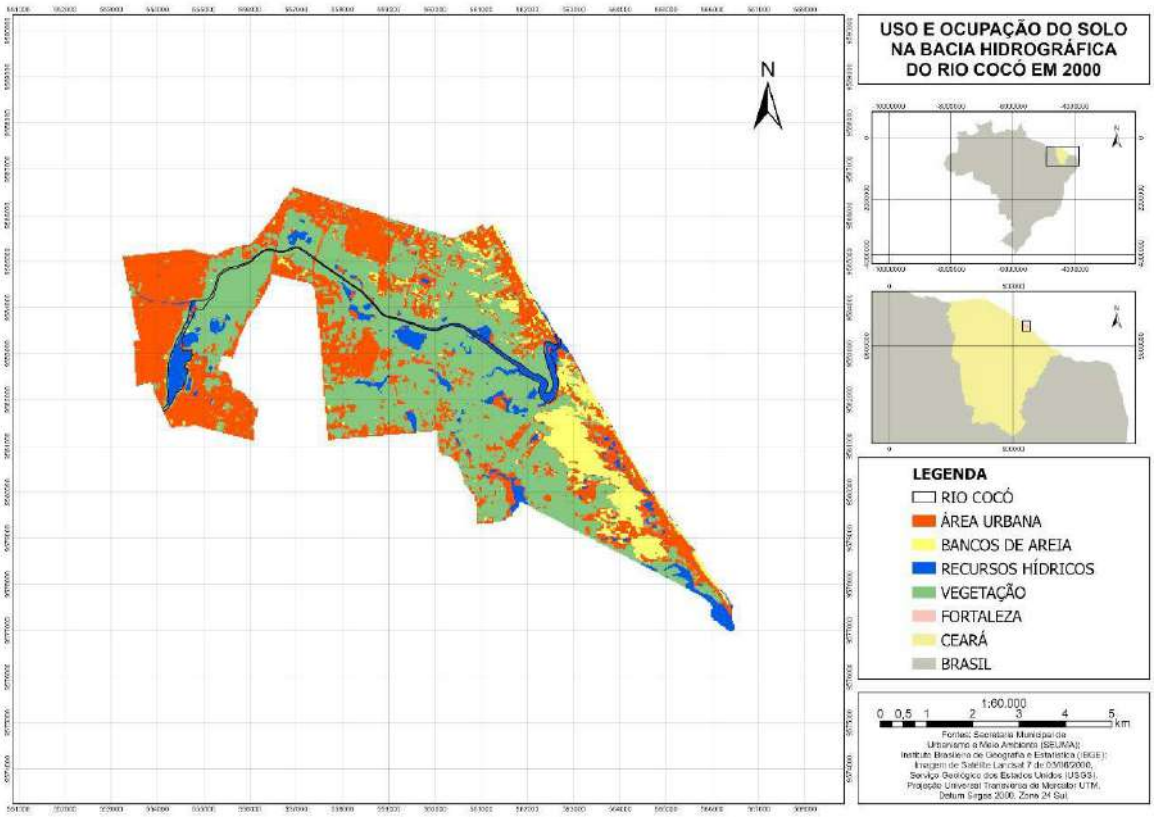


Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do rio Cocó no ano 2000.
Fonte: Autores (2021).

Ao longo da década 2000 o *Shopping* Iguatemi, localizado no Bairro Edson Queiroz, próximo à margem direita do rio Cocó, realizou obras de grande porte como a sua 5ª expansão, a construção de um edifício de estacionamento no ano de 2001, contando com uma área de mais de 13.000m².

Há que se destacar alguns acontecimentos marcantes para o meio ambiente ao longo destas últimas décadas. Tem-se conhecimento que durante o período de 2002-2006 o Governo realizou o reassentamento de famílias que moravam na Favela do Gato Morto, localizada às margens do rio Cocó, e construiu novos conjuntos habitacionais para aquela população, também em áreas próximas ao rio Cocó. A área antes ocupada recebeu o Polo de Lazer Tancredo Neves, uma ação duramente criticada pelos ambientalistas por se tratar de uma APP, mas rebatida pelo Governo como uma medida para evitar novas construções insalubres.

O Fortal, um evento conhecido como carnaval fora de época que ocorre na capital Fortaleza, e acontecia na Avenida Beira Mar até o ano de 2005, mudou sua localização em 2006 para uma arena construída no Bairro Manoel Dias Branco, em uma área próxima ao estuário do rio Cocó, contribuindo, assim, para a supressão vegetal, aumento da área urbana e especulação imobiliária na referida bacia hidrográfica.

Em 2010 (Figura 4), devido à especulação imobiliária e o crescimento demográfico exponencial, as áreas urbanas, que antes ocupavam 35,7% da área, passaram a ocupar 60,7%. Enquanto a cobertura vegetacional caiu para 30,4% e os bancos de areia e recursos hídricos diminuíram, respectivamente, para 4,8% e 4% da área total.

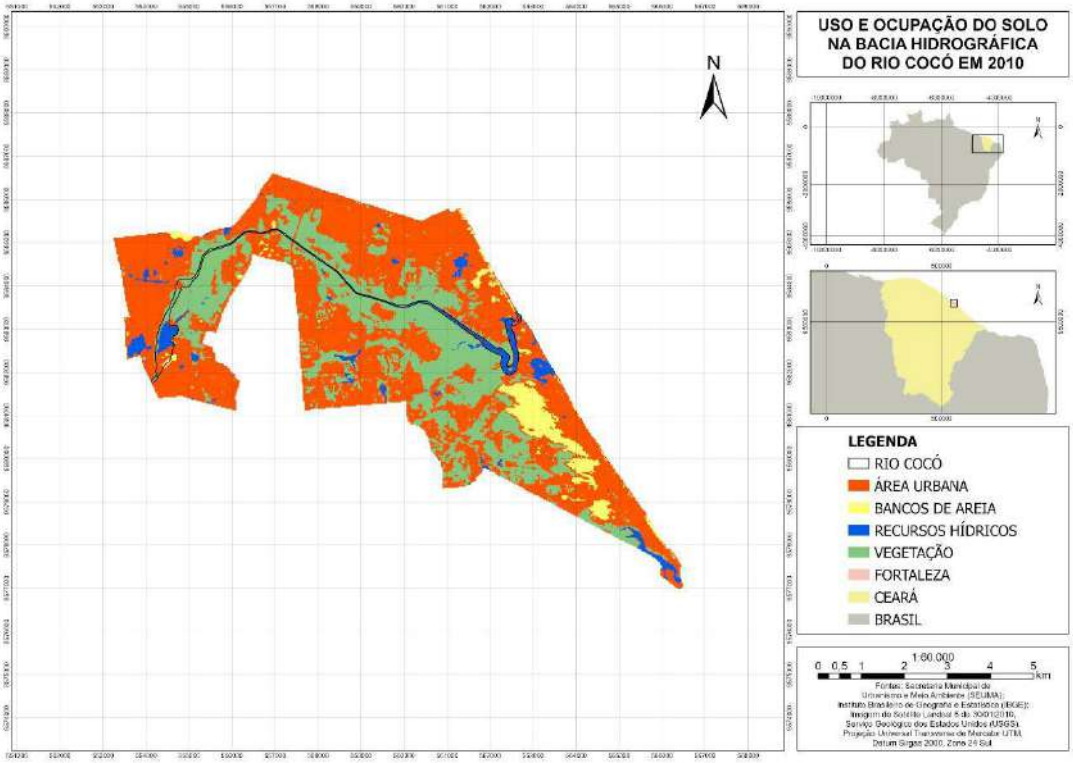


Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do rio Cocó no ano 2010.
Fonte: Autores (2021).

Já em 2010, após a data de captação da imagem de satélite, houve a construção do Iguatemi Empresarial, um empreendimento ao lado do *Shopping* Iguatemi, também localizado próximo às margens rio Cocó, uma obra de grande repercussão negativa por conta dos danos ao ecossistema, uma vez que para qualquer construção desse porte há remoção de vegetação, aterramento, etc. Ademais, em 2015, o referido *shopping* passou pela sua 6ª expansão, aumentando consideravelmente sua área de influência.

Mesmo em predominância, em 2020 (Figura 5), a área urbana diminuiu de 60,7% para 60,6% da área. A vegetação aumentou de 30,4% para 32,2%,

e os bancos de areia e recursos hídricos, ambos diminuíram, respectivamente, para 4% e 3,2% da área total. Atribui-se esta certa estabilização e até um tímido crescimento de tamanho da área vegetacional comparando os anos de 2010 e 2020 à consolidação de uma unidade de conservação de proteção integral enquanto Parque Estadual do Cocó que limita as construções em sua área de ocupação.

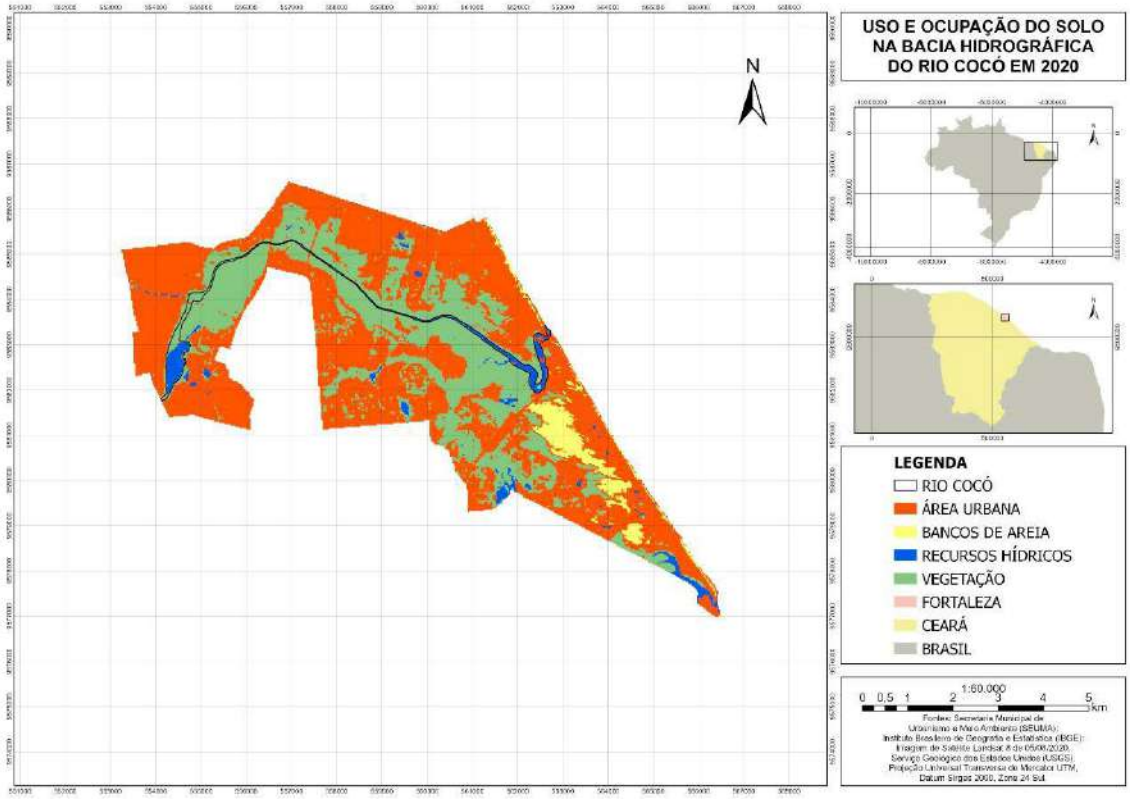


Figura 5: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do rio Cocó no ano de 2020.
Fonte: Autores (2021).

Quadro 2: Comparação da área de cada classificação por década

Classes	2000		2010		2020	
	ha	%	ha	%	ha	%
Área Urbana	1.600	35,7	2.719	60,7	2.711	60,6
Banco de Areia	405	9,0	217	4,8	180	4,0
Recursos Hídricos	331	7,4	179	4,0	145	3,2
Vegetação	2.139	47,8	1.360	30,4	1.440	32,2
Total	4.475	99,9	4.475	99,9	4.476	100

Valores de porcentagem arredondados para um decimal.
Fonte: Autores (2021).

As construções irregulares, e até as regulamentadas como no caso da construção de grandes empreendimentos, como o *shopping* Iguatemi, nas margens dos rios causam impactos imensuráveis, pois ocorre a retirada da mata ciliar, vegetação responsável por proteger o corpo hídrico, deixando-o vulnerável a erosão e assoreamento. Além disso, acentua o processo de sedimentação e afeta consequentemente as dunas, já que as construções funcionam como barragens e os sedimentos não podem ser transportados seguindo seu fluxo.

Mesmo com todos os impactos negativos demonstrados, foi possível constatar um crescimento na área de vegetação no intervalo de tempo 2010-2020, passando de 30,4% para 32,2%. Ao longo da trilha no Parque do Cocó são observadas placas que relatam sobre projetos de reflorestamento, como é o caso de uma que aborda a ação da Polícia Militar do Ceará (PMCE) no ano de 2005, na qual a Polícia Militar (PM) promoveu o plantio de 170 árvores nativas em referência aos seus 170 anos.

Outro acontecimento importante para a ampliação da vegetação se deu no ano de 2017, quando foi firmada uma parceria entre a empresa C. Rolim Engenharia e o Governo do Estado do Ceará. A construtora decidiu se comprometer, em alusão aos 40 anos de marca, a plantar 40 mil mudas no Parque do Cocó pelos próximos 4 anos. As áreas escolhidas para serem contempladas foram as margens do rio Cocó e áreas do parque que foram afetadas pelo desmatamento. Nas figuras abaixo podem ser vistas algumas das sinalizações a respeito dos projetos.

Figura 6: (A): Vegetação de mangue ao longo da trilha do Parque do Cocó. (B): Placa em alusão ao plantio de 170 árvores nativas realizado pela Polícia Militar do Ceará em 2005. (C): Placa em alusão ao plantio de 140 mil mudas realizado pela C. Rolim Engenharia e o Governo do Ceará entre 2017 e 2020. (D): Mudas Plantadas em fase de crescimento no Parque do Cocó.
Fonte: Autores (2021).

Por fim, a acurácia dos mapas produzidos neste trabalho foi identificada por meio do índice de Kappa, onde:

Índice Kappa	Desempenho
<0	Péssimo
0 < k ≤ 0,2	Ruim
0,2 < k ≤ 0,4	Razoável
0,4 < k ≤ 0,6	Bom
0,6 < k ≤ 0,8	Muito Bom
0,8 < k ≤ 1,0	Excelente

Figura 7: Índice Kappa.
Fonte: Fonseca (2000).

Para o ano de 2000, o índice de Kappa gerado foi de 0,87, simbolizando um índice excelente. Já para o ano de 2010 e 2020 o valor foi de 0,78 e 0,73, respectivamente, sendo interpretado como um índice muito bom.

4. Considerações Finais

Conforme o exposto, percebe-se que o crescimento desordenado e a especulação imobiliária vêm causando consequências como supressão de vegetação, modificação nas áreas dunares e redução dos recursos hídricos. Aliado a esse crescimento, não se pode esquecer a poluição presente na bacia hidrográfica do rio Cocó, pois há um despejo corriqueiro de efluentes domésticos e comerciais, além de descarte inadequado de resíduos sólidos.

Em consequência disso, há uma série de impactos em cadeia, como interferência na biodiversidade, na paisagem e no turismo local. Atividades realizadas no rio Cocó como a navegação e o turismo ecológico possuem um papel fundamental na educação ambiental, pois é conhecendo a dinâmica das áreas de preservação, seu papel e como atuam, que as pessoas passam a ter outra visão, principalmente a de que devem cuidar.

Além disso, cabe destacar a importância da criação de espaços territoriais especialmente protegidos, como as unidades de conservação, para a preservação de ambientes de grande interesse ecológico, a exemplo da criação do Parque Estadual do Cocó que de certa forma limita mais construções e traz uma maior proteção ao ambiente.

Pensando nas problemáticas abordadas, algumas ações que poderiam ser implementadas pelo poder público seriam uma fiscalização ambien-

tal mais eficiente, estando sempre a par de qualquer construção irregular, além de limitar novas construções, mesmo que regulares, monitorar de perto os impactos e atuar com medidas mitigadoras, promover a educação ambiental entre adultos e crianças disseminando a importância da preservação e cuidado com o meio ambiente, realizar ações frequentes de limpeza no estuário, identificando as fontes de poluição e adotando medidas mais rígidas para que possam ser sanadas.

5. Referências

ALMEIDA, K. M. M. **Análise temporal a partir da classificação do uso e cobertura da terra utilizando imagens Landsat em áreas de garimpo na região de Itaituba--Pará**. Brasília, 2019. Disponível em: https://bdm.unb.br/handle/10483/27050. Acesso em: 10 set. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 08 set. 2021.

CEARÁ. **Decreto nº 32.248 de 07 de junho de 2017.** Dispõe sobre a criação da Unidade de Conservação Estadual do grupo de Proteção Integral denominada Parque Estadual do Cocó, no Município de Fortaleza e dá outras providências. Fortaleza, CE: Casa Civil, 2017. Disponível em: http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-32.248-2017-Cria%C3%A7%C3%A3o-Parque-do-Coc%C3%B3.pdf. Acesso em: 8 set. 2021.

C. ROLIM ENGENHARIA. **Plantio de 40 mil mudas no Parque do Cocó marca a comemoração dos 40 anos da C. Rolim Engenharia.** Fortaleza, CE: 2017. Disponível em: https://www.crolimengenharia.com.br/acao-do-meio-ambiente-nosso-futuro-mora-na-consciencia-que-construimos-hoje/. Acesso em: 14 out. 2021.

FONSECA, L. M. G. **Processamento Digital de Imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000.

FREIRES, E. V; GOMES, D. D. M; SABADIA, J. A. B; DUARTE, C. R; SOUTO, M. V. S. **Análise da evolução urbana no entorno do estuário do Rio Cocó - Fortaleza/**

Ceará nos anos de 1985, 1996 e 2007. Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia. Geografia Ensino & Pesquisa, vol. 17, n. 3, set./dez. 2013. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/8141. Acesso em: 8 set. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Downloads**. Fortaleza: IBGE, 2021.

LADEIA, C. A; FERRAZ, D. G; SOUZA, D. S; TINÔCO, M; LEMOS, O. L. **Análise multitemporal de uso e ocupação do solo para o município de Mortugaba - BA**. Semana de Engenharia Florestal da Bahia. Bahia. Disponível em: http://www2.uesb.br/eventos/seeflor/wp-content/uploads/2018/03/Trabalho-59.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.

MANGABEIRA, J. A. de C; AZEVEDO, E. C de; LAMPARELLI, R. A. C. **Avaliação do levantamento do uso das terras por imagens de satélite de alta e média resolução espacial**. ISSN 1415-2128, EMBRAPA, 1ª edição, dez. 2003. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/17125/1/1247.pdf. Acesso em: 18 out. 2021.

MARINHO, P. H. A; SOUSA, R. M; MEDEIROS, P. C. A. O; VIOLA, M. R; GIONGO, M. **Classificação de imagem orbital pelo método máxima verossimilhança em Sucupira - TO**. Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 4, n. 7. Goiânia, 2017. Disponível em: https://conhecer.org.br/ojs/index.php/agrarian/article/view/5114. Acesso em: 9 set. 2021.

PRINA, B. Z; TRENTIN, R. **GMC: Geração de Matriz de Confusão a partir de uma classificação digital de imagem do ArcGIS®.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. João Pessoa, 2015. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0031.pdf. Acesso em: 18 out. 2021.

SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO E MEIO AMBIENTE - SEUMA. **Canal Urbanismo e Meio Ambiente**. Fortaleza: SEUMA, 2021.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - SEMACE. **Parque Ecológico do Rio Cocó**. Fortaleza: SEMACE, 2010.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat 5**. Disponível: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso: 1 set. 2021.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat 7**. Disponível: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso: 10 set. 2021.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat 8**. Disponível: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso: 15 set. 2021.

Impactos Ambientais Urbanos na Bacia do Córrego do Capim: Enchentes e Inundações provocadas pela Apropriação e Ocupação do Relevo

Húrbio Rodrigues de Oliveira Costa[1]
Leda Correia Pedro Miyazaki[2]

Resumo: a partir do momento em que os seres humanos passam a se apropriar e ocupar compartimentos do relevo, retirando a vegetação natural e substituindo-a por áreas de pastagem, cultivo ou ainda por áreas urbanas, uma série de impactos ambientais podem se manifestar. A bacia hidrográfica, enquanto recorte espacial é muito utilizada para fins de planejamento e gestão de um determinado território, tem se tornado uma unidade espacial de investigação que contribui para melhor entender o impacto das atividades antrópicas no ambiente. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi compreender como a forma de uso e ocupação do relevo na bacia hidrográfica do Córrego do Capim tem desencadeado diferentes impactos ambientais, sobretudo na área urbana de Capinópolis/MG. Realizou-se o levantamento bibliográfico e documental, mapeamentos temáticos e análise de imagens de satélite, bem como a realização de trabalhos de campo na área de estudo. Assim, foi possível constatar que o processo de apropriação e ocupação do relevo, atrelado as características físicas do ambiente, especialmente a morfologia das vertentes e a declividade, promoveu a aceleração de eventos como as enchentes e inundações. A partir do mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia, observou-se que a área é majoritariamente ocupada por pastagens e áreas de cultivo, indicando a substituição da vegetação natural, e principalmente uma alteração nas dinâmicas naturais de infiltração e escoamento da água das chuvas, chegando ao canal fluvial de maneira muito mais rápida, ocasionando as enchentes e inundações, além do assoreamento dos canais fluviais e nascentes.

Palavras-chave: Relevo; Impactos Ambientais; Enchentes; Inundações.

Abstract: from the moment that human beings start to appropriate and occupy relief compartments, removing the natural vegetation and replacing it with pasture, cultivation or urban areas, a series of environmental impacts can manifest themselves. The hydrographic basin, as a spatial cutout, is widely used for planning and managing

1 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências e Tecnologia – Presidente Prudente - SP, hurbio.costa@unesp.br.

2 Doutora do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia- MG, lecpgeo@ufu.br.

a given territory, it has become a spatial investigation unit that contributes to better understanding the impact of human activities on the environment. Therefore, the objective of this study was to understand how the form of use and occupation of the relief in the Córrego do Capim hydrographic basin has triggered different environmental impacts, especially in the urban area of Capinópolis/MG. A bibliographic and documentary survey, thematic mapping and analysis of satellite images were carried out, as well as fieldwork in the study area. Thus, it was possible to verify that the process of appropriation and occupation of the relief, linked to the physical characteristics of the environment, especially the morphology of the slopes and the declivity, promoted the acceleration of events such as floods and floods. From the mapping of land use and land cover in the basin, it was observed that the area is mostly occupied by pastures and cultivated areas, indicating the replacement of natural vegetation, and especially a change in the natural dynamics of infiltration and runoff of water from the rains, reaching the river channel much faster, causing floods and floods, in addition to siltation of river channels and springs.

Keywords: 1. Introdução

A presença de córregos em áreas urbanas é uma realidade de boa parte das cidades no Brasil e no mundo, motivado pelo abastecimento de água ou por questões estéticas e funcionais, os canais fluviais foram sendo incorporados na paisagem urbana sofrendo, por exemplo, modificações em sua morfologia. Isso tem intensificado os processos naturais como as enchentes e inundações, e quando as áreas marginais aos cursos d'água são ocupadas a população pode ser atingida por esses processos naturais intensificados.

Para compreender essa problemática, torna-se necessário entender os agentes e/ou processos responsáveis pela intensificação das enchentes e inundações dos canais fluviais. Assim é importante conhecer a dinâmica da área de contribuição, adotando como recorte espacial as bacias hidrográficas. Isso nos permite entender a relação entre o uso e ocupação do relevo, bem como a ocorrência destes eventos, especialmente em áreas urbanas onde o impacto se dá de maneira mais intensa. Pensando nisso, foi escolhida como área de estudo a bacia hidrográfica do Córrego do Capim, localizada dentro dos limites do município de Capinópolis/MG, inserido na Mesorregião Geográfica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mais especificamente na Região Geográfica Imediata de Ituiutaba.

Com uma área de aproximadamente 133,473 km², a bacia do Córrego do Capim engloba toda a área urbana de Capinópolis/MG (Figura 1), bem como uma grande quantidade de atividades da agropecuária. O Córrego

do Capim desagua no Rio Paranaíba, na divisa entre os estados de Minas Gerais e Goiás.

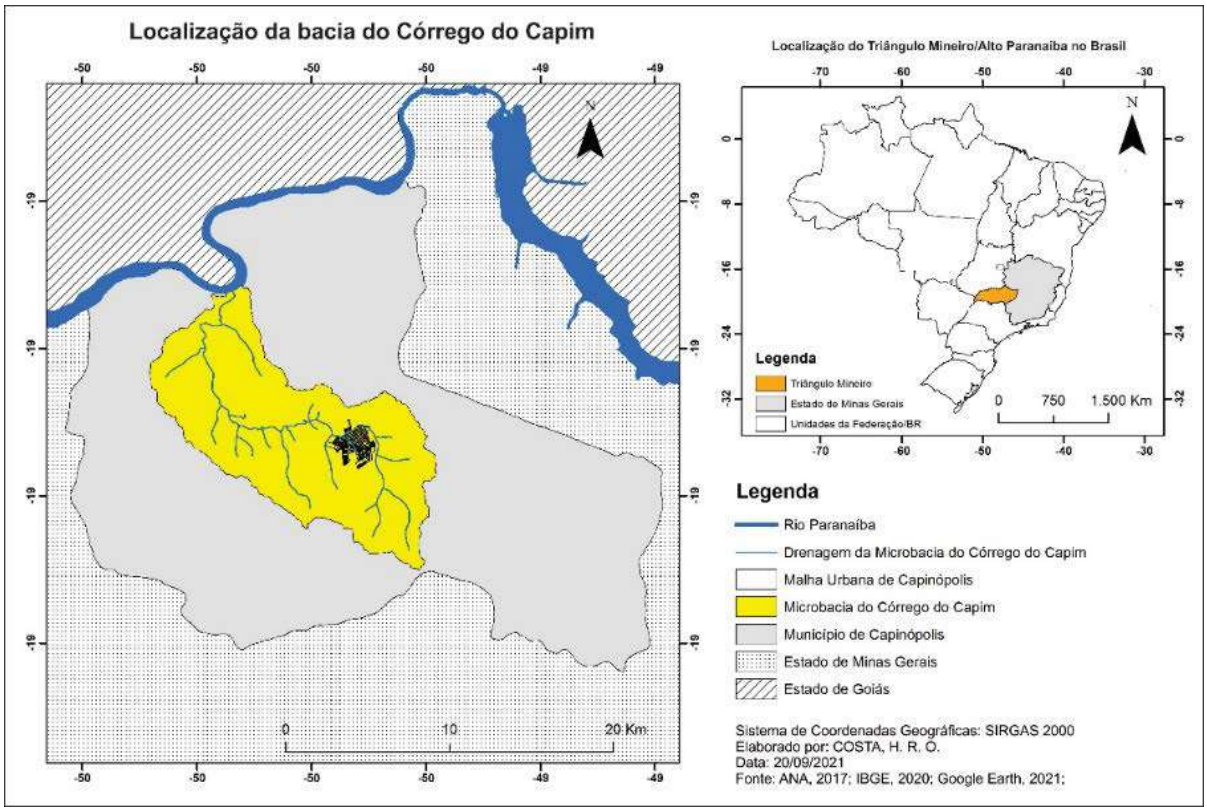


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Córrego do Capim. Org.: O Autor. (2021).

Observa-se que o processo de apropriação e ocupação do relevo ao longo dos anos tem promovido significativas transformações nas dinâmicas de processos naturais, atrelado comumente ao desmatamento, atividades da agropecuária ou ainda a impermeabilização da superfície do solo em áreas urbanas (CASSETI, 1995). Ao considerarmos a infiltração e escoamento da água das chuvas, adotar a bacia hidrográfica como recorte espacial torna-se uma alternativa interessante para a análise de impactos ambientais decorrentes das enchentes e inundações, especialmente quando acontecem em áreas urbanas.

Para Thomaziello (2007), a forma de ocupação, no espaço urbano ou rural tem provocado no Brasil inúmeros problemas ambientais, dentre eles a obstrução e alteração da rede de drenagem urbana, desencadeamento de processos erosivos lineares intensos e perda de terras produtivas. Esse material transportado pelos processos erosivos é depositado geralmente em compartimentos geomorfológicos de fundos de vale, formando assim camadas de deposição a cada episódio de chuva, contribuindo assim para a formação de depósitos tecnogênicos.

Os depósitos tecnogênicos, de acordo com Suertegaray *et al.* (2008), podem ser aterros ou depósitos induzidos, oriundos da erosão causada pela ocupação do solo. Nos fundos de vale, especialmente nos canais fluviais tem se tornado comum encontrar resquícios que indicam a presença de atividades humanas nas vertentes e áreas de topo.

As enchentes e inundações são eventos naturais relacionados a dinâmica de um canal fluvial, indicando o maior recebimento de fluxos de água em comparação com a capacidade de vazão do canal (AMARAL; RIBEIRO, 2009). Esses eventos estão relacionados com a magnitude e frequência de chuvas, visto que sua ocorrência se dá "em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem". (AMARAL; RIBEIRO, 2009, p. 41).

As enchentes e inundações identificadas em áreas urbanas, podem ser explicadas a partir das intervenções promovidas em uma bacia hidrográfica, sobretudo ao estabelecermos uma relação direta entre os impactos que as atividades antrópicas promovem nas dinâmicas naturais. As alterações podem promover o que Hack (1960), considera como rompimento do equilíbrio dinâmico dos processos naturais, quando ocorre a aceleração ou desaceleração de um processo natural, como por exemplo o escoamento superficial. A partir do momento em que se tem a retirada da vegetação natural e a substituição da cobertura do solo, a dinâmica de escoamento e infiltração de água das chuvas passa a ser intensamente alterada.

Para Santos e Caldeyro (2007, p. 20), o ambiente em que estamos inseridos "é formado de sistemas, que podem ser descritos como um conjunto de elementos que mantêm relações entre si", deste modo, eventos como enchentes e inundações, são resultados diretos e indiretos da interação existente entre o uso e ocupação em uma bacia hidrográfica. A infiltração e escoamento da água das chuvas, por exemplo, são processos naturais que quando analisados a partir das dinâmicas de uma bacia hidrográfica, ganham destaque por serem essenciais para a formação e abastecimento de canais fluviais.

A definição de bacias hidrográficas está associada, sobretudo, às dinâmicas de escoamento e formação de uma rede hidrográfica, dentro de um limite definido pelos divisores de água. De acordo com Barrela *et al.* (2007), uma bacia consiste em um conjunto de terras que são drenadas por um rio principal e todos os seus afluentes, cujas nascentes se encon-

tram próximas as partes mais altas do relevo onde a água da chuva ao precipitar, escoa ou infiltra no solo.

Lima e Zakia (2000), compreendem as bacias como sistemas abertos, pois recebem energia por meio de agentes climáticos e perde através do deflúvio, ou escoamento dos rios. Ainda de acordo com os autores, esse sistema encontra-se em equilíbrio até o momento em que uma nova energia, aqui representada pela dinâmica de ocupação do relevo, ao ser inserida no sistema promove o desequilíbrio (LIMA; ZAKIA, 2000). O relevo, consiste numa parte fundamental para a delimitação das bacias, visto que é nas partes mais altas que se encontram os divisores de água, responsáveis por separar as bacias, captar a água das chuvas e direcionar o escoamento superficial por meio da superfície das vertentes até os fundos de vale (BORSATO; MARTONI (2004).

A precipitação, infiltração e escoamento da água fazem parte de um ciclo, o hidrológico, consistindo na movimentação da água entre reservatórios e atmosfera. Para Maciel (2021), é importante a adoção de bacias hidrográficas enquanto escalas de análise do ciclo hidrológico na superfície, tendo em vista que se admite um conjunto de superfícies vertentes que dão origem aos cursos d'água formando a drenagem principal até que alcance seu exultório. Mijares (1992), acrescenta ainda que essas bacias podem ser endorréicas ou exorréicas, as primeiras tendo seu exultório comumente em um lago, enquanto as segundas em outros canais fluviais ou no mar.

Christofoletti (1980), compreende que a forma como do relevo, associado à geologia local, tende a direcionar os fluxos de água que posteriormente formarão os cursos d'água, bem como definir os padrões de drenagem do canal fluvial em radial, dendrítica, paralela, anelar, etc.

Conhecer os aspectos físicos e sociais de uma bacia hidrográfica é muito importante para se compreender como os processos relacionados as enchentes e inundações estão se comportando, principalmente na área urbana, uma vez que concentra grande parte da população de um município.

Pensando nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi compreender como a forma de uso e ocupação do relevo na bacia hidrográfica do Córrego do Capim tem desencadeado diferentes impactos ambientais, sobretudo na área urbana de Capinópolis/MG. Para isso, foi adotado como período temporal de estudo os eventos de enchentes e inundações ocorridas nos anos de 2017 e 2018.

2. Metodologia

Esta pesquisa consiste num estudo de caso, voltado a compreender como a forma de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Capim contribuiu para o surgimento de impactos ambientais, especialmente na área urbana de Capinópolis/MG. O estudo de caso para Prodanov e Freitas (2013, p. 128), consiste na "estratégia preferida quando colocamos questões do tipo 'como' e 'por que', quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real".

Para o desenvolvimento do estudo, foram necessárias etapas como o *levantamento bibliográfico e documental*. O levantamento bibliográfico reúne a busca sistematizada de artigos disponíveis em canais de busca como Google Acadêmico, assim como livros e outras obras, que permitiram construir o arcabouço teórico acerca da apropriação e ocupação do relevo em bacias hidrográficas, e os impactos ambientais oriundos das intervenções promovidas pelos seres humanos. No que tange o levantamento documental, para além da aquisição de dados históricos referentes ao município de Capinópolis (MG), buscou-se compreender o processo de expansão territorial urbana da cidade e a ocupação do relevo na bacia do Córrego do Capim.

A segunda etapa consiste no *mapeamento e análise de imagens* de satélite CBERS-4A, fusionadas permitindo uma resolução espacial de 2 metros, a partir da imagem foi possível fazer o mapeamento do uso do solo na bacia. Outro mapeamento que contribuiu para compreender a relação entre uso e ocupação e eventos como enchentes e inundações na bacia do Córrego do Capim, foram os mapas de hipsometria e de declividade, pois deram base para discussões no que tange o escoamento e direcionamento dos fluxos. A última, etapa compreende a análise dos eventos ocorridos nos anos de 2017 e 2018 que impactaram, especialmente, a área urbana presente na bacia estudada.

A terceira etapa corresponde à realização de *trabalhos de campo* na bacia, buscou-se, especialmente na área urbana de Capinópolis/MG, identificar a ocorrência de enchentes e inundações, bem como possíveis impactos ambientais frequentes, buscando analisar o entorno para entender como os fluxos de escoamento superficial se comportam a partir da morfologia do relevo.

3. Resultados e Discussão

No município de Capinópolis (MG) como um todo identificam-se bacias hidrográficas de até terceira ordem conectadas ao Rio Paranaíba, como, por exemplo, a bacia do Córrego do Capim que possui uma área de 133,473 km², na qual a cidade de Capinópolis está localizada, podendo se identificar o padrão dendrítico dessa drenagem (COSTA; PEDRO MIYAZAKI, 2015). A rede hidrográfica é abastecida por um regime de chuvas relativamente bem demarcado, sendo o período chuvoso de outubro a março. De acordo com a classificação de Köppen, o município encontra-se numa área de clima tropical (Aw), marcado por dois períodos bem delimitados, inverno seco e verão chuvoso.

A relação entre clima, solo, geologia e relevo, nos permite inserir o município de Capinópolis no que Ab'Sáber (2003), classifica como Domínio dos Cerrados, porém, devido intenso avanço da agropecuária, atualmente só existem resquícios da vegetação natural. Essa vegetação foi aos poucos substituída por pastagens e cultivos agrícolas durante a expansão da agropecuária com iniciativas como Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados – PRODECER, a partir da década de 70 (SANTOS, 2016).

Na medida em que a vegetação natural é retirada, tem-se a alteração nas dinâmicas de escoamento e infiltração da água das chuvas, produzindo impactos que vão desde a instalação de processos erosivos como as enchentes e inundações. A título de exemplo, podemos citar a diminuição das áreas onde encontram-se as veredas, fisionomia típica do Cerrado, o que indica a redução de água no solo ou ainda o assoreamento devido a deposição de material oriundo de erosões nas vertentes.

Até a década de 70 (IBGE, 1958), pouco mais de 50% da população de Capinópolis (MG) residia na zona rural, desde então tem se tornado cada vez mais urbana, migração motivada por uma série de fatores como a mecanização do campo e as melhores condições de vida encontradas na cidade. Observa-se uma expansão das atividades relacionadas a agropecuária, ocupando mais áreas com o cultivo da cana de açúcar e grãos, como milho, soja e sorgo, ou ainda a criação extensiva de gado. Na medida em que a população residente no campo, vai sendo expulsa, direta ou indiretamente pelo agronegócio, a cidade se vê recebendo o contingente populacional e tendo que se adequar a essa nova realidade, expandindo a malha urbana por meio de novos bairros e loteamentos.

Pensando no processo de apropriação e ocupação do relevo na bacia do Córrego Olaria, nota-se especialmente na área urbana uma quantidade de problemas ambientais como os processos erosivos, as enchentes e inundações. Com base nos mapeamentos, trabalhos de campo e levantamento documental, identificamos a relação, direta ou indireta, entre a ocupação e esses problemas ambientais.

Quando analisamos alto curso da bacia do córrego do Capim, por meio das imagens disponíveis no Google Earth Pró, é possível notar que ocorreu a retirada da maior parte da vegetação natural nas áreas de topo e ao longo do comprimento rampa das vertentes, sendo substituída por áreas de pastagem e agricultura monocultora (Figura 2). É possível identificar na cidade de Capinópolis (MG), especificamente no fundo de vale do córrego do Capim, a linha em amarela em destaque na imagem abaixo o divisor de águas, ou seja, os limites da bacia, enquanto as setas na cor laranja indicam a direção dos fluxos de águas pluviais e a morfologia das vertentes.

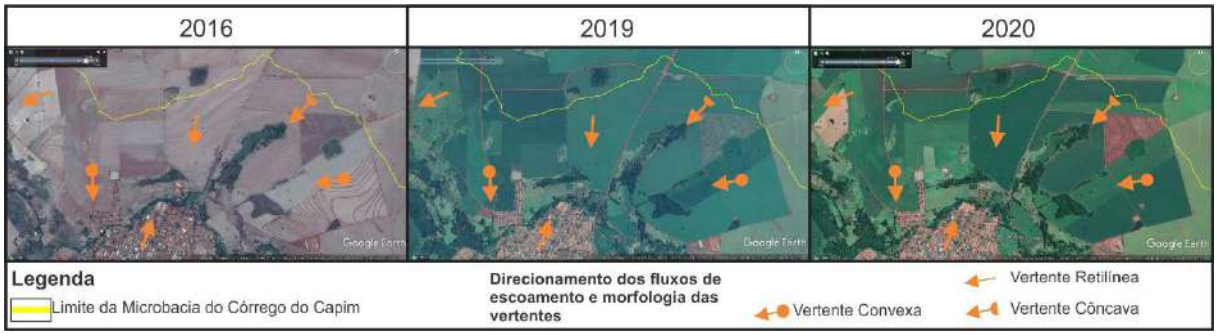


Figura 2: Morfologia das vertentes e direcionamento dos fluxos de escoamento
Fonte: Google Earth Pro (2021). Org.: O Autor. (2021).

A morfologia das vertentes foi identificada a partir de curvas de nível extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) e conferidas em trabalhos de campo na área. Pensando na existência de vertentes côncavas, convexas e retilíneas, é importante compreender como o escoamento superficial se comporta nessas morfologias.

De acordo com Guerra (2013), na natureza é raro encontrar apenas uma destas morfologias, comumente identifica-se a combinação destas formas ao longo da extensão de uma vertente. Troeh (1965), relaciona a morfologia das vertentes com os fluxos de água, ou seja, a forma como se dispersa ou concentra a água das chuvas. Assim, uma vertente côncava possui características que permitem uma maior infiltração da água das chuvas, por concentrar o fluxo de água para um único ponto. É comum que esta morfologia de vertente, propicie o surgimento de canais fluviais e abasteça os reservatórios de água subterrâneos.

Para Troeh (1965), enquanto as vertentes côncavas tendem a concentrar os fluxos pluviais, as convexas têm como característica principal a dispersão, ou seja, a infiltração de água será relativamente menor do que na vertente côncava. Essas vertentes, também podem ser chamadas de vertentes dispersoras de água pois tendem a direcionar os fluxos para uma vertente côncava próxima, ou ainda para os fundos de vale. Tem-se ainda a vertente linear, cujas características principais consistem na predominância de escoamento superficial com menor infiltração, priorizando então os processos morfogenéticos, especialmente quando a vertente apresenta elevada declividade, enquanto a formação de solos será menor nesse tipo de vertente.

Especialmente no que tange a agricultura monocultora instaladas em vertentes retilíneas ou convexas, como as áreas de solo exposto observadas na figura 2, a quantidade de solo exposto durante os períodos de chuva dá margem para o surgimento de processos erosivos, que culminarão na deposição de sedimentos nos fundos de vale. Para Tucci (2002), essas ações e intervenções promovidas sobre a superfície de uma bacia hidrográfica, tende a promover alterações significativas no sistema hidrológico, especialmente por diminuir a superfície de retenção de água.

Visando compreender melhor os impactos do processo de apropriação e ocupação do relevo na bacia, produziu-se uma síntese contendo informações como a hipsometria, declividade e uso do solo na bacia do Córrego do Capim (Figura 3).

A espacialização dessas informações e estabelecimento de relações entre elas, nos permite compreender como esses impactos se materializam, especialmente na área urbana de Capinópolis (MG). No que tange a hipsometria, é possível identificar na espacialização das altimetrias intervalos que vão de 397 metros de altitude, próximo ao Rio Paranaíba na jusante do Córrego do Capim, até aproximadamente 682 metros à montante do córrego. Ao analisarmos a área em que se encontra a cidade de Capinópolis (MG) é possível identificar a presença de cabeceira de drenagem e fundos de vale encaixados, especialmente quando atrelados aos dados que demonstram áreas com declividade acima de 30%.

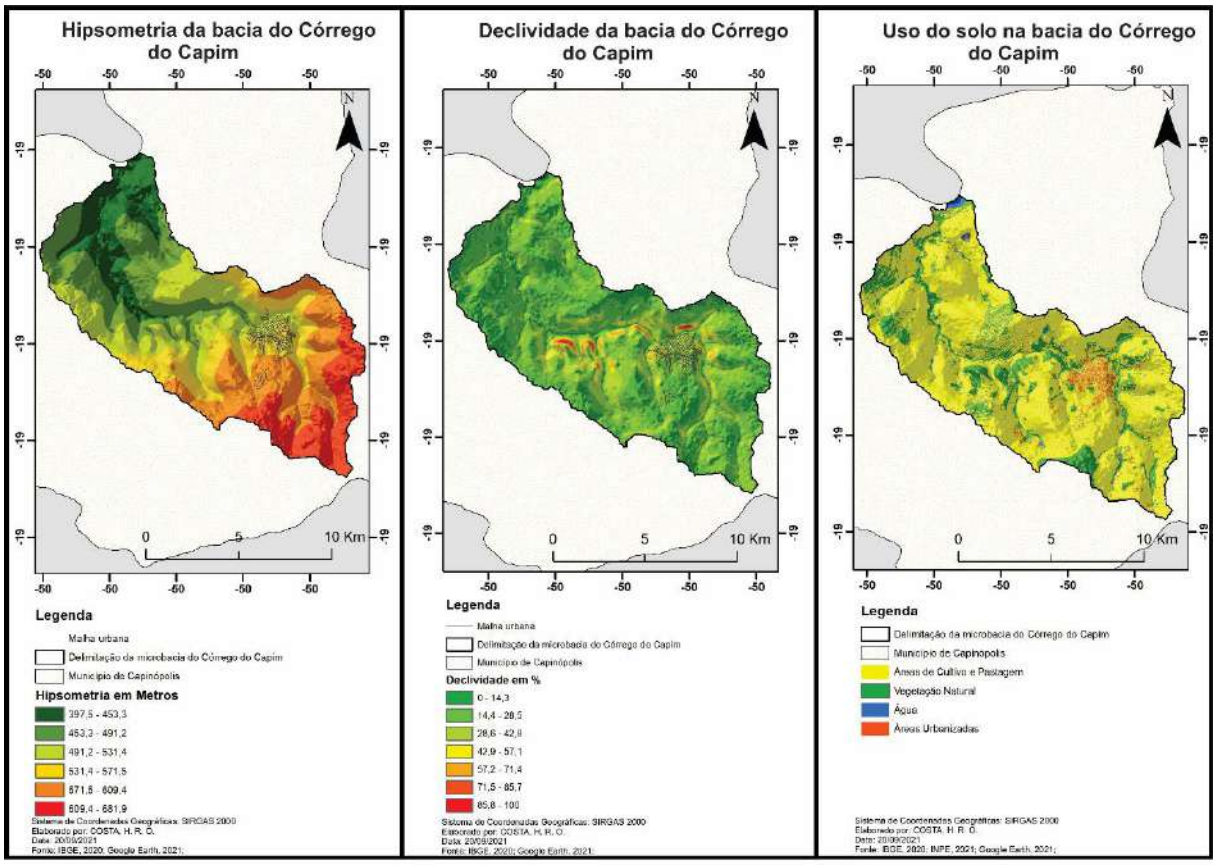


Figura 3: Hipsometria, declividade e uso do solo da bacia do Córrego do Capim
Org.: O Autor. (2021).

O uso e ocupação do solo na bacia evidencia a alteração da vegetação natural típica de Cerrado, dando lugar as pastagens e cultivos, representado no mapa pela presença de uma grande área em amarelo. Essa troca do tipo de vegetação altera, direta ou indiretamente o fluxo de escoamento da água das chuvas, bem como sua infiltração. Durante os intervalos de cultivo, o solo exposto torna-se vulnerável à instalação de processos erosivos, sejam eles laminares ou lineares, ambos culminando no transporte e deposição de material pedológico nos fundos de vale.

Observa-se ainda que a vegetação natural se concentra apenas nos fundos de vale, sendo majoritariamente áreas de preservação permanentes, as demais áreas em verde indicam reservas na bacia. A morfologia do relevo atrelado ao uso do solo torna evidente os impactos ambientais, especialmente na cidade de Capinópolis (MG).

O espaço urbano pode ser visto como reflexo do conhecimento e técnicas aplicadas durante o processo de urbanização, Soja (2008) considera ainda que as cidades simbolizam uma forma particular de habitat e assentamento humano. No entanto, a cidade não somente representa os processos oriundos da urbanização, como também é influenciada por

atividades rurais que interferem no urbano. Assim, a sociedade ao longo do tempo, por meio das técnicas, vai produzindo esse espaço geográfico, é pôr e a partir dessas técnicas que se tem uma diferenciação maior dos aspectos naturais e sociais construídos nas cidades (SANTOS, 2008).

É nas cidades que as dinâmicas da sociedade e da natureza se encontram e por vezes refletem conflitos, aqui identificados como impactos ambientais. Na medida em que se tem o aumento da impermeabilização da superfície promovida pela pavimentação das vias de acesso, ou pelas construções na área urbana, tem-se em contrapartida o aumento do escoamento superficial. Para Costa (2019), a própria pavimentação de ruas que consiste na impermeabilização da superfície do relevo, já poderia ser apontada como um impacto ambiental, pois impossibilita a infiltração da água rompendo com o equilíbrio dinâmico dos processos naturais. Para além de não infiltrar, quando associado declividade das vertentes e ao uso e ocupação do relevo, o aumento dos fluxos de água na superfície são direcionados aos fundos de vale, promovendo o aumento de casos de enchentes seguidas de inundação.

O Córrego Olaria, um dos afluentes do Córrego do Capim, possui sua nascente na área urbana e tem sido afetado pela ocupação do relevo de maneira direta e indireta. Direta no sentido que o córrego foi parcialmente retificado e canalizado e indireta no sentido de que o direcionamento dos fluxos de escoamento tem se tornado cada vez maiores promovendo eventos como enchentes seguidas de inundação, como aquelas identificadas entre os anos de 2017 e 2018 (Figura 4)

Figura 4: Inundação do Córrego Olaria em 2017 e 2018
Fonte: Tudo em Dia, 2017 e 2018. Org.: O Autor. (2021).

Após uma sequência de dias chuvosos entre novembro de 2017 e janeiro de 2018, dois eventos de enchente seguida de inundação foram identifica-

dos no Córrego Olaria, na bacia do Córrego do Capim. O evento se explica pela impermeabilização e concentração dos fluxos de água na área urbana, bem como pelo aumento do escoamento superficial na área rural da bacia, visto que a água que anteriormente infiltraria abastecendo reservatórios subterrâneos, agora escoa com uma velocidade maior devido a alteração no tipo de vegetação.

4. Considerações Finais

O processo de apropriação e ocupação do relevo, quando realizado de maneira que não considera o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, tende a promover impactos ambientais que promovem desde a perda de solo fértil, assoreamento dos canais fluviais ou ainda as enchentes seguidas de inundação. Na medida em que se adota a bacia do Córrego do Capim como recorte espacial e área de estudo, nota-se que a transformação da paisagem, ao substituir a vegetação natural por pastagens e áreas de cultivo, bem como promover a urbanização na cidade de Capinópolis (MG), tem contribuído direta ou indiretamente para esses impactos.

As pastagens e cultivos que vão desde as áreas de topo aos fundos de vale, não tem a mesma capacidade de retenção da água das chuvas, que atinge o solo de maneira mais intensa e passa a escoar superficialmente de maneira mais rápida. Neste cenário, observa-se a aceleração dos processos morfogenéticos, aqui representados pelo escoamento superficial que promove a erosão e deposição do material pedogenético nos fundos de vale. Enquanto a pedogênese torna-se prejudicada a partir do momento em que a infiltração de água no solo diminui.

Conclui-se que devido a apropriação e ocupação do relevo, os canais fluviais passam a receber uma quantidade maior de água, sobrecarregando-os e acelerando fenômenos naturais como as enchentes e inundações. O Córrego Olaria, afluente do Córrego do Capim, torna-se o principal exemplo de dinâmica natural impactada pela ocupação do relevo, visto que durante os períodos chuvosos a concentração de fluxos de escoamento da água das chuvas para a área é maior do que sua capacidade de vazão, provocando inundações que atingem residências instaladas no leito de inundação.

5. Referências

AB'SÁBER, A. N. **Domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. **Inundações e Enchentes**. In.: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 3 ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 39-52.

BARRELA, Walter *et al.* As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. *In:* RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

BORSATO, Fabiano Hugo; MARTONI, Astrid Meira. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/1391. Acesso em: 20 set. 2021.

CASSETI, Valter. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. São Paulo: Editora Contexto, 1995. 84 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

COSTA, H. R. O. **O risco ambiental em uma cidade pequena**: análise da morfodinâmica atual e sua relação com as áreas de risco à enchentes, inundações e alagamentos na cidade de Capinópolis/MG. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal. Disponível em: http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.662. 2019. 162 p.

COSTA, H. R. O. PEDRO MIYAZAKI, L. C. Análise preliminar dos dados pluviométricos e caracterização das áreas de risco à enchente, inundação e alagamento na cidade de Capinópolis/MG. **Boletim de Geografia, Maringá**, v. 33, n. 3, p. 46-67, set.-dez., 2015

GUERRA, Antonio Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

HACK, J.T. Interpretation of Erosional Topography in Humid-Temperate Regions. **American Journal Science**, New Haven, v. 258-A, p. 80-97, 1960.

LIMA, Walter de Paula; ZAKIA, Maria José Brito. Hidrologia de matas ciliares. *In:* RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas. (ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 33-43.

MACIEL, Samuel Alves. **Clima, disponibilidade hídrica e pobreza na porção mineira da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha**. 2021. 287 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32519. Acesso em: 10 set. 2021.

MIJARES, Francisco Javier Aparicio. **Fundamentos de hidrologia de superfície**. Ciudad de México: Limusa, 1992, 302 p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

SANTOS, C. C. M. Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados – PRODECER: um espectro ronda os cerrados brasileiros. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 24 n. 2, 2016, p. 384-416.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço**: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 384 p.

SANTOS, Rozely Ferreira dos; CALDEYRO, Verônica Sabatino. Paisagens, condicionantes e mudanças. In.: SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. p. 13-21

SOJA, Edward. **Postmetrópolis**: estudios críticos sobre las ciudades y las regiones. Madrid: Traficantes de Sueños, 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.). **Terra**: feições ilustradas. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. p. 264.

THOMAZIELLO, S. **Usos da terra e sua influência sobre a qualidade ambiental**. *In:* SANTOS, R. F. (org.). Vulnerabilidade Ambiental. Brasília: MMA, 2007. p. 23-38.

TROEH, F. R. Landform equations fitted to contour maps. **American Journal of Sciences** (263):616-627, 1965. https://doi.org/10.2475/ajs.263.7.616

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre.Brasil, v. 7, n. 1, p. 5-27, Jan/Mar 2002.

Considerações ambientais sobre a área de preservação permanente do Riacho Martinho, Fortaleza, Ceará

Fernando José Mendes de Alencar Júnior[1]
Lizabeth Oliveira Silva [2]
Daniel dos Reis Cavalcante [3]

Resumo: O município de Fortaleza apresenta uma diversidade de sistemas ambientais sujeito a alterações dadas ao processo de urbanização sem planejamento adequado. E nesse contexto, têm-se as áreas de planícies fluviais que bordeja a calha dos principais rios e riachos e que são reconhecidas na legislação ambiental por Áreas de Preservação Permanente - APP. Estas são áreas protegidas, coberta ou não por vegetação nativa, com funções ambientais diversas, entre as quais, a preservação dos recursos hídricos, da biodiversidade, dos solos, entre outros. Tem-se ainda no contexto do município de Fortaleza, o riacho Martinho, este localiza-se nos bairros Parque Dois Irmãos, Passaré e Itaperi. Para tanto, objetivou-se uma análise da capacidade de suporte desta área a partir do mapeamento de uso e ocupação. Destaca-se que para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se de procedimentos metodológicos como, por exemplo, levantamento bibliográfico e de bases cartográficas, além de campos para o reconhecimento da área. Em contribuição foram usadas as técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto. A pesquisa revelou um descumprimento da legislação, um crescente aumento das edificações e ações degradadoras das áreas de APP do riacho Martinho. Verifica-se ainda um desconhecimento da capacidade ambiental da área, seja relacionada à fragilidade (enchentes, contaminação, supressão vegetação), bem como em relação à potencialidade (melhores condições de solo, vegetação e recursos hídricos).

Palavras-chave: Rio Martinho; Capacidade de suporte ambiental; Rios Urbanos.

Abstract: The municipality of Fortaleza has a diversity of environmental systems subject to changes due to the urbanization process without adequate planning. And in this context, there are the areas of fluvial plains that border the channel of the main rivers and streams and that are recognized in the environmental legislation as Permanent Preservation Areas - APP. These are protected areas, covered or not by nati-

1 Universidade Estadual do Ceará –fernandojosemendes4@gmail.com.

2 Universidade Estadual do Ceará – lizabethso@hotmail.com.

3 Universidade Estadual do Ceará – daniel_reisc1@hotmail.com.

ve vegetation, with different environmental functions, including the preservation of water resources, biodiversity, soils, among others. There is also in the context of the municipality of Fortaleza, the Martinho river, which is located in the neighborhoods Parque Dois Irmãos, Passaré and Itaperi. Therefore, the objective was an analysis of the support capacity of this area from the mapping of use and occupation. It is noteworthy that, for the development of this research, methodological procedures were used, such as, for example, a bibliographic and cartographic base survey, in addition to fields for the recognition of the area. In contribution, geoprocessing and remote sensing techniques were used. The survey revealed non-compliance with legislation, a growing increase in buildings and degrading actions in the APP areas of the Martinho river. There is still a lack of knowledge about the environmental capacity of the area, whether related to its fragility (floods, contamination, suppression of vegetation), as well as in relation to its potential (better soil, vegetation and water resources conditions).

Keywords: Martinho River; Environmental support capability; Urban Rivers.

1. Introdução

Os sistemas ambientais são integrados por elementos que mantêm relações harmônicas, estes apresentam potencialidades e limitações ao uso. Nesse contexto, o município de Fortaleza apresenta inúmeros sistemas ambientais, entretanto, a consolidação urbana do município e suas diversas atividades socioeconômicas, muitas vezes, sem planejamento, geram problemáticas ambientais, como a degradação dos sistemas ambientas.

Com isso, os inúmeros problemas ambientais, como a descaracterização advindos da urbanização, afetam de forma significativa as planícies fluviais dos afluentes que cortam o meio urbano, dentre eles destaque-se o riacho Martinho que perpassa por três bairros da capital, que são: Parque Dois Irmãos, Passaré e Itaperi.

O riacho Martinho faz parte da bacia hidrográfica do rio Cocó, este, por sua vez, se apresenta como uma bacia hidrográfica em meio urbano e com expressiva importância ambiental, tendo em vista sua extensão territorial na cidade de Fortaleza. Dessa forma, esta investigação objetivou analisar as condições ambientais e a capacidade de suporte da Área de Preservação Permanente – APP do riacho Martinho.

2. Metodologia

Na elaboração dos procedimentos operacionais para construção das análises dessa pesquisa, foram levados em consideração os aspectos físicos-naturais relacionados aos aspectos socioambientais. Como também, a classificação do uso e ocupação do solo tendo como ponto de partida à legislação vigente, como Código Florestal (2012) e algumas resoluções do CONAMA (BRASIL, 2002a; 2002b; 2006).

Assim, para concretizar a referente pesquisa foram delineados em etapas metodológicas ditas a saber:

1° etapa - levantamento bibliográfico - Buscou o referencial teórico, contemplando, os conceitos de análise ambiental, capacidade de suporte, Áreas de Preservação Permanente, dentre outros. O levantamento de literatura bibliográfica constou de teses, dissertações, artigos publicados em periódicos científicos e em instituições que possuem ligação com o tema da referente pesquisa.

2º etapa - Aquisição de dados e material cartográfico - Concentrou na aquisição de dados e materiais secundários (de caráter qualitativo e quantitativo). Além disso, houve a elaboração dos mapas prévios para embasar o trabalho de campo. Realizou-se uma aquisição de dados, junto como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Cearense Meteorológica e Recursos Hídricos (FUNCEME) e Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2012).

3º etapa - Trabalho de campo - Corresponde ao reconhecimento e confirmação de feições naturais ou antrópicas percebidas no desenvolvimento do trabalho. Anteriormente, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, com registro fotográfico e análise de imagens de satélites (*Google Earth Pro*), auxiliadas a partir da aquisição de pontos através do uso de receptor *Global Positioning System*, GPS.

4º etapa - Mapeamento e análise de dados da área. Foram usados *softwares* de geoprocessamento, com QGis versão 2.14 e ArcGis 10.2.2 versão *free trial*. O mapeamento do uso e ocupação foi realizado tendo por base a cartografia de quadra disponibilizada pela Prefeitura de Fortaleza (FORTALEZA, 2015), sendo realizadas em conjunto ao trabalho de campo com adaptações da realidade percebida. A escala adotada para este mapa foi de 1: 3.200, dada a necessidade de destacar as quadras no contexto da APP do riacho Martinho. Adotou-se para o mapa a projeção cartográfica corres-

pondente ao *Universal Transversa de Mercator*, UTM e como referencial geodésico optou-se pelo Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, SIRGAS 2000, zona 24 sul.

3. Resultados e Discussão

3.1 Localização da área de estudo

O município de Fortaleza limita-se ao norte pelo Oceano Atlântico; ao sul os municípios de Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga; a leste Eusébio, Aquiraz e a oeste a Caucaia e Maracanaú. É a capital do estado do Ceará, e possui uma área absoluta de 314,930 km^2 (BRASIL, 2016).

Portanto, o município de Fortaleza é organizado administrativamente nas Regionais I, II, III, IV, V, VI e regional centro. O bairro Parque Dois Irmãos, pertence a Regional VI possui população total de 27.236 habitantes e renda média de 557.84 reais, assim como o bairro Passaré é pertencente a mesma Regional, uma população de 50.940 e a renda média de 619,00 reais e o Itaperi com população de 22.563 e renda média de 798,25 (CEARÁ, 2012).

À tentativa de compreensão das implicações, tais como as ocupações de risco ao longo do riacho Martinho, são necessárias à investigação o processo de uso e ocupação que se deu em seu entorno e suas consequências sobre a população que reside nos bairros Passaré, Parque Dois Irmãos e Itaperi.

Nestes três bairros prevalece a moradia em condomínios, seja eles de residências planas ou verticais, já o Itaperi é perceptível o domínio de residências planas, desvinculando o padrão dos condomínios fechados dos anteriores. Todavia, existe algo em comum ao longo das margens do riacho nos três bairros é o descarte incorreto dos resíduos residenciais, que tem como destino, muitas vezes, a APP do riacho Martinho. Portanto, servindo ao planejamento urbano ressalta-se a necessidade de análise do sistema ambiental pela capacidade de suporte.

Nesse contexto, tem-se o município de Fortaleza que do ponto de vista geológico, se caracteriza pela ocorrência predominante de coberturas sedimentares cenozoicas, sobretudo ligados ao Grupo Barreiras, além dos depósitos flúvio-aluvionares com sedimentos fluviais e lacustres e apenas algumas presenças de embasamento cristalino isoladas (SOUZA *et al.*, 2009).

Em relação à geomorfologia, em Fortaleza, predominam os tabuleiros pré- litorâneos que apresentam superfícies suavemente planas com caimento em direção à linha da costa. Estas superfícies foram esculpidas pelas águas dos rios Maranguapinho, Cocó, Pacoti e seus afluentes, que escavam seus leitos promovendo a formação de vales alongados (FREIRES *et al*., 2014).

Pedologicamente verifica-se no município de Fortaleza a tipologia dos Neossolos Quartzarênicos, Argissolos Vermelho e Amarelos, Neossolos Flúvicos e Gleissolos Sálicos (CEARÁ, 2007). Por inserir-se no contexto dos tabuleiros e planícies fluviais, a área do estudo apresenta a tipologia dos Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos, poucos perceptivos, dado as alterações do processo de urbanização. Sobre os solos citados para o município de Fortaleza, verificam-se as unidades fitoecológicas do complexo vegetacional litorâneo, mata de tabuleiro, cerrado e caatinga (SOUZA *et al*., 2009).

Quanto aos aspectos climáticos, Lima, Morais e Souza (2000) afirmam que entre os sistemas que controlam o regime pluvial no litoral do Estado do Ceará, a frente geradora de chuvas de maior importância é a Zona de Convergência Intertropical, ZCIT, isso confere ao município precipitações superiores a 1200 mm/ano e temperatura média de 26º C. Destaca-se que o clima é fator determinante das condições ambientais, influenciando a disponibilidade e distribuição dos recursos hídricos (SOUZA et al, 2009).

Com relação aos aspectos hidrográficos em Fortaleza, integra a Bacia hidrográfica metropolitana, dividida em Bacia Vertente Marítima, bacia do Maranguapinho, Bacia do Cocó e bacia do Pacoti. Especificamente, a área de estudo encontra-se sobre a bacia do Cocó, que apresenta menor área de vegetação nativa, cerca de 0,52%, dada a consolidação da área urbana (FORTALEZA, 2003).

Dado o processo de urbanização, a cobertura vegetal em alguns pontos do município de Fortaleza não são facilmente identificáveis, muitas vezes, tem-se a supressão total da vegetação, substituída por implantação de asfalto.

3.2 Capacidade de suporte do riacho Martinho

A capacidade de suporte refere-se ao nível de utilização dos recursos naturais e da intervenção que um sistema ambiental pode suportar, esta torna-se ultrapassada, quando o consumo sobressai a reposição, ou seja,

ocorrem, principalmente, quando este, torna-se irreparável pelo alto grau de degradação do sistema ambiental.

Além do mais, a capacidade de suporte estabelece uma relação entre as potencialidades e as limitações. De acordo com Souza et al. (2009, p. 30)

> As potencialidades são tratadas como atividades ou condições exequíveis de praticar em cada sistema ambiental, sendo propícias à implantação de atividades ou de infraestrutura. As limitações ao uso produtivo, além das restrições ligadas à legislação ambiental, são identificadas com base na vulnerabilidade e nas deficiências do potencial produtivo dos recursos naturais e no estado de conservação da natureza, em função dos impactos produzidos pela ocupação urbana (SOUZA et al., 2009, p. 30).

Dessa forma, a capacidade de suporte para Machado (1999) apresenta-se como a eficiência dos ambientes em acomodar, assimilar e incorporar um conjunto de atividades antrópicas sem que suas funções naturais sejam fundamentalmente alteradas em termos de produtividade primária. Estas advêm como conceito de avaliação do sistema ambiental à frente das intervenções e uso.

Neste contexto, destaca-se a área de estudo que corresponde a uma porção de planície fluvial que bordeja a calha do riacho Martinho, possui drenagem imperfeita e em épocas de chuvas torrenciais pode causar alagamento constituindo numa limitação. Estas equivalem as APPs, e do ponto vista social são protegidas conforme legislação ambiental, enquanto, do ponto vista da discussão natural são componentes do meio ambiente e apresenta importantes funções ecológicas.

Por sua vez, as planícies fluviais as quais possuem delimitações legais, assim sendo uma parte delas áreas de preservação permanente (APP), desta forma apresentam um bom potencial hidrogeológico, pois é constituída de material permoporoso. Entretanto, cabe destacar que esse fator pode torna-se limitante, haja vista a facilidade de contaminação do recurso hídrico e do solo, principalmente, com a retirada da vegetação.

Assim, a APP do riacho Martinho reflete toda problemática ambiental urbana percebida em Fortaleza, esta apresenta um histórico de alteração/supressão dos componentes bióticos e abióticos. Insere-se em um contexto de urbanização desordenada que exibe grandes alterações na paisagem natural.

Cabe salientar que as APPs possuem papel fundamental na perpetuação da biodiversidade e de abastecimento hídrico, além de se apresen-

tar como um importante mecanismo na melhoria da qualidade do ar, na regulação das médias térmicas e para redução dos casos de alagamentos em áreas urbanas.

Assim, conforme legislação ambiental, mais precisamente, o novo Código Florestal (Lei 12.651 de 2012), a APP do riacho Martinho foi delimitada em 50 m de largura. Essa delimitação foi seguida em todo o trabalho de campo, onde se evidenciou o descumprimento da lei citada.

Uma informação importante em relação a área de estudo, refere-se ao fato de que os bairros Parque Dois Irmãos e Passaré estão inseridos na Zona de Requalificação Urbana 2 (ZRU 2), que compõe o macrozoneamento urbano, conforme o Plano Diretor Participativo de Fortaleza (PDPFor) (SOUZA *et al*, 2009). A ZRU 2 é caracterizada pela insuficiência ou precariedade da infraestrutura e dos serviços urbanos como, por exemplo, de saneamento ambiental, carência de equipamentos e espaços públicos. Assim, também, percebe-se uma dificuldade em relação as condições de habitabilidade, acessibilidade e mobilidade (FORTALEZA, 2009).

Verifica-se que o PDPFor tem ainda alguns objetivos, como promover a integração e a regularização urbanística e fundiária dos núcleos habitacionais de interesse social e conter a ocupação urbana em áreas ambientalmente sensíveis e de interesse ambiental. Para alcançar os objetivos previstos no PDPFor, ocorrerá pelos estudos ambientais (EA), instrumentos de regularização fundiária e Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) (FORTALEZA, 2009).

Destaca-se que na área de estudo, parte da população que é carente sofre com a falta de serviços públicos que ainda é deficiente, é excluída dado o baixo poder aquisitivo em adquirir moradia, pois estas áreas muitas vezes são absorvidas pela especulação imobiliária, nos quais, já se têm o direcionamento ao público consumidor. Isso faz com que a população carente ocupe áreas consideradas de risco para a construção de edificações.

Para tanto, através do trabalho de campo verificou-se nas áreas mais afastadas das APPs a construção de casas de alto padrão (condomínio de luxo com piscina, campo de futebol e construída com material diferenciado). Este fator representa uma tendência dentro do processo de especulação imobiliária.

O mapeamento do uso e ocupação em conjunto ao trabalho de campo revelou também (Mapa 01), a predominância de áreas residenciais, em sua maioria residências planas, no entanto, já se percebe nas proximidades da APP do riacho Martinho a instalação e operações de condomínio verti-

cais com até um (1) andar. Destaca-se a área mapeada como solo exposto, essa foi verificada *in loco* e constatada como área destinada à construção de novas edificações. Em alguns condomínios verificou-se canalizações de esgoto para o riacho Martinho.

Ainda no contexto do sítio urbano em que se insere a APP, observa-se a mata ciliar do riacho Martinho, essa em muitos pontos foi suprimida e hoje é ocupada por vegetação secundária (espécies rasteiras). Verificou-se a presença de uma *Copernicia prunifera* (Carnaúba), espécie considerada bioindicadora de planícies fluviais (Figura 1), além de indicar que existia uma vegetação de maior porte e que foi suprimida ou alterada com presença de espécies invasoras. A retirada da vegetação tem contribuído para o assoreamento do riacho e formação de bancos de areias que contribuem para o desvio do curso ou alagamentos em períodos chuvosos.

Figura 1: Presença de Carnaúba na planície fluvial do riacho Martinho.
Fonte: Acervo particular do autor.

Outro problema identificado na área de estudo, corresponde ao despejo de resíduos residenciais, orgânicos ou inorgânicos na APP do riacho Martinho (Figura 2). Constatou-se ainda a ocorrência de queimadas que prejudicam a vegetação e o solo e a emissão de particulados para a atmosfera. Verificaram-se ainda despejos de dejetos sem tratamento adequado, portanto, percebe-se a negligência na atitude, dos hábitos, do descaso da população local e da administração pública.

Figura 2: Resíduos Sólidos despejados de forma incorreta no riacho Martinho.
Fonte: Acervo particular do autor.

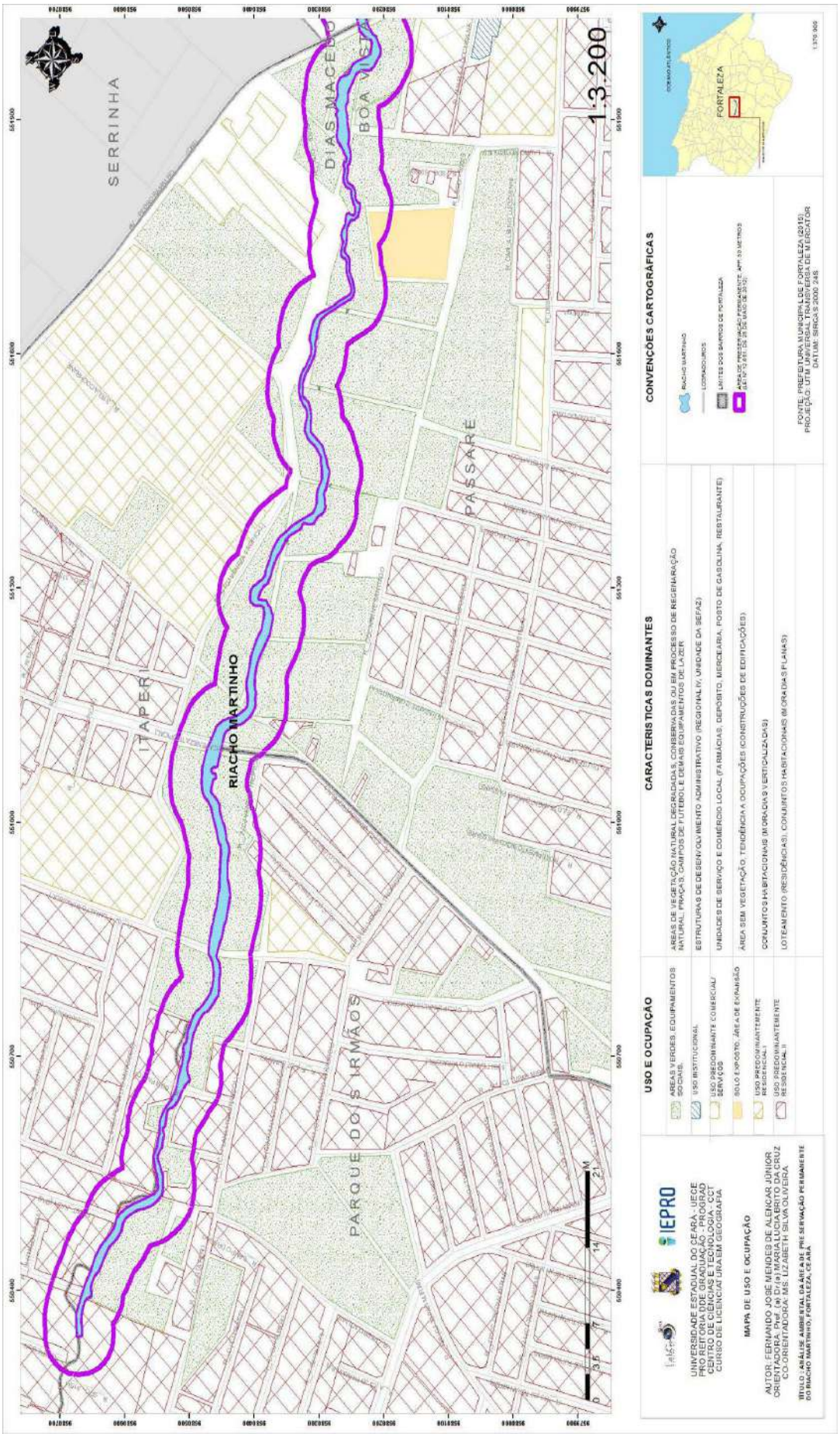
Por fim, a porção mapeada das áreas verdes demonstrou-se expressiva dentro do contexto da preservação ambiental, verificou-se áreas com vegetação natural degradada ou conservada e/ou em processo de regeneração natural. Entretanto, em alguns pontos constatou-se o uso dessas áreas para equipamentos de esporte e lazer (campo de futebol, praças e áreas de recreação).

De um modo geral, a expressividade das áreas verdes nos bairros contemplados na pesquisa revela a possibilidade de conservação ambiental adequada, caso haja medidas apropriadas com base nas especificações locais (ao nível bairro). Isto é, embora alguns pontos da APP estejam de fato ocupados, existem outros argumentos sociais que integram o estado atual de ocupação (direito à moradia e a propriedade).

Contudo, compreende-se a influência negativa das atividades socioeconômicas sobre o sistema ambiental, da planície fluvial do riacho Martinho, embora protegida por lei, não há necessidade física de demarcação. Por fim, toda investigação se deu a partir da avaliação da capacidade de suporte do meio que comprovadamente demonstrou as fragilidades na área de interesse. Logo, foi evidenciado elementos justificadores da ocupação irregular existente no local, desde as consequências para a população até a degradação do ambiente.

Ao longo do percurso o riacho Martinho, verificou-se os mais diversos usos e intervenções, haja vista o grande adensamento urbano no bairro. Entre as intervenções nos moldes econômicos, têm-se instalações dos galpões de armazenamento de materiais, dos mais diversos automotores e didáticos, de propriedades do governo municipal e áreas de práticas de lazer.

Por fim, pode-se dizer que apesar da degradação ambiental e o descumprimento da Lei constatado na APP do riacho Martinho, a capacidade de suporte não foi ultrapassada, haja vista, a possível reversibilidade que pode surgir a partir de uma gestão adequada. Entretanto, cabe salientar que o sistema ambiental se apresenta vulnerável dado ao modo de uso e ocupação, e caso não sejam tomadas medidas adequadas poderá tender a um desgaste ambiental.


SERRINHA
DIAS MACEDO
BOA VISTA
ITAPERI
RIACHO MARTINHO
PASSARÉ
PARQUE DOS IRMÃOS
1:3.200
FORTALEZA
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS
RIACHO MARTINHO
LOGRADOUROS
LIMITES DOS BAIRROS DE FORTALEZA
FONTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA (2015)
PROJEÇÃO: UTM UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM: SIRGAS 2000 24S
CARACTERISTICAS DOMINANTES
AREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL DEGRADADAS, CONSERVADAS OU EM PROCESSO DE REGENERAÇÃO NATURAL, PRAIAS, CAMPOS DE LITORAL E DEMAIS EQUIPAMENTOS DE LAZER
ESTRUTURAS DE DESENVOLVIMENTO ADMINISTRATIVO (REGIONAL IV, UNIDADE DA SEFAZ)
UNIDADES DE SERVIÇO E COMÉRCIO LOCAL (FARMÁCIAS, DEPÓSITO, MERCEARIA, POSTO DE GASOLINA, RESTAURANTE)
AREA SEM VEGETAÇÃO, TENDÊNCIA A OCUPAÇÕES (CONSTRUÇÕES DE EDIFICAÇÕES)
CONJUNTOS HABITACIONAIS (MORADIAS VERTICALIZADAS)
LOTEAMENTO (RESIDÊNCIAS), CONJUNTOS HABITACIONAIS (MORADIAS PLANAS)
USO E OCUPAÇÃO
ÁREAS VERDES, EQUIPAMENTOS SOCIAIS
USO INSTITUCIONAL
USO PREDOMINANTE COMERCIAL/ SERVIÇOS
SOLO EXPOSTO, ÁREA DE EXPANSÃO
USO PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL I
USO PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL II
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ - UECE
PRO REITORIA DE GRADUAÇÃO - PROGRAD
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA
MAPA DE USO E OCUPAÇÃO
AUTOR: FERNANDO JOSE MENDES DE ALENCAR JÚNIOR
ORIENTADORA: Prof. (a) Dr (a) MARIA LUCIA BRITO DA CRUZ
CO-ORIENTADORA: MS. LIZABETH SILVA OLIVEIRA
TÍTULO: ANÁLISE AMBIENTAL DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIACHO MARTINHO, FORTALEZA, CEARÁ

4. Considerações Finais

A pesquisa possibilitou a caracterização total da área de preservação permanente do riacho Martinho, considerando os três bairros em seu entorno (Itaperi, Parque Dois Irmãos e Passaré), onde foram definidas classes de uso e ocupação da área: Áreas Verdes, Residências planas, Residências Verticais, Solo exposto, Uso institucional, para a compreensão das intervenções ao longo da planície fluvial do riacho Martinho.

No referido estudo foi elencado ainda as problemáticas ambientais, como os resíduos sólidos em local proibido (orgânicos ou inorgânicos); as queimadas nas margens do riacho ocasionadas pelos moradores do bairro; o assoreamento do riacho Martinho, que acarretou na perda da profundidade do mesmo; a identificação de espécies invasora, proibida pelo próprio município e a presença de resíduos na calha do riacho.

Evidenciou-se que a partir da avaliação da capacidade de suporte em determinados pontos o sistema ambiental não apresenta disponibilidade para a sua ocupação ou qualquer intervenção em decorrência do seu grau de vulnerabilidade. Na susceptibilidade, identificou-se ainda, a tendência de ocupação da área, o que reafirma o desrespeito à legislação vigente.

Desta forma, a fragilidade ambiental se acentua de forma gradativa às intervenções socioeconômicas danosas ao local, fornecendo elementos favoráveis à degradação do ambiente, muitas vezes, conflitante quando no desrespeito a necessidade humana de moradia e a necessidade ambiental de preservação permanente como é o caso das APPs, tudo isso demonstra a importância do conhecimento em relação da capacidade de suporte dos sistemas ambientais ao planejamento urbano com vistas à sustentabilidade.

Na mesma perspectiva, a referida pesquisa está aquém de exaurir a temática, pois a dinâmica da APP urbana é acumulativa e está em constante movimento, dessa forma acredita-se que esta pesquisa poderá subsidiar novas pesquisas que abordem o riacho Martinho.

5. Referências

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº. 369 de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental. Brasília, DF, 2006.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº. 303 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, DF, 2002.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA. Nº 303, 20 de março de 2002**. DF 2010.

BRASIL. **Legislação**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br. Acesso em 30 Jun de 2016

CEARÁ. IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. (IPECE). **Ceará em Mapas**. 2007. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/1.2.4_classes_de_solos.pdf. Acesso em: 05 maio 2016.

FREIRES, Eduardo Viana et al. Análise socioambiental do entorno do estuário do Rio Cocó–Fortaleza/Ceará. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1487-1511, 2014

FORTALEZA. **Inventário Ambiental de Fortaleza**. Diagnóstico, versão final. Prefeitura Municipal de Fortaleza–PMF/SEMAM, 2003.

IPECE. **Distribuição Espacial da Renda Pessoal 2012**, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará, 2012.

MACHADO, Pedro José de Oliveira. Capacidade, Suporte e Sustentabilidade Ambiental. **Geosul**, Santa Catarina, v. 14, n. 27, p. 122-127, jan. 1999.

LIMA, Luiz Cruz; MORAIS, Jáder Onofre de; SOUZA, Marcos José Nogueira de. Compartimentação territorial e a gestão regional do Ceará. Funece, 2000.

OLIVEIRA, L. S. **Preservação e conservação no semiárido cearense: o contexto do município de Aiuaba – Ceará, Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOUZA, Marcos Jose Nogueira de et al. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo–PDPFor. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza**, p. 172, 2009.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, Vládia Pinto Vidal de. Análise ambiental–uma prática da Interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. **REDE-Revista Eletrônica do Prodem**a, v. 7, n. 2, 2011.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; SANTOS, Jader de Oliveira; OLIVEIRA, Vládia Pinto Vidal de. Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu - Ceará. **Continente,** Rio de Janeiro, p. 121-143, dez. 2012.

Utilização do Método WTF para Estimativa de Recarga do Aquífero Alter do Chão: Estudo de Caso de um Poço de Monitoramento na Área Urbana de Manaus

Wallace de Farias Simas [1]
Francielen Alves Pereira [2]
Neliane de Sousa Alves [3]

Resumo: O estudo foi realizado com dados de poço de monitoramento, código n°1300005280 pertencente a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS), criada e operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Utilizando dados do posto pluviométrico de código 359005 obtidos do monitoramento hidrológico da Agência Nacional das Águas e Saneamento (ANA) por meio da HIDROWEB, ambos localizados na área urbana da cidade de Manaus, AM. Para a geração dos dados foi utilizado a planilha de cálculos *Estimation de La Pluie Efficace et de La Recharge* (ESPERE), um aplicativo Microsoft Excel de métodos múltiplos para estimar a recarga de aquíferos, que para o seu funcionamento foi necessária a instalação do plug-in *Statistical Software for Microsoft Excel* (XLSTAT), um software usado para análises de dados estatísticos dentro do Microsoft Excel. O método escolhido para análise de recarga do aquífero foi o método WTF (*Water Table Fluctuation*), que calcula mais facilmente a recarga a partir do registro das variações sazonais do nível d'água (NA) e precipitação. O resultado da precipitação total anual foi de 1829,4 mm, obtendo-se a recarga do aquífero de 712.00 mm, o que corresponde a 39% do total precipitado. A compreensão das flutuações do nível de água ao longo do ano e a disponibilidade de água subterrânea na Amazônia é essencial para direcionar ações governamentais dos gestores e decisões políticas para o desenvolvimento da governança dos recursos hídricos explotados no Aquífero Alter do Chão, identificado como principal fonte de água para os diversos usos na cidade de Manaus.

Palavras-chave: WTF; Água Subterrânea; Recursos Hídricos.

1 Universidade do Estado do Amazonas – Discente do Programa de Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-PROFÁGUA-wdfs.mgr19@uea.edu.br.

2 Universidade do Estado do Amazonas – Discente do Programa de Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos PROFÁGUA-fap.mgr19@uea.edu.br.

3 Universidade do Estado do Amazonas – Docente do Programa de Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos PROFÁGUA-nsalves@uea.edu.br.

Abstract: The study was conducted with data from the monitoring well, code n°1300005280 belonging to the Integrated Network for Groundwater Monitoring (RIMAS), created and operated by the Geological Service of Brazil (CPRM). Using data from the rainfall station code 359005 obtained from the hydrological monitoring of the National Agency for Water and Sanitation (ANA) through HIDROWEB, both located in the urban area of the city of Manaus, AM. For data generation the Estimation de La Pluie Efficace et de La Recharge (ESPERE) spreadsheet was used, a Microsoft Excel multi-method application for estimating aquifer recharge, which for its operation required the installation of the plug-in Statistical Software for Microsoft Excel (XLSTAT), a software used for statistical data analysis within Microsoft Excel. The method chosen for aquifer recharge analysis was the WTF (Water Table Fluctuation) method, which calculates recharge more easily from the record of seasonal variations in water level (NA) and precipitation. The result of the total annual precipitation was 1829.4 mm, giving the aquifer recharge of 712.00 mm, which corresponds to 39% of the total precipitation. The understanding of water level fluctuations throughout the year and the availability of groundwater in the Amazon is essential to direct governmental actions of managers and political decisions for the development of governance of water resources exploited in the Alter do Chão Aquifer, identified as the main source of water for various uses in the city of Manaus.

Keywords: WTF, Groundwater, Water Resources.

1. Introdução

A água subterrânea pode ser entendida como sendo a água presente no subsolo, em que os poros estão saturados de água (COLLISCHONN; DORNELES, 2015). Os aquíferos, normalmente são constituídos por formações geológicas com suficiente permeabilidade e porosidade interconectados para permitir o armazenamento e transmissão de quantidades significativas de água naturalmente sobre gradientes hidráulicos naturais. (DUARTE; LOCATELLI; FILHO, 2018).

Na região amazônica, a utilização da água subterrânea é de fundamental importância, diferente do que se imagina, sendo muito mais utilizada do que a água superficial, devido principalmente a facilidade de obtenção em boa parte das áreas urbanas, e por ter pouca profundidade está passível a riscos de contaminação por diversas fontes oriundas do uso múltiplo dessa água.

O estudo foi realizado com dados de poço e posto pluviométrico localizado na área urbana da cidade de Manaus, AM. A cidade é abastecida pelo Aquífero Alter do Chão, que abriga o mais importante sistema aquífero do Brasil. (CPRM, 2012)

Na cidade de Manaus existem cerca de 15 mil poços, com profundidade que variam entre 10 a 240 m, e diversos poços que não possuem a proteção necessária no seu entorno contra a infiltração de poluentes. A existência de postos de combustíveis, lixões, cemitérios e a falta de tratamento da rede de esgoto sanitário, representam fontes de contaminação (CPRM, 2012).

Diante do uso da água subterrânea no município é necessário compreender as taxas de recarga para a devida gestão dos recursos hídricos, para assim evitar determinados conflitos que existem ou possam vir a existir.

Neste caso, na análise que é feita na área urbana de Manaus, onde os impactos das variações interanuais sobre o comportamento dos aquíferos freáticos não é de todo conhecido, principalmente pela baixa densidade da malha de monitoramento e o curto período das observações climatológicas e hidrológicas, se faz importante.

Para o estudo, foi utilizado o método WTF (*Water Table Fluctuation*), que calcula mais facilmente a recarga a partir do registro das variações sazonais do nível d'água (NA) e da precipitação.

Neste contexto, o monitoramento das águas subterrâneas constitui uma ferramenta importante para o entendimento da dinâmica e gestão do aquífero (BRITO, *et al.*, 2020, p. 40).

2. Metodologia

O Aquífero Alter do Chão possui propriedades de aquífero livre e confinado e está inserido na Região Hidrográfica do Amazonas, ocupando uma área de 312.574 km^2. Na cidade de Manaus ele apresenta-se com uma espessura média de 160m e com profundidade média de aproximadamente 30m. O fluxo principal das águas subterrâneas está no sentido de nordeste para sudoeste, com uma velocidade muito pequena de 2 cm/dia. A parte superior é constituída por um aquífero livre e a parte inferior por aquíferos confinados, com espessuras médias de 50 m para o aquífero livre e 430 m para os aquíferos confinados. (CPRM, 2012)

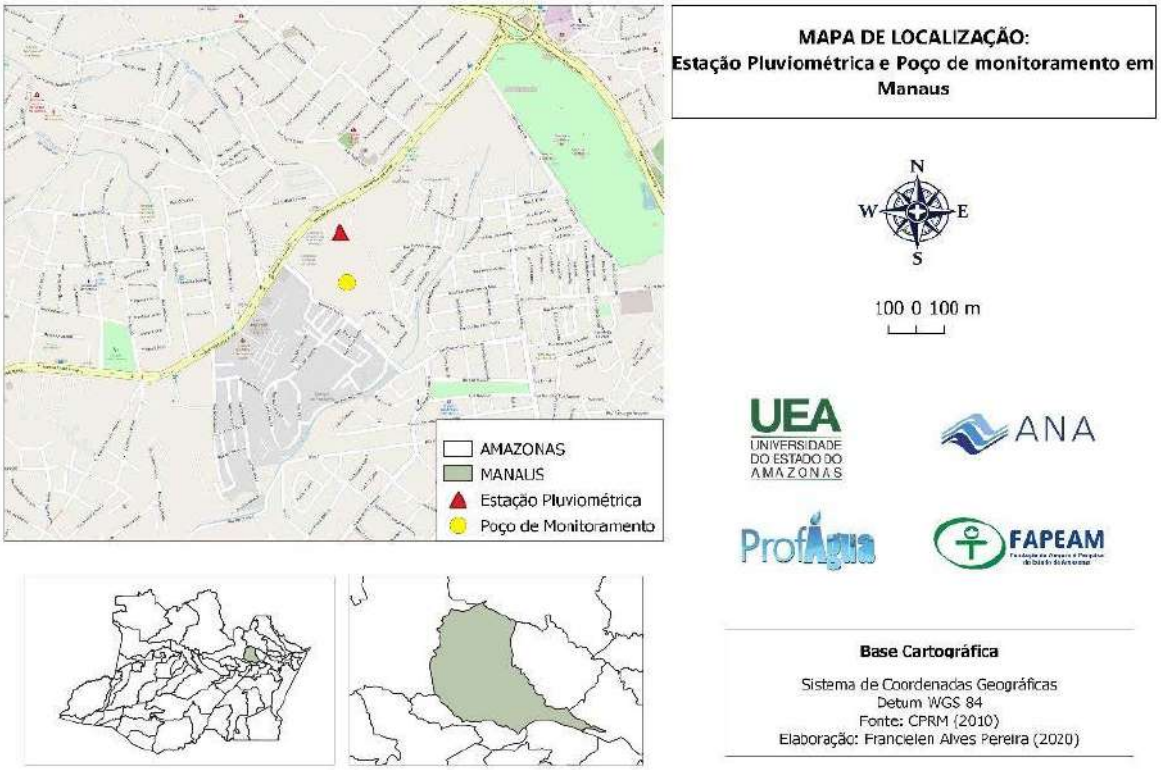


Figura 1. Mapa de localização da estação pluviométrica e poço de monitoramento selecionados para o estudo no bairro Petrópolis, cidade de Manaus-AM.
Fonte: Os autores (2020)

A recarga natural da água subterrânea depende de parte da chuva precipitada, que se infiltra e é armazenada no aquífero. Para estimar a recarga de um aquífero é necessário a utilização de métodos específicos e recolhimento de dados, e para este estudo foram necessários dados de monitoramento de nível d'água e dados pluviométricos.

Os dados de monitoramento do nível d'água foram obtidos da Rede Integrada de Monitoramento Águas Subterrâneas CPRM-SUREG/MA através do posto PT – 01 (Código: 1300005280) localizado na zona urbana do Município de Manaus no bairro de Petrópolis. É um poço equipado com medidor automático de nível, localizado nas coordenadas 03.0606S / 595939W.

Os dados pluviométricos foram obtidos do monitoramento hidrológico da Agência Nacional das Águas e Saneamento (ANA) por meio da HIDROWEB. A estação pluviométrica de código 359005 está localizada próxima ao poço selecionado para o estudo se observa no mapa de localização (Figura 1) sob as coordenadas 3.1S / 59.9944W. Foram selecionados os dados diários de séries temporais da precipitação para o ano de 2018, este ano foi escolhido por apresentar dados mais completos de monitoramento para o poço.

Para a geração dos dados foi utilizado a planilha de cálculos *Estimation de La Pluie Efficace et de La Recharge* (ESPERE), um aplicativo Microsoft Excel de métodos múltiplos utilizado para estimar a recarga de aquíferos. Para seu funcionamento foi necessária a instalação do plug-in *Statistical Software for Microsoft Excel* (XLSTAT), um software usado para análises de dados e estatísticas dentro do Microsoft Excel.

O método utilizado na planilha do ESPERE foi o método de flutuação do lençol freático WTF (*Water Table Fluctuation*). O procedimento simples usado pelo ESPERE consiste em somar o aumento do lençol freático em um ano e multiplicar por *Sy*, (DELIN e HEALY, 2007), ele está baseado na seguinte equação:

$$\Delta S^{gw} = R = S\,y\,\Delta H/\Delta t$$

Onde o ΔS^{gw} representa a variação do armazenamento de água, o R é a recarga do aquífero, Sy é o rendimento específico do aquífero, o ΔH representa a elevação do nível freático e o Δt, o intervalo de tempo.

O Método WTF é importante pois baseia-se em medições dos níveis freáticos em poços de monitoramento por um período de tempo pré-determinado. Fundamenta-se na premissa de que as alterações no nível freático estão relacionadas com as mudanças na quantidade de água armazenada no aquífero, considerando que a água precipitada, após percolar no solo, atinge o nível freático. (BAUM. et al. 2018. p.86)

Com os dados coletados foi possível realizar a estimativa da recarga no período entre 01 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2018.

3. Resultados e Discussão

Os dados do poço 1300005280 sistematizados a seguir são disponibilizados pela Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS), criada e operada pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM). A data de instalação do poço ocorreu em 09/11/2010, não possuindo uso da água, servindo apenas para monitoramento.

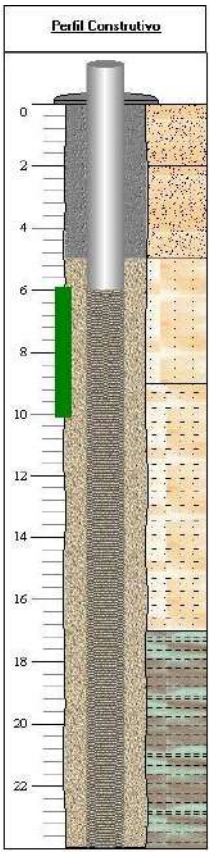


Figura 2: Perfil construtivo do poço 1300005280
Fonte: CPRM (2020)

Como se observa no perfil construtivo do poço (figura 2), possui profundidade final de 24 m, até 5 m é composto em sua litologia de areia argilosa com granulometria fina, arenito médio de coloração amarelo alaranjada até 9 m, arenito argiloso de coloração rósea até 17 m e na parte mais profunda até 24 m possui argilito arenoso de coloração avermelhada.

As análises químicas da água do poço indicam condutividade Elétrica de 37,00µS/cm, temperatura de 27,5 Cº e pH de 5.10. Os demais parâmetros químicos são apresentados na figura 3.

Parâmetro:	Concentração:	Unidade:
Aluminio (Al)	0.123	mg/L (ppm)
Arsenio (As)	0	mg/L (ppm)
Berilo (Be)	0	mg/L (ppm)
Bicarbonato (HCO3)	0	mg/L (ppm)
Boro (B)	0.1	mg/L (ppm)
Calcio (Ca)	4.04	mg/L (ppm)
Carbonato (CO3)	0	mg/L (ppm)

Parâmetro:	Concentração:	Unidade:
Cadmio (Cd)	0	mg/L (ppm)
Cloreto (Cl)	2.481	mg/L (ppm)
Cromo (Cr)	0	mg/L (ppm)
Cobre (Cu)	0	mg/L (ppm)
Dureza permanente	14.9	mg/L (ppm)
Dureza temporária	0	mg/L (ppm)
Dureza total	15	mg/L (ppm)
Fluoretos (F)	0.00435	mg/L (ppm)
Ferro total (Fe)	0.2046	mg/L (ppm)
Mercúrio (Hg)	0	mg/L (ppm)
Potássio (K)	0.2253	mg/L (ppm)
Magnésio (Mg)	0.7392	mg/L (ppm)
Manganês (Mn)	0.01	mg/L (ppm)
Sódio (Na)	0.8679	mg/L (ppm)
NH3N	0.013	mg/L (ppm)
Níquel (Ni)	0.01	mg/L (ppm)
Nitritos (NO2)	0.007	mg/L (ppm)
Nitratos (NO3)	7.89	mg/L (ppm)
Chumbo (Pb)	0.002	mg/L (ppm)
PO4	0	mg/L (ppm)
Selênio (Se)	0.005	mg/L (ppm)
Sulfato (SO4)	6.178	mg/L (ppm)
Zinco (Zn)	0.01	mg/L (ppm)
Bário (Ba)	0	mg/L (ppm)
Cobalto (Co)	0	mg/L (ppm)
Estanho (Sn)	0	mg/L (ppm)
Estrôncio (Sr)	0.019	mg/L (ppm)
Lítio (Li)	0	mg/L (ppm)
Titânio (Ti)	0	mg/L (ppm)
Vanádio (V)	0.005	mg/L (ppm)
Molibdênio (Mo)	0	mg/L (ppm)
Antimônio (Sb)	0	mg/L (ppm)
Silício (Si)	1.3231	mg/L (ppm)
Bromo (Br)	0	mg/L (ppm)

Figura 3. Resultado analítico da última coleta em dezembro de 2019 do poço 1300005280
Fonte: CPRM (2020)

A figura 4 mostra os dados de precipitação dispostos mensalmente no ano de 2018. O acúmulo dos meses deu um total anual de 1829,4 mm de precipitação.

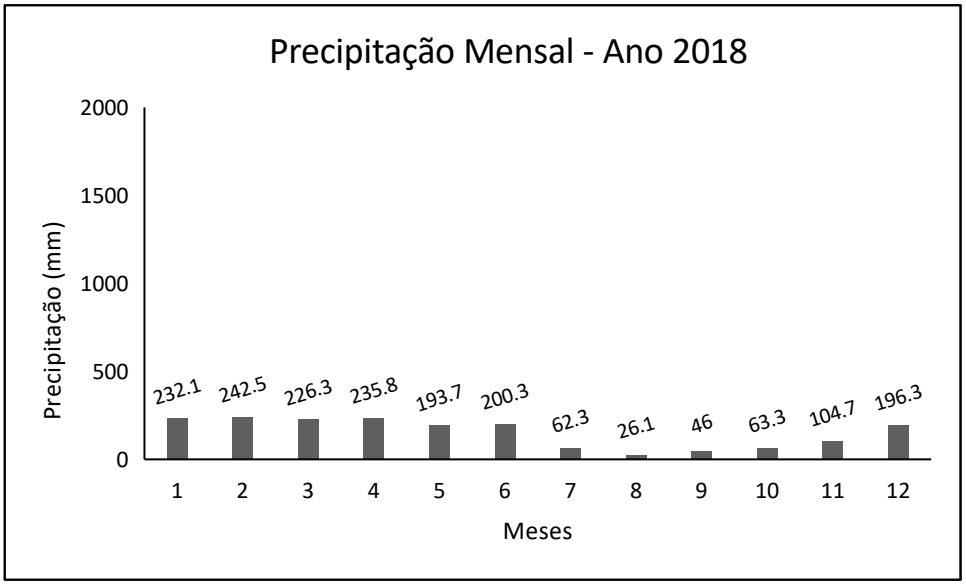


Figura 4. Precipitação mensal do ano de 2018 no posto pluviométrico analisado.
Fonte: HIDROWEB (2020) Adaptado pelos autores.

Em Manaus, os meses da estação seca correspondem aos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro. Segundo Mascarenhas-Junior *et al* (2009), a precipitação na região central da Amazônia possui 2 períodos bem definidos; o período de cheia que vai de dezembro a maio com precipitação acima de 200mm e a seca, com precipitação menor que 200mm, que é verificada nos meses de junho a novembro. E ao observar o gráfico é perceptível que os períodos em que a precipitação tem as menores taxas são os meses de julho, agosto, setembro e outubro, novembro e aumentando à medida que os meses passam.

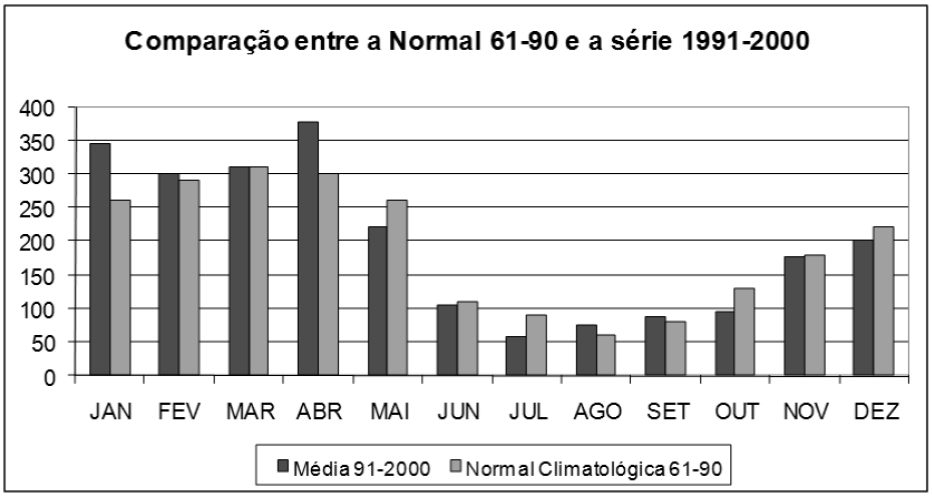


Figura 5. Comparação entre os valores da normal 1961-1990 e o sub período 1991-2000. Médias de precipitação para Manaus.
Fonte: Mascarenhas-Junior et al (2009)

A figura 5 relata as médias mensais de Precipitação de Manaus para o período 1961-1990 e série de 1991-2000 realizado por Mascarenhas-Junior et al (2009). O que se observa é a semelhança de plotação dos gráficos das figuras 4 e 5. Assim como observado na figura 4, os meses com menores precipitações são do segundo semestre do ano.

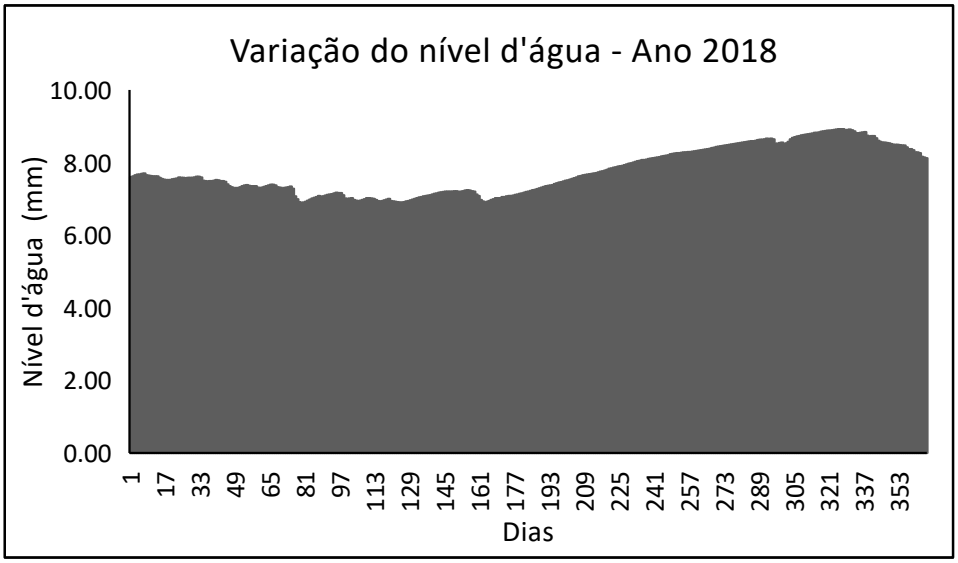


Figura 6. Nível d'água em 2018: dados diários do poço PT-1300005280
Fonte: CPRM (2020) Adaptado pelos autores.

Em relação ao nível de água, o gráfico da figura 6 plota os dados diários (365 dias) do poço de monitoramento da CPRM, com uma média de 7.75 mm no ano de 2018. O primeiro semestre do ano teve consideráveis taxas de precipitação.

Após cruzar os dados através do ESPERE, se obteve a recarga do aquífero (Figura 7) de 712.00 mm, que corresponde a 39% do total da precipitação para a série de 01 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2018.

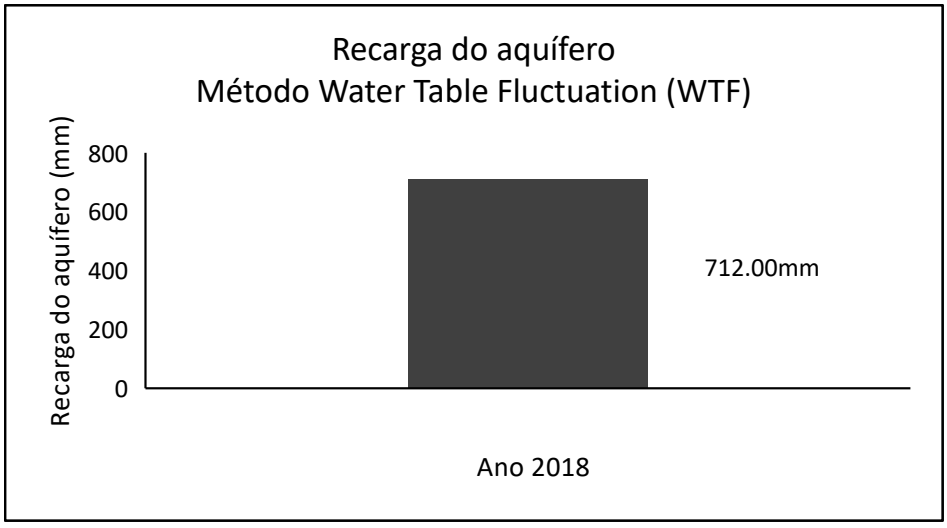


Figura 7. Recarga do aquífero Alter do Chão pelo método WTF para o ano de 2018.
Fonte: Os autores

4. Considerações Finais

Sobre o método WTF é bastante adequado para o trabalho que é baseado em relacionar as mudanças na elevação medida do lençol freático com as mudanças na quantidade do total precipitado água, principalmente se for combinado com o *software* ESPERE, os resultados são claramente compreendidos.

O resultado obtido de recarga do aquífero de 712.00 mm, correspondendo a 39% do total da precipitação para a série analisada no ano de 2018, podendo haver mudanças nos valores da recarga se também houver alterações na cobertura vegetal do lugar e diversas pressões urbanas como lançamentos de efluentes nas áreas do entorno do poço e ou adensamento populacional.

A devida compreensão das flutuações de longo ano na disponibilidade de água subterrânea na Amazônia é essencial para direcionar ações de governamentais dos gestores, resultando decisões políticas sérias, particularmente no uso excessivo da água subterrânea para o abastecimento urbano, para assim desenvolver-se a melhor governança dos recursos hídricos explotados no Aquífero Alter do Chão, identificado como sendo a principal fonte de água para os diversos usos no meio urbano na cidade de Manaus.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - PROFÁGUA, ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado.

6. Referências bibliográficas

BAUM, C. A. *et al*. **Aplicação do método wtf no estudo da variabilidade da recarga em aquífero urbano**. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 37, n. 1, p. 85 - 98, 2018.

BRITO, A. P. *et a*l. **Relação entre precipitação e recarga de águas subterrâneas na Amazônia Central**. Águas Subterrâneas. v. 34, n. 1, 2020.

COLLISCHONN, W; DORNELLES, CAPÍTULO 9 - ÁGUA SUBTERRÂNEA. *IN:* **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2ª ed. Porto Alegre: ABRH, 2015.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Alter do Chão no Estado do Pará. Bacia Sedimentar do Amazonas**. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, v. 7, 2012.

DELIN, G.N; HEALY, R.W; LORENZ, D.L; NIMMO, J.R. **Comparison of local-to-regional-scale estimates of ground-water recharge in Minnesota**, USA. *J. of Hydrology*. 334, 231-249. 2007.

DUARTE, M.L; LOCATELLI M; FILHO E.P.S. **Vulnerabilidade à contaminação do aquífero Alter do chão em sua área de afloramento no município de Itacoatiara/Am**. *ACTA Geográfica, Boa Vista,* v.12, n.30, set./dez. de 2018.

MASCARENHAS JUNIOR, T. A.; SARAIVA, J. M. B.; AGUIAR, F. E. O. **Comparação entre a Normal Climatológica 1961-1990 e o período 1991-2007 para a Precipitação na Cidade de Manaus - AM**. Revista brasileira de climatologia, v. 5, p. 165-176, 2009.

Atividade Geoturística em Quedas d'água: Potencialidades do Município de Castelo do Piauí, Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Poti, Piauí

Helena Vanessa Maria da Silva[1]
Cláudia Maria Sabóia de Aquino [2]
Francisco Wellington de Araújo Sousa [3]
Renê Pedro de Aquino[4]

Resumo: As quedas d´água são elementos fluviais da geodiversidade que podem ter valor patrimonial. Esses locais ao serem reconhecidos pela diversidade, beleza e excepcionalidades devem ser valorizados e ir ao encontro dos objetivos da prática do geoturismo, uma estratégia de geoconservação centrada no usufruto sustentável do geopatrimônio. Dessa forma, o estudo objetivou realizar inventário do potencial geoturístico de quedas d'água em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, situado no Nordeste do Estado do Piauí. A metodologia baseou-se em revisão bibliográfica pertinente ao tema, visitas de campo e trabalhos de gabinete. A pesquisa foi apoiada na ficha inventário adaptada de Oliveira (2015). Conclui-se que o uso dessas quedas d'água pelo geoturismo, além do lazer, pode proporcionar ao turista um entendimento de parte da história geológica e geomorfológica da região, e ainda da atuação de agentes erosivos no processo de esculturação da paisagem. Ressalta-se a necessidade de proceder ao planejamento e criar políticas públicas que regulamentem a atividade. Só assim será possível caminhar na direção de um turismo sustentável e atingir um dos propósitos principais do geoturismo que é a geoconservação.

Palavras-chave: Geoconservação; Cachoeira; Geoturismo.

1 UFC – helenavessa18@gmail.com
2 UFPI – cmsaboia@gmail.com
3 IFPI – wellingtongeo88@gmail.com
4 UESPI – rene.uespi@hotmail.com

Abstract: The waterfalls are fluvial elements of geodiversity that can have heritage value. These places, when recognized for their diversity, beauty and exceptional features, should be valued and meet the objectives of the practice of geotourism, a geoconservation strategy centered on the sustainable use of geopatrimony. Thus, the study aimed to carry out an inventory of the geotouristic potential of waterfalls in the middle course of the Poti River Hydrographic Basin, located in the Northeast of the State of Piauí. The methodology was based on literature review relevant to the topic, field visits and office work. The research was supported by the inventory form adapted from Oliveira (2015). It is concluded that the use of these waterfalls by geotourism, in addition to leisure, can provide tourists with an understanding of part of the geological and geomorphological history of the region, and also the role of erosive agents in the process of sculpting the landscape. It emphasizes the need to proceed with planning and create public policies that regulate the activity. Only then will it be possible to move towards sustainable tourism and achieve one of the main purposes of geotourism, which is geoconservation.

Keywords: Geoconservation; Waterfall; Geotourism.

1. Introdução

O Estado do Piauí apresenta inúmeras quedas d'águas que possuem grande potencial ao serem reconhecidas pela diversidade e beleza, que podem ser amplamente utilizadas em atividades turísticas (lazer e recreação) e educativas, tanto pelas suas aptidões, como pelo baixo risco de degradação. Alimentadas tanto por cursos d'água perenes, como intermitentes essas cachoeiras devem ser valorizadas e ir ao encontro dos objetivos da prática do geoturismo, um segmento turístico, baseado na valorização dos elementos da natureza, particularmente os abióticos, negligenciados muitas vezes pelo ecoturismo (SILVA; AQUINO; AQUINO, 2021b; SILVA; AQUINO; AQUINO, 2021c).

As quedas d'água, em especial, as cachoeiras, além da grande beleza cênica, são locais onde é possível visualizar os tipos litológicos, permitindo a interpretação e o entendimento dos processos formadores não só da geologia como da geomorfologia, sendo excelentes atrativos geoturísticos. Esses ambientes podem proporcionar aos turistas não apenas o "desfrutar" e contemplar os lugares, mas compreender sua origem e evolução (BENTO, 2014; SILVA; AQUINO; AQUINO, 2020).

No cenário atual, o geoturismo compõe um trinômio de grande relevância para o desenvolvimento sustentável, juntamente com a geoconservação e a geodiversidade que potencializam estratégias, propostas e linhas de pesquisa com o objetivo de contribuir para a conservação do patrimônio abiótico como um todo (EVANGELISTA; TRAVASSOS, 2014). Seus objetivos não são meramente contemplativos (recreação, lazer), é possível associar essa nova forma de turismo com a educação ambiental, apresentando também uma finalidade didática (aprendizado). O geoturismo estimula uma integração entre o turismo e a ciência (BENTO; RODRIGUES, 2009; SILVA; AQUINO; AQUINO, 2021a).

Diante da demanda por estudos acerca do geoturismo e temáticas afins e considerando a importância do conhecimento das paisagens para sua conservação, o presente estudo propôs-se a realizar inventário do potencial geoturístico de quedas d'água em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, situado no Nordeste do Estado do Piauí.

2. Metodologia

Para operacionalizar o estudo foi realizado inicialmente revisão bibliográfica referente à temática. Posteriormente, foram utilizados recursos dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) para a elaboração dos mapas. Nesta fase foram utilizados os bancos de dados (*shapefiles*), arquivos vetoriais da área de estudo (geologia, geomorfologia, hidrografia, limites, rodovias, etc) disponíveis no *site* da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil (CPRM), endereço eletrônico (www.cprm.gov.br/), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (www.ibge.gov.br/), no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (www.inpe.br/), entre outros. Para tanto se fez uso do *software Qgis* (código aberto) versão 2.8.1.

A pesquisa contou ainda com trabalho e coleta de dados em campo. Nesse sentido, a visita à área de estudo foi realizada nos dias 27 de outubro de 2019 e 24 de novembro de 2020. Foi utilizado um receptor GPS (*Global Position System*) para coleta de coordenadas. Além disso, foi feita uma observação direta com registros fotográficos e preenchimento de ficha inventário adaptada de Oliveira (2015), a qual é considerada adequada às áreas de qualquer dimensão.

2.1 Área de estudo

Com uma área total de aproximadamente 52.270 km², a bacia hidrográfica do rio Poti localiza-se entre as coordenadas 4°06' e -6°56' de latitude e -40°00' e -42°50' de longitude. Com uma extensão total de aproximadamente 550 km, o rio Poti corresponde ao segundo maior afluente da margem direita do rio Parnaíba, sendo classificado como um rio Federal, pois percorre espaços de dois estados brasileiros, Piauí e Ceará (LIMA, 2020).

Conforme Lima (2020), o trecho do médio curso do rio Poti tem início na borda soerguida da Bacia Sedimentar do Parnaíba, onde forma um planalto do tipo *cuesta*. A área total desse trecho é de "aproximadamente 34.080 km², representando cerca de 65% do total da bacia, onde o rio Poti percorre uma extensão aproximada de 250 Km, excluindo-se o trecho de litigio Piauí/Ceará, que é de cerca de 20 Km" (LIMA, 2020, p. 35).

Situado entre os municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, o trecho em estudo compreende uma área com 574 km², inserido no médio curso da bacia hidrográfica do rio Poti, região Centro-Norte do Estado do Piauí (Figura 1).

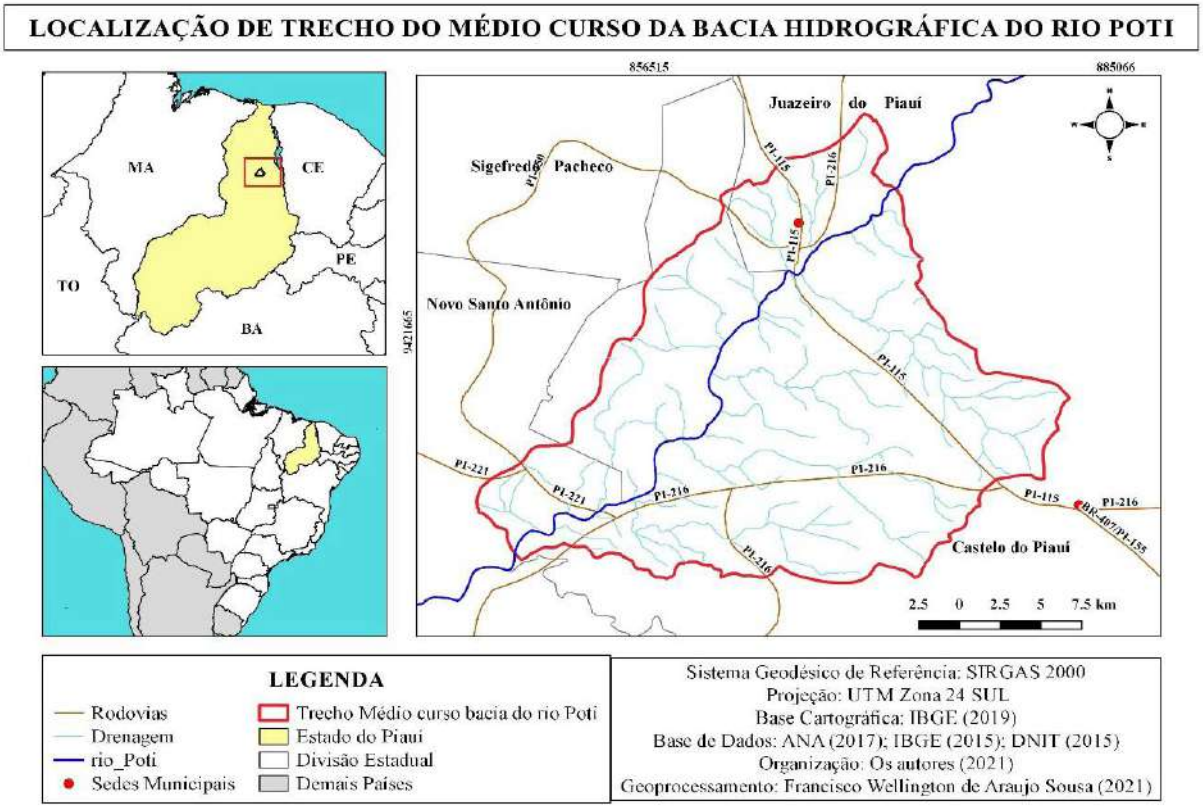


Figura 1 – Médio Curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, destaque para área de estudo
Fonte: Organizado pelos autores, 2021.

Nessa área existem pequenas bacias difusas de afluentes do rio Poti, sendo que os principais cursos de água correspondem o riacho da Palmeira, riacho do São Francisco e riacho da Sambaíba pelo lado esquerdo, enquanto o principal curso do lado direito compreende o riacho da Fazenda Velha.

Quanto às características geomorfológicas, destaca-se que a área em estudo apresenta altitudes que variam de 98 m a 325 m. Já a declividade se caracteriza por um relevo com classes que variam de plano a ondulado, com predomínio de uma topografia com declives planos.

3. Resultados e Discussão

3.1 Quedas d'água inventariadas no município de Castelo do Piauí, médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, Piauí

A partir da inventariação foram identificadas as seguintes quedas d'águas: Cachoeira das Arraias, Cachoeira dos Araçás e Cachoeira do Covão. A figura 2, a seguir, apresenta a localização das referidas quedas d'água.

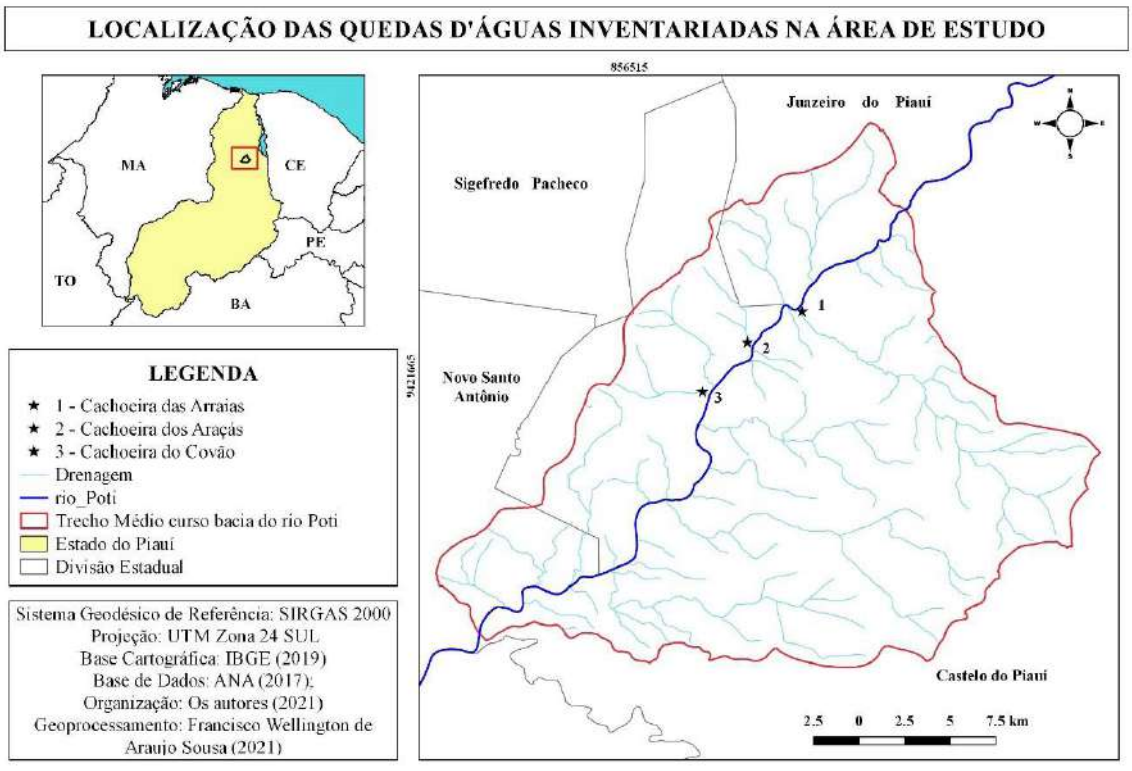


Figura 2 - Quedas d'águas inventariadas no município de Castelo do Piauí, médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, Piauí, Brasil

Fonte: Organizado pelos autores, 2021.

A seguir, será realizada a caracterização das quedas d'água, com base na ficha de inventário de Oliveira (2015).

Cachoeira das Arraias

Uma das belezas do Parque Municipal Pedra do Castelo o Complexo Cachoeira das Arraias localiza-se na comunidade das Barrocas (Figura 3). Situado entre as coordenadas geográficas: 05°11'30.7'' de latitude sul e 041°41'59.3'' de longitude oeste, a uma altitude de 164 m, o referido local dista a menos de 5 km da sede municipal.

Figura 3 - Cachoeira das Arraias no período de cheias. Fonte: Juscelino Reis, 2019.

Apresentando duas quedas d'água majestosas de aproximadamente 20 m de altura, as águas da cachoeira são formadas pelo riacho da Palmeira, afluente do rio Poti. As volumosas águas formam um grande poço para banho que na época das chuvas (janeiro até abril), chega a ter 10 m de profundidade.

Com visibilidade moderada posto a presença de árvores e arbustos o local apresenta fácil acesso, feito por estrada carroçável que leva até menos de 50 metros do local. No entanto, para descer até a parte de baixo é necessário passar por uma trilha bem curta, bem íngreme usando uma escada de madeira que viabiliza o acesso.

Divulgado e usado como interesse paisagístico (lazer e turismo), o local apresenta pequena cascata que dura o ano inteiro, por isso, pode-se encontrar piscinas naturais que se formam na cachoeira e tem água em qualquer período do ano. O local apresenta assim valores didático, tu-

rístico, ecológico, estético e econômico elevado, os principais interesses geológico/geomorfológicos observados são: descontinuidades erosivas (erosão diferencial), fraturamentos/falhamentos, relevo ruiniforme e intemperismo físico, químico e biológico. Têm-se ainda o processo de corrosão com a formação de marmitas provocada pela erosão hídrica e também ação do intemperismo físico que pode ser evidenciado nas rochas pela presença de fraturas ocasionadas pela variação de temperatura e outras intempéries

No local ainda é possível visualizar um belo mirante em estrutura sedimentar com vista panorâmica para o vale o rio Poti que apresenta singularidades do ponto de vista geológico/geomorfológico que permitem interpretar processos geomorfológicos como a relação Topo/Vertente (Figura 4).

Figura 4 - Mirante das Arraias, Complexo Cachoeira das Arraias. Fonte: Juscelino Reis, 2021.

Apresentando bom estado de conservação, com gestão pelo poder público e com proteção ainda que insuficiente, apresenta assim, poucas deteriorações, as suscetibilidades observadas são principalmente de ordem natural.

Cachoeira dos Araçás

O Complexo Cachoeira dos Araçás localiza-se nas coordenadas 05°12'26.1'' de latitude sul e 041°43'35.8'' de longitude oeste e possuí 163 metros de altitude. Pertencente à propriedade privada, localidade Lagoa do Barro, o local está assentado sobre as rochas da Formação Cabeças (que reúne arenito, conglomerado e siltito) e encontra-se cercado. É possível observar corredeiras, quedas d'água em degraus onde a queda principal mede aproximadamente 5 metros de altura (Figura 5).

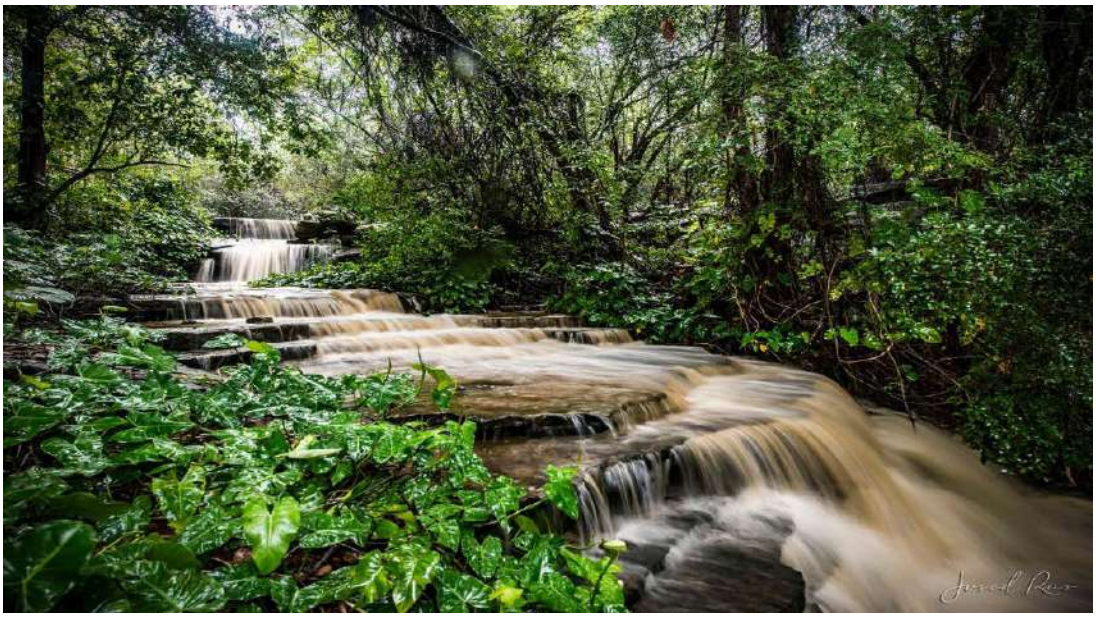


Figura 5 - Complexo Cachoeira dos Araçás no período chuvoso (de cheias).
Fonte: Fonte: Juscelino Reis, 2021.

O referido local apresenta boa visibilidade e acessibilidade. Além dessa cachoeira no complexo, ainda pode ser encontrado outras importantes quedas d´águas, como a Cachoeira dos Pilões e nascentes surgentes de água, como o Olho d'água matinhas (Figura 6A e 6B).

Figura 6 - Detalhes do Complexo Cachoeira dos Araçás. A - Cachoeira dos Pilões período de estiagem; B - Nascentes surgentes de água (Olho d'água matinhas) .Fonte: Pesquisa direta, 2020.

De fácil acessibilidade, visto que o mesmo é feito por estrada carroçável a todo terreno, o local dista a menos de 10 km da sede do município. Apresentando grande beleza cênica, os valores didático, ecológico, turístico, econômico e estético são elevados. Divulgado e usado como local de interesse paisagístico (lazer), as infinitas corredeiras revelam grande beleza cênica, permitindo possível discutir o trabalho da erosão diferencial, estratificação de rochas, fraturamento e falhamentos em rochas, etc. No local ainda pode-se encontrar piscinas naturais que se formam nas cachoeiras e tem água em qualquer período do ano.

Com proteção insuficiente e sem gestão pelo poder público, apresentando bom estado de conservação e deterioração fraca, as suscetibilidades identificadas são de ordem natural.

Cachoeira do Covão

Pertencente ao Parque Municipal Pedra do Castelo a Cachoeira do Covão está localizada em propriedade privada, localidade Brasileira, povoado Boa Esperança, zona rural do município, de modo que é preciso a autorização do proprietário do terreno para visitação. O mesmo localiza-se entre as coordenadas geográficas: 05°13'54.2'' de latitude sul e 041°44'55.2'' de longitude oeste, a uma altitude de 198 metros (Figura 7).

Banhada pelo riacho Caldeirão, afluente do rio Poti, o referido local está assentado em rochas da Formação Cabeças, Grupo Canindé, que reúne arenito, conglomerado e siltito. A referida cachoeira apresenta quedas d'água em degraus, parecendo uma escadaria com a água seguindo seu curso, apresenta sete quedas d'água, onde a principal é de aproximadamente 15 metros de altura.

Com boa acessibilidade e visibilidade moderada, o acesso é feito por estrada carroçável que leva até menos de 200 metros do local. Para descer até a parte de baixo é necessário passar por uma trilha bem curta e íngreme usando uma escada de madeira e cordas que viabilizam o acesso.

Agregando valor cultural a este local ainda é possível visualizar inúmeras gravuras rupestres, imagens gravadas em incisões na própria rocha, o que permite a discussão sobre povos primitivos, evidências históricas (arqueológicas) (Figura 8).

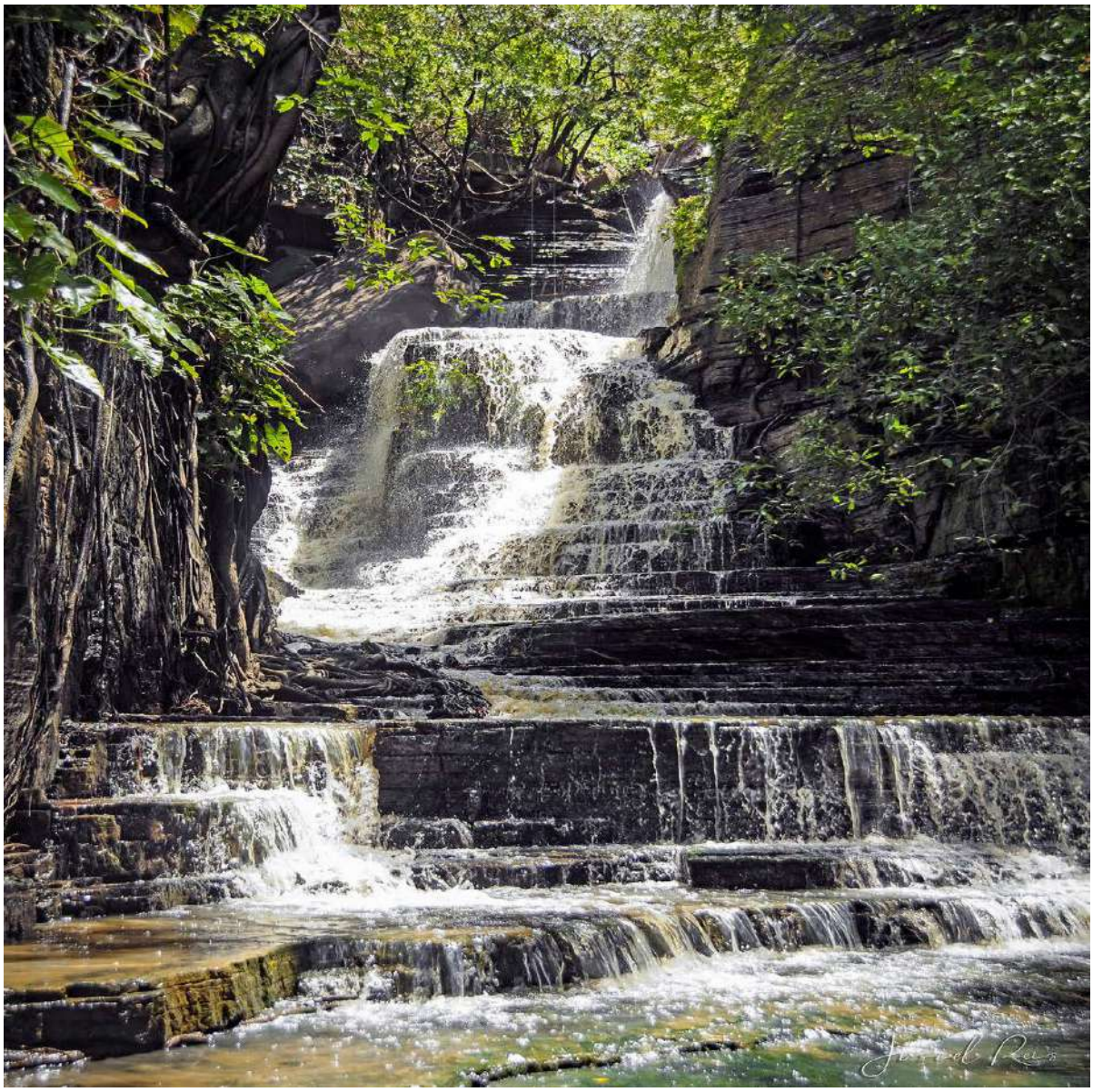


Figura 7 - Cachoeira do Covão no período de cheias .Fonte: Juscelino Reis, 2019.

Figura 8- Gravuras rupestres na Cachoeira do Covão
Fonte: Pesquisa direta, 2020.

Com valores científico, didático, turístico, ecológico, cultural, estético e econômico elevado o referido local é divulgado e usado como local de interesse paisagístico (lazer e turismo), os principais interesses geológico/geomorfológicos observados que podem ser discutidos são: erosão diferencial, erosão hídrica/fluvial a processos de corrasão com formações de marmitas estratificação, fraturamento e falhamentos em rochas.

Embora não seja gerido pelo poder público, apresenta bom estado de conservação. Com proteção ainda que insuficiente as vulnerabilidades identificadas são principalmente de ordem natural.

Diante do inventário (identificação, caracterização e avaliação qualitativa) do potencial geoturístico de quedas d'água em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, mais precisamente no município de Castelo do Piauí, foi possível observar que essas feições geológico-geomorfológicas são relevantes por contar parte da história evolutiva da Terra, e ainda revelam espetacularidades de paisagens que podem ser aproveitadas para fins de desenvolvimento de atividades geoturística.

Vale ressaltar que as quedas d'água: Cachoeira das Arraias e Cachoeira do Covão já apresenta afluência turística, ainda que de forma incipiente o que se pode somar a uma grande possibilidade (e viabilidade) do fortalecimento para o geoturismo como uma alternativa de renda aos moradores do município de Castelo do Piauí. Ambas já fazem parte do Guia Cachoeiras do Piauí (https://issuu.com/jornalismoccom/docs/guia_das_cachoeiras) (Figura 9), integrando roteiros ecoturísticos divulgados regionalmente.

Salienta-se que o potencial dessas quedas d'água é restrito aos meses de janeiro, fevereiro, março e abril uma vez que é neste período em que há disponibilidade hídrica para o referido município. Nos demais meses o potencial se restringe dada a inexistência de pluviometria no município. Dessa forma, a sazonalidade de precipitação tem um papel importante sobre a dinâmica das bacias hidrográficas e das próprias quedas d'água (morfodinâmica e morfogênese), uma vez que as cachoeiras evidenciadas se localizam em segmentos intermitentes de canais fluviais.

Nesse sentido o planejamento e o *marketing* turístico devem ser pensados levando em consideração a sazonalidade do potencial. Muitas quedas d'água, na época de seca (estiagem), não existem como tal, são apenas afloramentos de rochas. Esse fato, ao mesmo tempo em que pode ser um trunfo do ponto de vista educativo, deve ser alertado aos turistas, para não haver desapontamentos com a região.

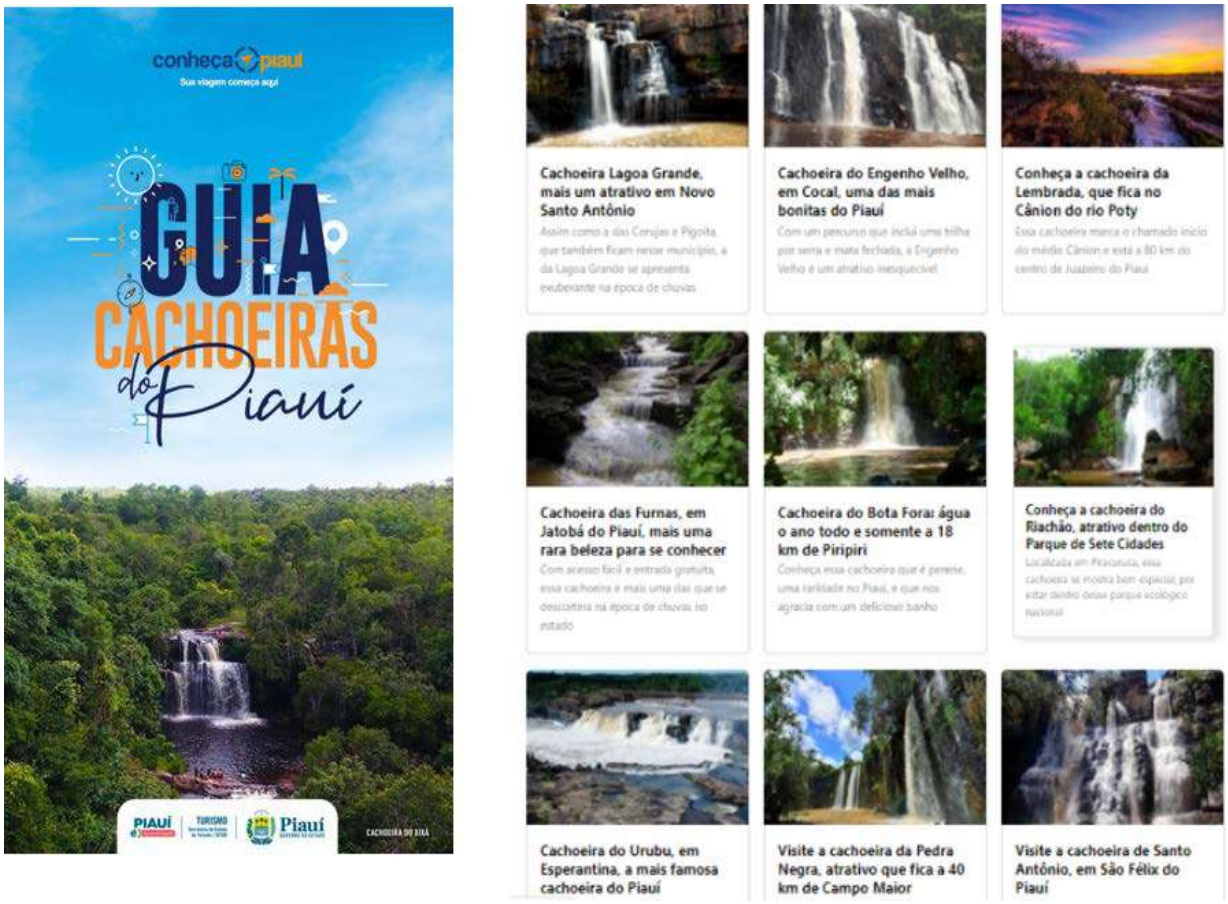


Figura 9 - Guia Cachoeiras do Piauí
Fonte: Secretaria de Estado do Turismo (SETUR, PIAUÍ).

4. Considerações Finais

A aplicação dos procedimentos metodológicos tornou possível identificar em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, município de Castelo do Piauí, três quedas d'água, que, por suas características singulares (potencialidades geológicas e geomorfológicas), se apresentam como locais de valor geoturístico, merecedores de ações voltadas à geoconservação.

Vale destacar que os desafios para a implantação do geoturismo na área são variados, vão desde melhorias de acesso, sinalização e interpretação; participação mais efetiva do poder público com ações de envolvimento das comunidades locais; necessidade de oferta de serviços tais como transporte, hospedagem, alimentação dentre outros, planos de geocon-

servação e monitoramento desses locais e a falta de estudos da capacidade de suportes dos mesmos para visitação.

Portanto, não basta incentivar as atividades geoturísticas e de lazer, pois, por si só estas são incapazes de induzir um desenvolvimento econômico, social e cultural. Essas atividades devem ser integradas em políticas públicas amplas, que contemplem ações que permitam a conservação do meio ambiente em todos os seus aspectos. Dessa forma, deve haver um planejamento turístico adequado considerando todos os valores associados ao local, com vistas a subsidiar a definição de ações, como a criação de roteiros turísticos, esquemas de interpretação do patrimônio natural e projetos de educação ambiental. Recomenda-se o estabelecimento de parcerias entre o setor público e o privado no sentido de planejar a exploração racional deste recurso abiótico aqui inventariado e analisado.

5. Referências

BENTO, L. C. M.; RODRIGUES, S. C. Geomorfologia fluvial e geoturismo – o potencial turístico de quedas d'água do município de Indianópolis, Minas Gerais. Campinas, SeTur/SBE. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, 2(1), 2009.

BENTO, L. C. M. **Parque Estadual do Ibitipoca/MG: potencial geoturístico e proposta de leitura do seu geopatrimônio por meio da interpretação ambiental**. 2014. 185 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

EVANGELISTA, V. K.; TRAVASSOS, L. E. P. **Patrimônio Geomorfológico do Parque Estadual do Sumidouro**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2014.

LIMA, I. M. M. F. Bacia hidrográfica do rio Poti: ambientes e paisagens de transição. *In:* LIMA, I. M. M. F.; ALBUQUERQUE, E. L. S. (org.). **Rio Poti:** caminhos de suas águas. Teresina: EDUFPI, 2020, p. 15-63.

OLIVEIRA, P. C. A. **Avaliação do patrimônio geomorfológico potencial dos municípios de Coromandel e Vazante, MG**. Uberlândia, 2015. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DO TURISMO (SETUR, PIAUÍ). **Guia Cachoeiras do Piauí**. Disponível em: https://issuu.com/jornalismoccom/docs/guia_das_cachoeiras. Acesso em: 20 de Out. 2021.

SILVA, H. V. M.; AQUINO, C. M. S.; AQUINO, R. P. Potencial geoturístico das quedas d'água do município de Novo Santo Antônio - Piauí. *In:* FALCÃO SOBRINHO, José;

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues; CLAUDINOSALES, Vanda de. (org.). **Geodiversidade: abordagens teóricas e práticas**. 1ed.Sobral/Ceará: Sertão Cult, 2020, v. 6, p. 125-145.

SILVA, H. V. M.; AQUINO, C. M. S.; AQUINO, R. P. Geoturismo como fonte alternativa de renda: uma estratégia geoconservacionista para o geomorfossítio Cachoeira do Rosário, Novo Santo Antônio, Piauí – Brasil. *In:* VI Workshop GeoHereditas - Geoconservação no contexto socioambiental. **Anais...** Instituto de Geociências da USP, 2021a.

SILVA, H. V. M.; AQUINO, C. M. S.; AQUINO, R. P. Potencialidades geológicas e geomorfológicas para o geoturismo das quedas d'água do município de São João da Serra, Piauí, Brasil. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 15, p. 1-24, e2117135, 2021b.

SILVA, H. V. M.; AQUINO, C. M. S.; AQUINO, R. P de. Geodiversidade e o valor turístico das quedas d'água do município de Juazeiro do Piauí, PI, Brasil. **Revista Equador (UFPI)**, v. 10, n. 1, p. 97 – 117, 2021c.

O Estudo do Meio Físico na Perspectiva da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Anastácio - UGRHI 22

Beatriz Alves Umbelino[1]
Paulo Cesar Rocha[2]

Resumo: A análise da fragilidade ambiental é resultado de estudo integrado que leva em consideração as características do relevo, tipos de solo, cobertura vegetal, uso da terra e pluviometria, integrando o fator do uso do solo como elemento adicional à vulnerabilidade ambiental. Dessa maneira, a pesquisa tem como intuito a análise das relações entre o meio físico e a fragilidade ambiental, buscando entender o estado ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio, localizado na UGRHI 22, Oeste do estado de São Paulo. Para tanto, utilizou-se de geotecnologias para a delimitação da situação de fragilidade ambiental, assim como espacializar as características do meio físico e a distribuição do uso e cobertura da terra na área estudada. Os resultados indicam que a fragilidade ambiental apresenta índices de alta fragilidade, seguida pela média fragilidade, tendo relação com o uso e cobertura da terra intensivos como áreas urbanizadas e pastagem, além de associar os níveis mais altos de fragilidade encontrados à média declividade e à unidade de relevo de topos convexos.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Fragilidade ambiental; Uso e ocupação da terra; Geotecnologias; Rio Santo Anastácio.

Abstract: The analysis of environmental fragility is the result of an integrated study that takes into account the characteristics of relief, soil types, vegetation cover, land use and rainfall, integrating the land use factor as an additional element to environmental vulnerability. Thus, the research aims to analyze the relationship between the physical environment and environmental fragility, seeking to understand the environmental status of the hydrographic basin of the Santo Anastácio river, located at UGRHI 22, west of the state of São Paulo. Therefore, geotechnologies were used to delimit the situation of environmental fragility, as well as to spatialize the characteris-

1 UNESP - beatriz.umbelino@unesp.br.

2 UNESP - paulo-cesar.rocha@unesp.br.

tics of the physical environment and the distribution of land use and land cover in the studied area. The results indicate that environmental fragility presents indices of high fragility, followed by medium fragility, being related to intensive land use and land cover such as urbanized areas and pasture, in addition to associating the highest levels of fragility found with average slope and unit of relief of convex tops.

Keywords: Hydrographic Basin; Environmental fragility; Land use and occupation; Geotechnologies; River St. Anastácio.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos segundo a Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Nela, além de adotar a bacia hidrográfica como unidade de estudo da interação entre a rede de drenagem e as populações locais, envolve o uso desses recursos e os impactos das atividades humanas para os usos múltiplos atuais e futuros da água, constituindo uma nova fase para os recursos hídricos brasileiros, integrando o Poder Público, os usuários e as comunidades na gestão deste recurso.

Segundo Tundisi (2003), a bacia hidrográfica tem certas características essenciais que a torna uma unidade muito bem caracterizada e permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudos e atividade ambiental, quebrando com a abordagem tradicional compartimentada e não integrada. Alguns elementos que influenciam sobre a mesma são: a forma da bacia hidrográfica, é importante porque influi no tempo de distribuição da água de escoamento, favorecendo a infiltração; a altitude e orientação da bacia hidrográfica; o relevo, forma e declividade da bacia de drenagem; a estrutura geológica, tipos de rocha e manto de intemperismo contribuem para o melhor entendimento e estudo integrado da bacia hidrográfica estudada. Relacionando em sua área elementos físicos, biológicos e socioeconômicos (TUNDISI, 2003).

Tundisi e Tundisi (2008) argumenta que os sistemas aquáticos das bacias hidrográficas e os componentes do sistema terrestre possuem como seu intermediário os rios, que têm papel importante na formação de uma estrutura básica na heterogeneidade espacial do sistema. Assim, fica claro demonstrar que as apropriações pelo homem dos recursos ecológicos, rios, modificam o funcionamento do ecossistema, sendo agente decisivo da ecodinâmica do ambiente.

Mota (1995), defende que o sistema de drenagem natural das águas é um importante aspecto que deve ser considerado no planejamento territorial de uma bacia hidrográfica. A ocupação do solo deve ser feita de modo a preservar, o máximo possível, o escoamento natural, de forma a evitar os problemas resultantes das alterações desordenadas, tais como: enchentes, erosão do solo, alagamentos, e suas consequências ecológicas, econômicas e sociais.

As áreas definidas pelo mau uso do solo vêm causando sérios problemas ao meio ambiente, resultando em desequilíbrio ecológico e desgaste dos recursos naturais, especialmente quando se refere às áreas de preservação permanente, que têm importância fundamental para os ecossistemas de equilíbrio e preservação dos recursos hídricos. Como consequência desta forma predatória de exploração do solo, na literatura, são citados inúmeros casos de empobrecimento do solo por erosão intensa, assoreamento dos cursos d´água, desertificação, entre outros (RIBEIRO, 2014).

Utilizando de tais argumentos, Ross (1990) define a fragilidade ambiental e estabelece as chamadas Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Unidades Ecodinâmicas Instáveis como critérios para estabelecer a fragilidade. Para ele, a fragilidade pode ser dividida entre: muito baixa, baixa, média, forte e muito forte, sendo associadas ao tipo de solo da área, sua declividade e dissecação e tipo de cultivo utilizado. Portanto, pode-se dizer que a análise da fragilidade ambiental é resultado da análise de características do relevo, tipos de solo, litologia, cobertura vegetal, uso da terra e pluviometria, integrando o fator do uso do solo como elemento adicional à vulnerabilidade ambiental.

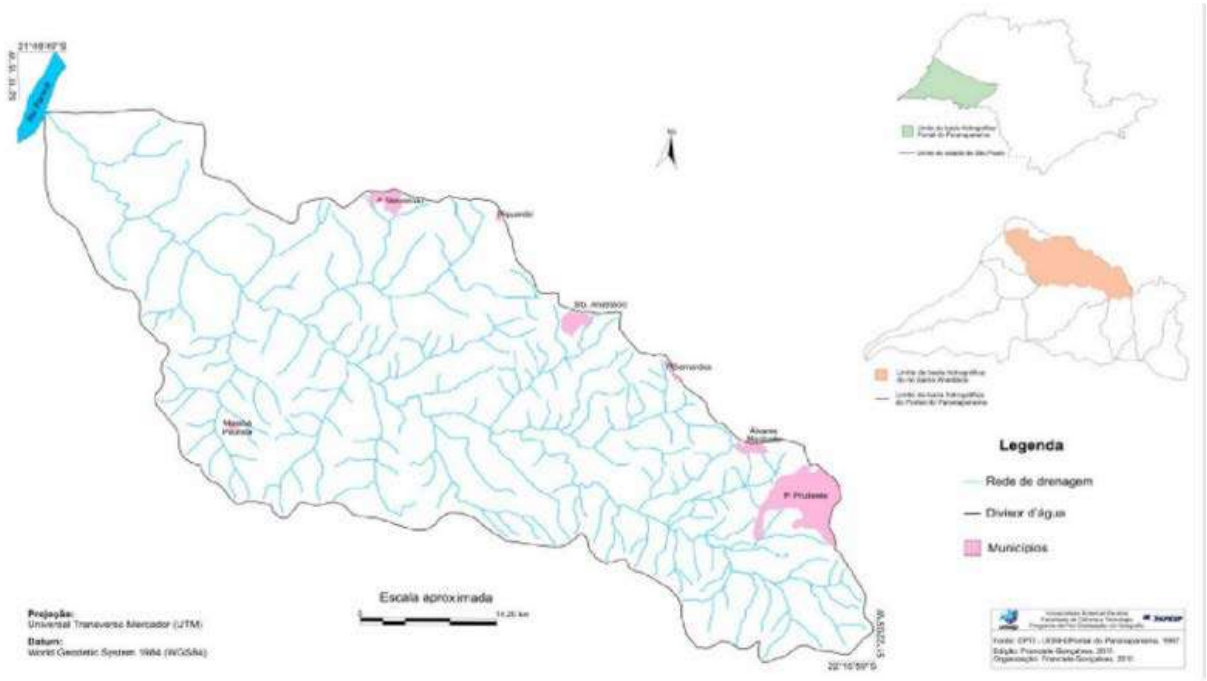
A vulnerabilidade, segundo Lourenço *et al*. (2013), pode ser definida como uma situação em que o meio físico está vulnerável às pressões humanas. Podemos compreender a vulnerabilidade ambiental “maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer” (FUSHIMI, 2012, *apud* TAGLIANI, 2002, p. 3).

> Em áreas onde há vulnerabilidades geológicas e pedológicas ou condicionadas pelo uso da terra, o fluxo de matéria pode vir a ser linear, concentrado, atenuando sua velocidade e aumentando a profundidade. A concentração de sedimentos entra em atrito com o fundo dos pequenos canais formados, tornando-os cada vez mais definidos pela erosão, formando as ravinas. A partir das ravinas, podem evoluir para voçorocas ou boçorocas (FUSHIMI, 2012, p. 52).

Dessa maneira, deve-se ressaltar a importância de relacionar os aspectos sociais com os naturais do meio físico da terra. Onde podemos entender a erosão como o processo natural de desprendimento, transporte e deposição de partículas de solo e rocha de um local para outro. Já as atividades humanas sem planejamento acarretam na aceleração do processo, gerando prejuízos para o meio ambiente e a sociedade. Para que haja o controle dos processos erosivos provocados pelo homem, criam-se iniciativas de caráter preventivo e corretivo a fim de destacar a importância da preservação da terra. (GIANGIULIO, 2009).

1.1 ÁREA DE ESTUDO

A área que compreende a Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio, está contida na porção oeste do Estado de São Paulo, e situa-se geograficamente entre as coordenadas 21º 48’ 49” a 22º 16’ 59” de latitude Sul e 51º 22’05” a 52º 11’ 15” de longitude Oeste, sendo afluente da margem esquerda do rio Paraná. Além disso, a Bacia Hidrográfica em estudo pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 22, área de atuação do Comitê das Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema (CBH-PP), localizada na região do Pontal do Paranapanema no Oeste Paulista (Brasil) (ROCHA, 2017) (Mapa 1).



Mapa 1: Localização da Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio.
Fonte: Gonçalves (2011).

A área de estudo apresenta como substrato geológico, rochas sedimentares cretáceas dos grupos Caiuá e Bauru, recobertas por espessos mantos regolíticos e por sedimentos cenozóicos inconsolidados, que incluem terraços fluviais, colúvios e depósitos aluviais recentes. Ao sudeste da área, afloram basaltos da Formação Serra Geral, que constituem o substrato das bacias sedimentares Caiuá e Bauru. Em termos geomorfológicos gerais, na região dominam os topos tabulares e convexos, no geral com baixos a médios índices de dissecação. Na região dominam os Latossolos e Argissolos com alta suscetibilidade natural a processos erosivos. Nos vales, solos hidromórficos e neossolos flúvicos (ROCHA, 2017).

Em relação a sua rede de drenagem, composta por características geológicas e geomorfológicas, é possível observar padrão dendrítico, baseado em sua geometria e drenagem hierarquizada (CHRISTOFOLETTI, 1980). Apresenta também características exorréicas, nascente em regiões interioranas dirigindo-se ao mar. Em relação ao clima, possui basicamente duas estações bem definidas: verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco. Frequentemente atuam na região as massas Tropical Continental, Tropical Atlântica, Polar Atlântica e Equatorial Continental, além do Cavado, da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Em decorrência de ter fatores físicos do relevo significantes, como a latitude e a continentalidade ocorre uma maior variedade térmica e pluviométrica (MENDONÇA, 2007).

A região é caracterizada pelo bioma de Mata Atlântica, o oeste paulista contava inicialmente com vasta floresta de terra roxa que atraia os cafeicultores, sendo esse o maior surto ocupacional dos pioneiros. Não podendo deixar de considerar as regiões de características de cerrado, onde a criação de gado já havia se instalado antes mesmo do café, sendo assim como o cerrado, os solos exauridos, destinados à pastagem. Outras culturas que contribuíram para o desmatamento foi a cana, o algodão e o fumo (LEONIDIO, 2009). Sabe-se que, a história do processo de ocupação do território brasileiro tem demonstrado que a terra sempre foi utilizada de modo intensivo e numa visão imediatista, até o limite de sua potencialidade (CASSETI, 1991). Segundo Rocha *et al*. (2019) e Rocha (2020), houve intensa evolução da implantação da cultura canavieira na região Pontal do Paranapanema, com intenso uso de Agrotóxicos e Fertilizantes, com alto potencial para contaminação dos canais fluviais.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Devido a extensão da Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio, optou-se por dividi-la em 6 sub-bacias, representando os diferentes compartimentos a serem analisados e considerando o alto, médio e baixo curso do rio, indo de acordo com o perfil longitudinal do canal fluvial.

Utilizou-se como base pata o levantamento e análise do meio físico a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), TOPODATA (2020) e como fonte os dados obtidos por meio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas in CPTI- UGRHI Pontal do Paranapanema (1997) que auxiliaram na digitalização e vetorização da delimitação da bacia hidrográfica, das curvas de nível e da rede de drenagem.

O mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Santo Anastácio em 2019 foi elaborado a partir de imagens do satélite Landsat 8, obtidas no site *Earth Explorer*. A elaboração foi realizada no ArcGIS, com base na metodologia utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As imagens passaram pelos processos de segmentação e classificação supervisionada (IBGE, 2013), gerando o mapa temático.

Para a fragilidade ambiental foram modificadas as tabelas de atributos dos produtos (declividade e unidades de relevo), em ambiente SIG, sendo realizado o cruzamento das variáveis; uso do solo, declividade e curvatura. Para tanto, foram adotadas as classes: muito baixa, baixa, média, forte e muito forte, conforme a metodologia de Ross (1995).

Para a elaboração do mapa de chuva da bacia hidrográfica do Rio Santo Anastácio foram utilizados os dados de chuva acumulada no período de 01 a 17 de dezembro de 2019. Os dados foram extraídos de imagens do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), disponibilizadas no site Giovanni da NASA. Utilizou-se o software SIG (Sistema de Informação Geográfica) ArcGIS para a representação da distribuição espacial da chuva na bacia hidrográfica. O mapa foi elaborado por meio da técnica de interpolação. Em seguida, os volumes de chuva foram divididos em 5 intervalos pelo método do *quantil* em ambiente SIG, sendo elas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para entender a fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica, é necessário conhecer seus aspectos físicos, assim como seu perfil longitudinal. A bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio possui influencia em seu perfil longitudinal da construção do lago da Usina de Porto Primavera, contudo, seu perfil apresentou-se razoavelmente ajustado, havendo apenas duas mudanças bruscas, uma em seu baixo curso e outra próxima à zona de cabeceiras de drenagem (GONÇALVES, 2011).

> O perfil longitudinal de um rio é levantado a partir de uma linha que une pontos do seu leito, desde a nascente até a foz, e permite visualizar o declive do leito do rio ao longo do seu percurso, relacionando a altimetria e o comprimento do curso d´água. (CHISTOFOLETTI, 1981).

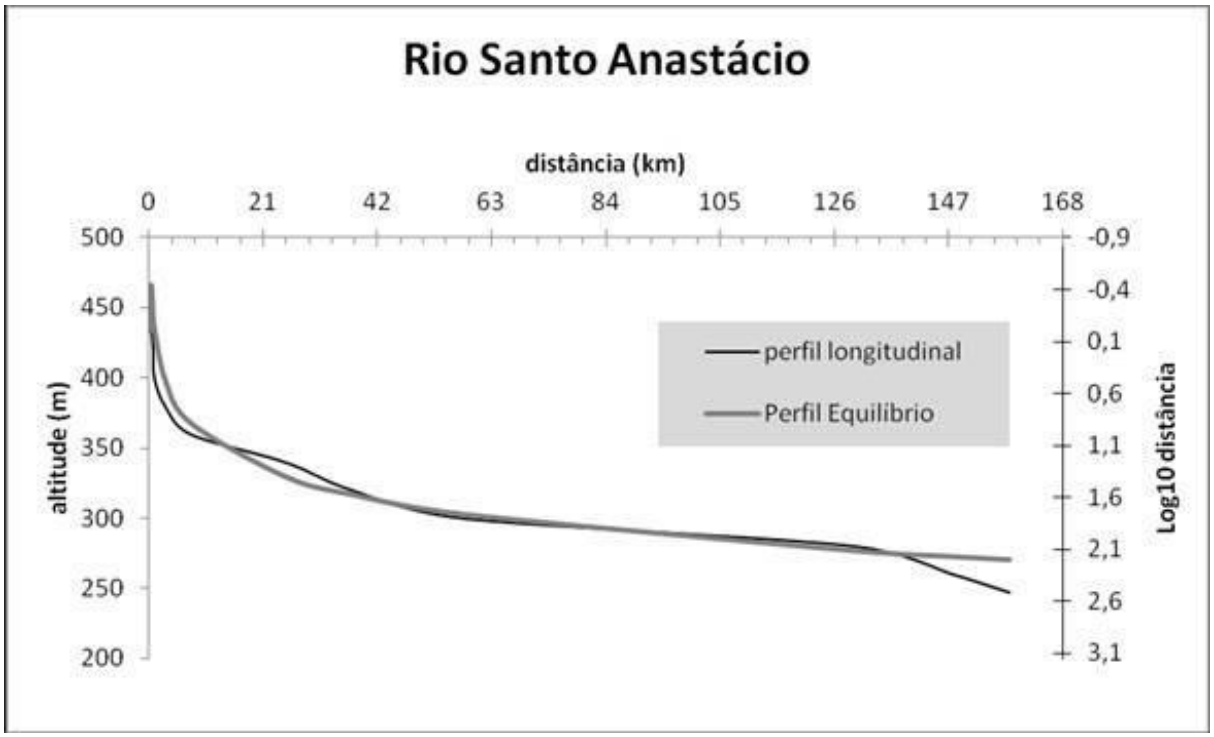
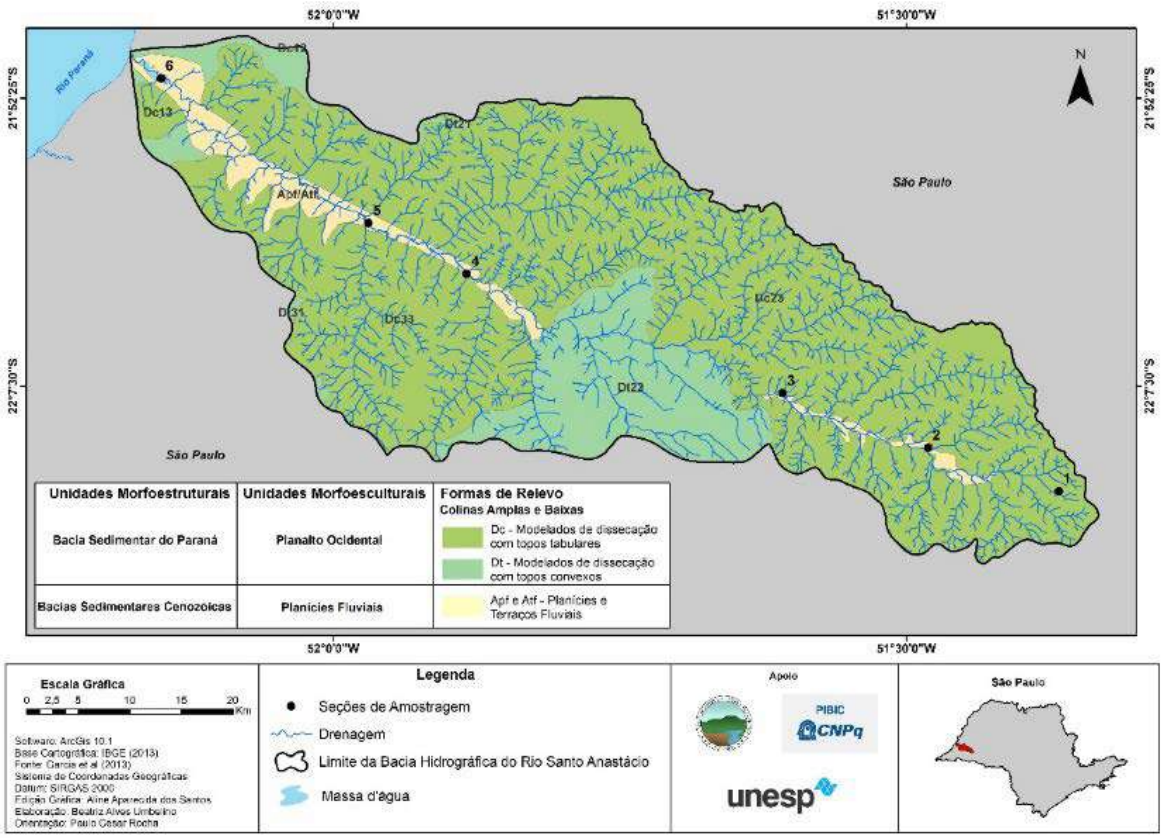


Figura 1: Perfil longitudinal do rio Santo Anastácio e respectiva curva de equilíbrio (SUIZU, 2011).
Fonte: Gonçalves (2011).

Outro fator físico importante nos estudos de Bacias Hidrográficas é o relevo a que pertence. O relevo e suas unidades (mapa 2), exercem enorme importância no tratar das erosões, ou áreas de erosões potenciais de uma determinada área, sendo exemplificada por três tipos de curvaturas presentes na área: topos tabulares, topos convexos e áreas de planícies e terraços fluviais.



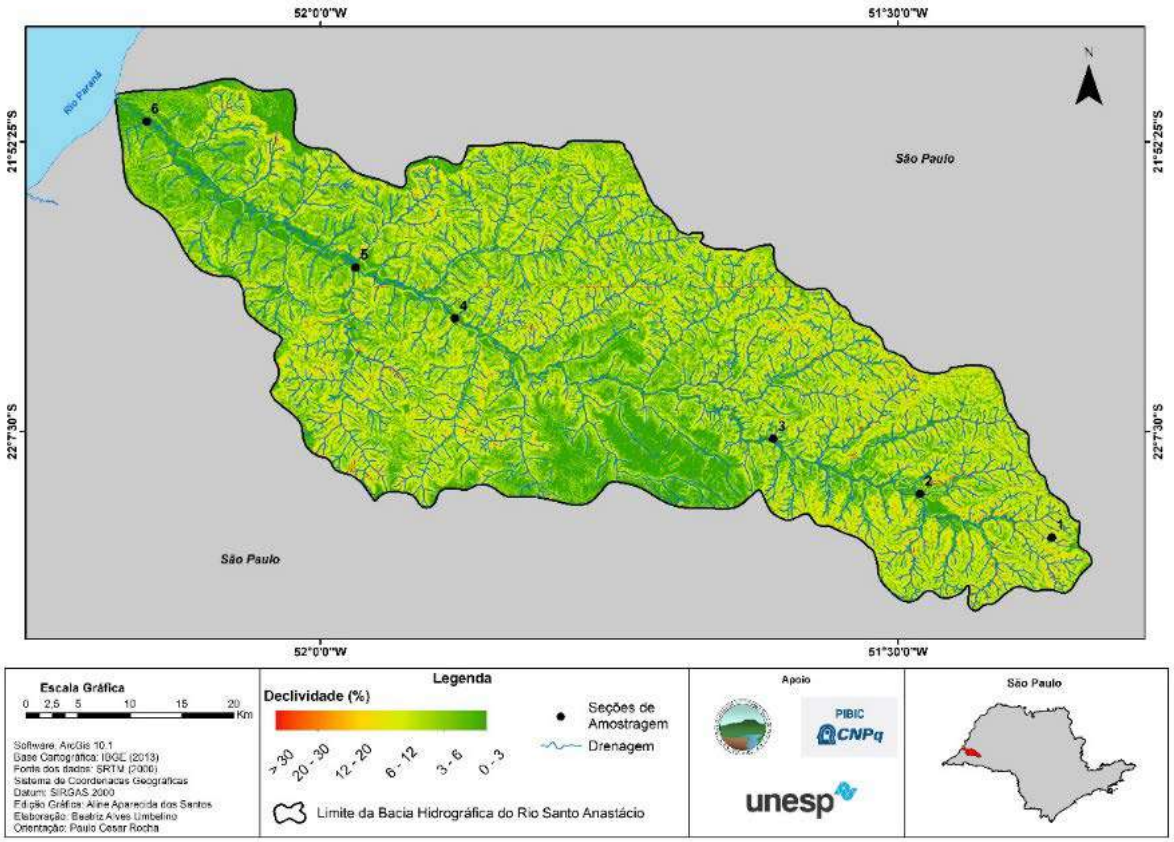
Mapa 2: Apresentação das Unidades de Relevo da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio.
Fonte: Umbelino (2020)

Observa-se, portanto, a presença da bacia sedimentar do Paraná e a bacia sedimentar cenozóica como unidade morfoestrutural, acompanhadas respectivamente das seguintes unidades morfoesculturais: planalto ocidental e planícies fluviais. As planícies e terraços fluviais estão localizadas próximas ao leito do rio, ganhando maior destaque no médio e baixo curso do canal. Já as formas de relevo caracterizadas por colinas amplas e baixas são divididas entre modelados de dissecação de topos tabulares (Dt) que se restringe a uma área entre as seções de amostragem 3 e 4 tornando a aparecer no baixo curso do rio próximo aos limites da bacia hidrográfica e modelados de dissecação de topos convexos (Dc).

Ao analisar as dissecações presentes na bacia hidrográfica em questão, é possível a identificação dos topos convexos na maior parte da área, correspondendo a 78,71% do total, equivalendo a 1647,41 km^2. Kirkby & Chorley (1967) afirmam que as mesmas potencializam os fluxos hídricos e a c A rgência destes, assim, estão entre os principais fatores assoc B s aos processos erosivos.

Além desta variável, a declividade do relevo (mapa 3) influencia diretamente na quantidade de sedimento que será escoado para os cursos

d'água, pois, a mesma possui relação direta com a velocidade de um determinado fluxo.



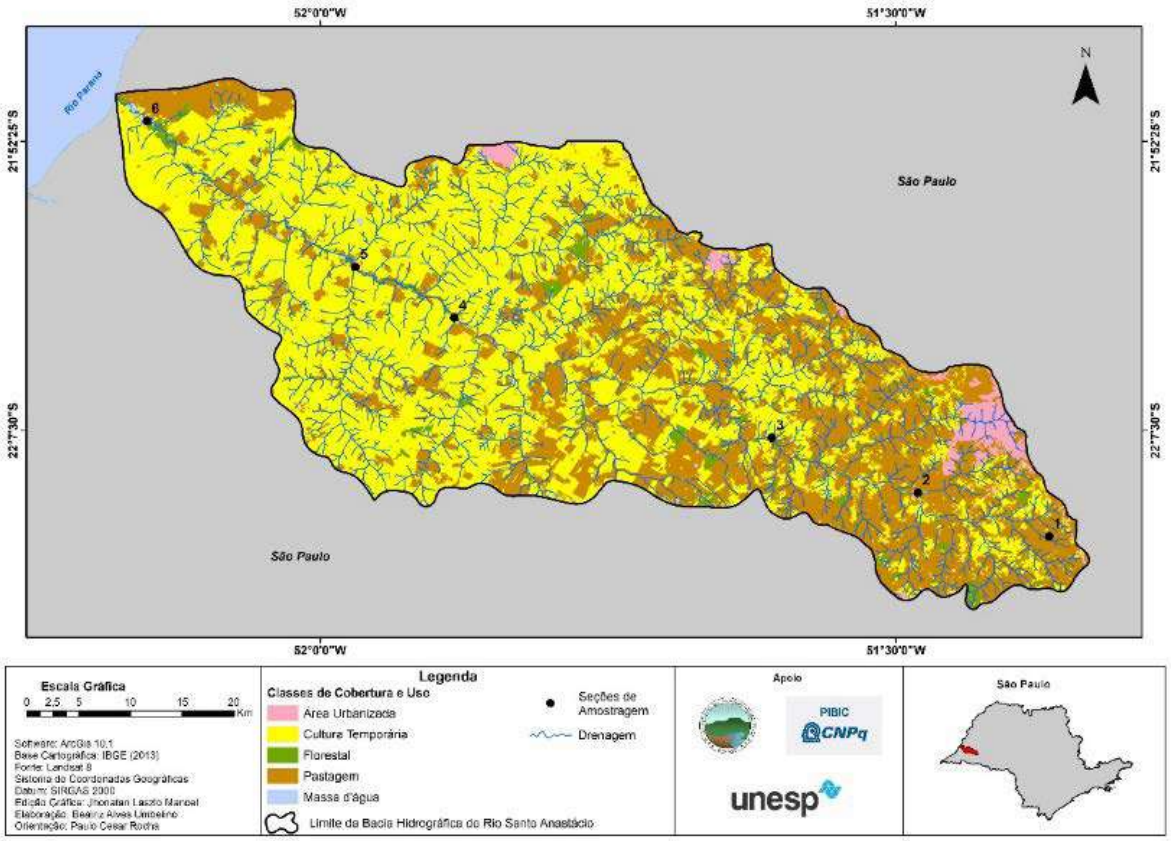
Mapa 3: Declividade da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio.
Fonte: Umbelino (2020)

Ao analisar e interpretar o mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio observa-se que a mesma possui em seu alto e médio curso, declives mais acentuados. Enquanto os declives menos acentuados estão junto ao leito do canal principal e na área classificada como Dt no mapa geomorfológico.

A declividade analisada como um dado contínuo dividida em 6 classes, possui predominância da classe 6 - 12%, com 40,37% do total da área, correspondendo a 850,09 km^2. A predominância dessa classe, terceira classe, na bacia hidrográfica como um todo pode mostrar que a mesma se encontra com baixas declividades, não tendo assim declives muitos acentuados. É importante ter em mente a relação entre as classes de declividade e o índice de escoamento. Desta maneira, pode-se dizer que quanto maior a declividade, maior é o índice de escoamento e dependendo do uso da terra, o índice poderá aumentar ou diminuir.

Desta forma a análise do uso e cobertura da terra possui grande relevância, como também influência significativa na hora de estabelecer os

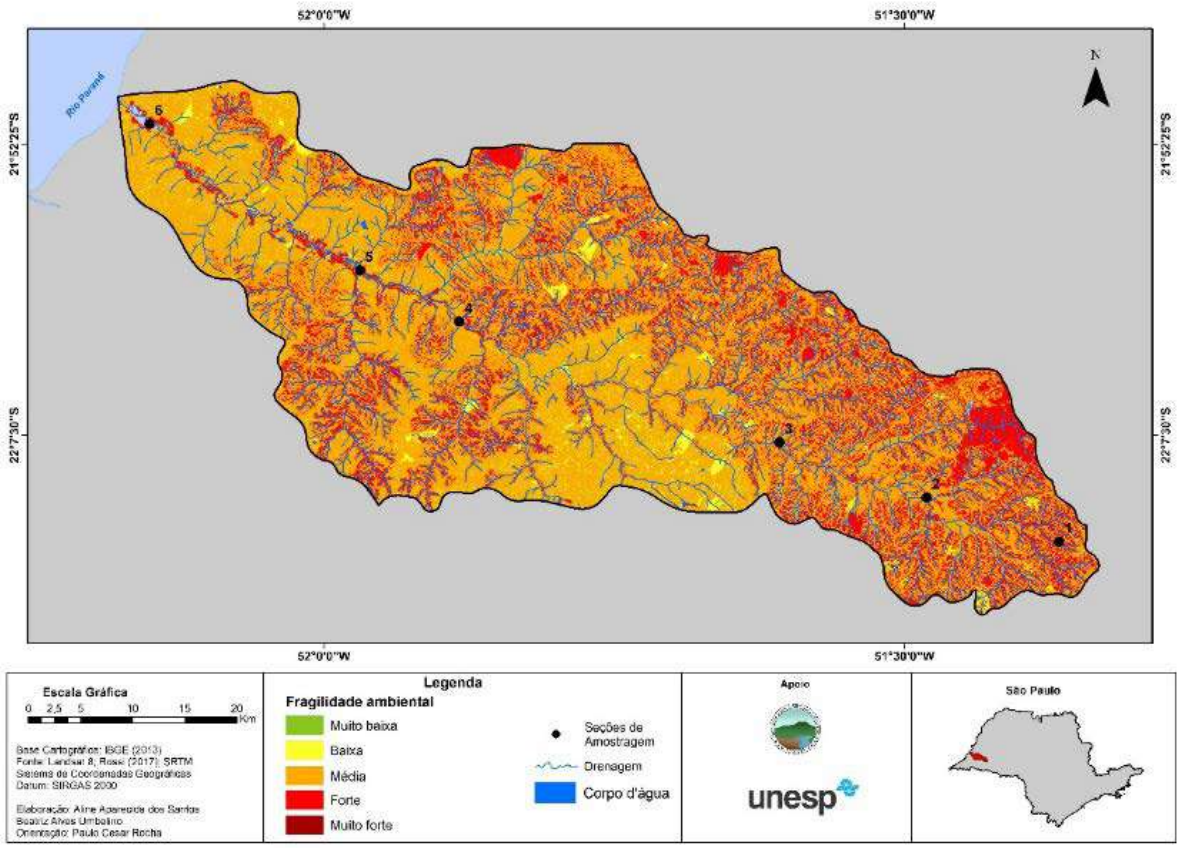
índices de fragilidade ambiental. A descrição do uso e cobertura da terra pode promover indicações do seu mau uso, orientando assim, o planejamento ambiental da bacia hidrográfica, de modo a agenciar e/ou nortear o "uso adequado da terra".



Mapa 4: Uso e Cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio.
Fonte: Umbelino (2020)

A partir de análise de imagens de satélites, do mapeamento e dos trabalhos de campo, determinaram-se as classes de uso e cobertura da terra existente na bacia hidrográfica, sendo elas: área urbanizada, cultura temporária, floresta, pastagem e massa d´água.

Observa-se que há um predomínio tanto de cultura temporária quanto de pastagem, sendo a cultura temporária compreendida aqui principalmente como cana-de- açúcar ocupando a maior parte da área. Além disso, há uma predominância de pastagem no alto e médio curso da bacia hidrográfica, enquanto a cana-de-açúcar predomina em seu médio e baixo curso. O leito do canal principal apresenta em poucas áreas a presença de florestas, o que leva a demonstrar que as áreas determinadas para APP (área de preservação permanente) não estão sendo cumpridas por lei.



Mapa 5: Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio.
Fonte: Umbelino (2020)

Ao analisar o mapa de fragilidade ambiental acima, é perceptível que a Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio se encontra predominantemente entre os níveis de fragilidade média e forte. Em relação a incidência de tais níveis, a fragilidade forte se encontra mais expressivamente no alto e médio curso do canal fluvial, estando junto ao leito do canal entre as seções 5 e 6 (baixo curso do canal fluvial). Já o nível de fragilidade média tem sua maior proporção entre o médio e o baixo curso do canal fluvial.

Ainda observando a fragilidade ambiental da área, observa-se o nível de baixa fragilidade ambiental pontualmente espalhadas pela Bacia Hidrográfica. Outro fato que merece apontamentos é a inexistência do grau "muito baixo" e "muito forte" de fragilidade ambiental.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados e discussões realizadas, é possível observar a estreita relação entre a fragilidade ambiental com as unidades de relevo e com a declividade, estando o nível de alta fragilidade relacionado aos

topos convexos e a declividade média. O uso e ocupação da terra de modo intensivo como ocorre na região ressalta a relação da alta fragilidade com a área urbanizada, tendo concentrações também nas áreas destinadas à pastagem, a essas áreas pode-se caracterizá-las como mais vulneráveis a processos erosivos.

O estudo integrado entre as variáveis do meio físico de uma Bacia Hidrográfica considerando os aspectos da fragilidade ambiental auxilia no planejamento e na gestão do ambiente buscando compreender o papel do homem na modificação da natureza. Dessa maneira, a pesquisa realizada na Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio proporciona uma série de atributos que delineiam o estado ambiental da área, exaltando a relação que o uso da terra de maior intensidade (área urbanizada e pastagem) possui com o alto nível de fragilidade.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recurso Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de marco de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. São Paulo: Editora Contexto, 1991.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP** - Presidente Prudente: [s.n], 2012 141 f.

GIANGIULIO, A. R. **Gestão Ambiental Aplicada a Prevenção, Controle e Recuperação de Erosão Linear Acelerada no Município de Ipeúna-SP**. Rio Claro-SP,2009. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119245/giangiulio_ar_tcc_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

GONÇALVES, F. **Interações entre o Ambiente Físico, Uso e Cobertura da Terra e as Características Físicas e Químicas no Canal Fluvial: A Bacia Hidrográfica do Rio Santo Anastácio, Oeste Paulista**. 145 f. Dissertação de Mestrado. Presidente Prudente: [s.n], 2011.

LEONIDIO, A. **Violências fundadoras: o Pontal do Paranapanema entre 1850 e 1930**. Ambient. soc. vol.12 no.1 Campinas Jan./June, 2009.

LOURENÇO, J. C.; Alencar, J. L.; Vasconcelos, R. F. V.; Vale, Y. M. A. L. **Identificação de fatores de vulnerabilidade ambiental na floresta do Louzeiro em Campina Grande-PB**. Polêm!ca, v. 12, p. 274-283, 2013.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

RIBEIRO, W.C. **Políticas Públicas no Brasil: Mitigação das Mudanças Climáticas.** X Colóquio Internacional de Geocrítica, Barcelona, 2008. Disponível em: http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/377.htm. Acesso em: agosto, 2021.

ROCHA, P. C., SANTOS C. R., SANTOS, A. A. **A expansão da atividade canavieira e interações com a rede hidrográfica na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil**. IX seminário latino-americano e V seminário ibero-americano de geografia física. Guimarães, Portugal, 2016.

ROCHA, P. C. **Índices de apropriação do meio físico em bacias hidrográficas: conceituação e estudo de caso**. Tupã-SP: Editora ANAP, 2020.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. Editora Contexto, São Paulo. 1990.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, 2003.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

KIRKBY, M. J.; CHORLEY, R. J. **Throughflow, Overland Flow and Erosion. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology**, v. 12, n. 3,1967, p. 5-21.

Análise morfométrica de bacias hidrográficas: comparativo entre abordagens automatizados e métodos tradicionais, um estudo de caso da bacia do rio Corrente, GO

Fernanda Luisa Ramalho[1]
Daniel Araujo Ramos dos Santos[2]

Resumo

A análise morfométrica de bacias hidrográficas é definida como um conjunto de procedimentos metodológicos que objetiva a investigação quantitativa para compreensão científica dos componentes naturais dos sistemas fluviais. Com isso, o trabalho tem como objetivo principal a realização de um estudo comparativo entre dois métodos de obtenção de parâmetros morfométricos, isto é, o convencional e o digital, no alto curso do rio Corrente, Goiás. Especificamente, buscou-se: 1) Extrair os parâmetros morfométricos das bacias, por meios tradicional (interpretado) e automatizado; 2) Calcular índices geomorfométricos e interpretá-los; 03) Verificar o grau de confiabilidade estatística das informações morfométricas e índices geomórficos derivados dos métodos automatizados. Os resultados obtidos se fazem exclusivamente em função da utilização de recursos SIG. Porém, deve-se enfatizar que embora o MDE da missão SRTM-X tenha mostrado eficaz nas análises realizadas a partir da reamostragem para resolução espacial de 30m, é necessário lembrar que os modelos digitais de elevação estão sujeitos a distorções, e, portanto, se faz necessárias considera-las. Consequentemente, os atributos derivados apresentam limitações e nem sempre traduzem as informações fidedignas do terreno, em função de um conjunto de fatores de interferência. Como observado com a análise do índice de sinuosidade, que apresenta talvez, a maior problemática de consideração de resultados derivados diretamente de dados gerados de MDEs, com os dados apresentando o forte distanciamento do pa-

1 Doutoranda em geografia pela Universidade Federal do Goiás – UFG, ramalho_luisa@hotmail.com.

2 Doutorando em geografia pela Universidade Federal do Goiás - UFG, daniel.a.sants@hotmail.com.

drão morfológico dos rios. Nesta situação, nota-se que os canais automatizados têm seus traçados estabelecidos conforme mudança degressiva do fluxo acumulado identificado pelo algorítmico, que nem sempre acompanha o traçado do rio.

Palavras-chave: Análise morfométrica, Bacias hidrográficas, Modelos digitais.

Introdução

Por se tratar de sistemas naturais abertos, as bacias hidrográficas podem sofrer mudanças ou alterações no comportamento hidrológico devido a ajustamentos nos aspectos físicos, como geomorfológicos, pedológicos, geológicos, climáticos e na vegetação, não deixando de considerar as ações antrópicas (VALE & BORDALO, 2020; MENEZES & SALGADO, 2018).

A ausência do conhecimento técnico ou equívocos gerados por interpretações impressivas, assim como falta de critérios de avaliação do ajustamento destas variáveis podem trazer diversas consequências as atividades exploradoras, sendo a análise morfométrica uma forma quantitativa de caraterização de uma bacia hidrográfica (LOPES *et al.*, 2018).

A análise morfométrica consiste em um conjunto de procedimentos metodológicos sistêmicos e racionais que descreve de maneira detalhada do sistema de drenagem, tendo uma estreita relação com as características morfológicas do relevo, tendo em vista que a rede de drenagem assume papel de destaque na compartimentação do relevo (DEGRANDE; FIRMINO, 2020; PATHAK; SAIKIA, 2019; CHRISTOFOLETI, 1970; 1980).

Desta forma, as análises quantitativas contribuem significativamente para o analista ambiental e estabelecem condições e critérios para classes qualitativas, assim, deve considerar que os valores estabelecidos por um conjunto de índices morfométricos que dá suporte de inferência ambiental e correlação de fatores em bacias hidrográficas e podem contribuir na prevenção de impactos ambientais, como riscos de alagamentos, processos erosivos, ligados às formas de uso da terra.

Costa, *et al.* (2016) observa que a automação dos processos de extração de variáveis morfométricas além de apresentarem eficiência, proporcionam uma economia de tempo em detrimento da delimitação manual por análise visual como era feito exclusivamente por interpretações de imagens aéreas (fotografias) e cartas topográficas sob visão planar 2-D dos atributos de relevo.

Apesar do ganho de performance na geração de dados hidrográficos, é necessário considerar que a acurácia e precisão de dados gerados a partir de abordagens ditas "tradicionais" como a fotointerpretação de imagens de satélite refletem na capacidade dos interpretes ambientais, que podem ou não garantir um modelo de melhor aproximação com a realidade, enquanto que um abordagem puramente automatizada depende em grande parte da qualidade dos MDEs e de acertos no ajustamento de dados derivados (SANTOS, 2016).

Ao considerar o grande aumento e disseminação de acesso as geotecnologias e produtos de Sensoriamento Remoto nas últimas décadas, nota-se que muitos dos trabalhos que envolve Geomorfologia fluvial ou Geomorfometria têm focado nos aspectos técnicos que os produtos podem oferecer e aplicações que demandam equacionar menor custo e tempo de ação, com poucos apontamentos acerca do grau de confiabilidade dos dados e precisão estatística de informações derivadas de MDEs.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo principal a realização um estudo comparativo entre dois métodos de obtenção de parâmetros morfométricos, isto é, o convencional e o digital, no alto curso do rio Corrente, Goiás. Especificamente, buscou-se: 1) Extrair os parâmetros morfométricos das bacias, por meios tradicional (interpretado) e automatizado; 2) Calcular índices geomorfométricos e interpretá-los; 03) Verificar o grau de confiabilidade estatística das informações morfométricas e índices geomórficos derivados dos métodos automatizados.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde ao alto-curso da bacia hidrográfica do rio Corrente, entre os municípios de Mineiros, Chapadão do Céu e Serranópolis, abrangendo toda a área do Parque Nacional das Emas (PNE) (Figura 1).

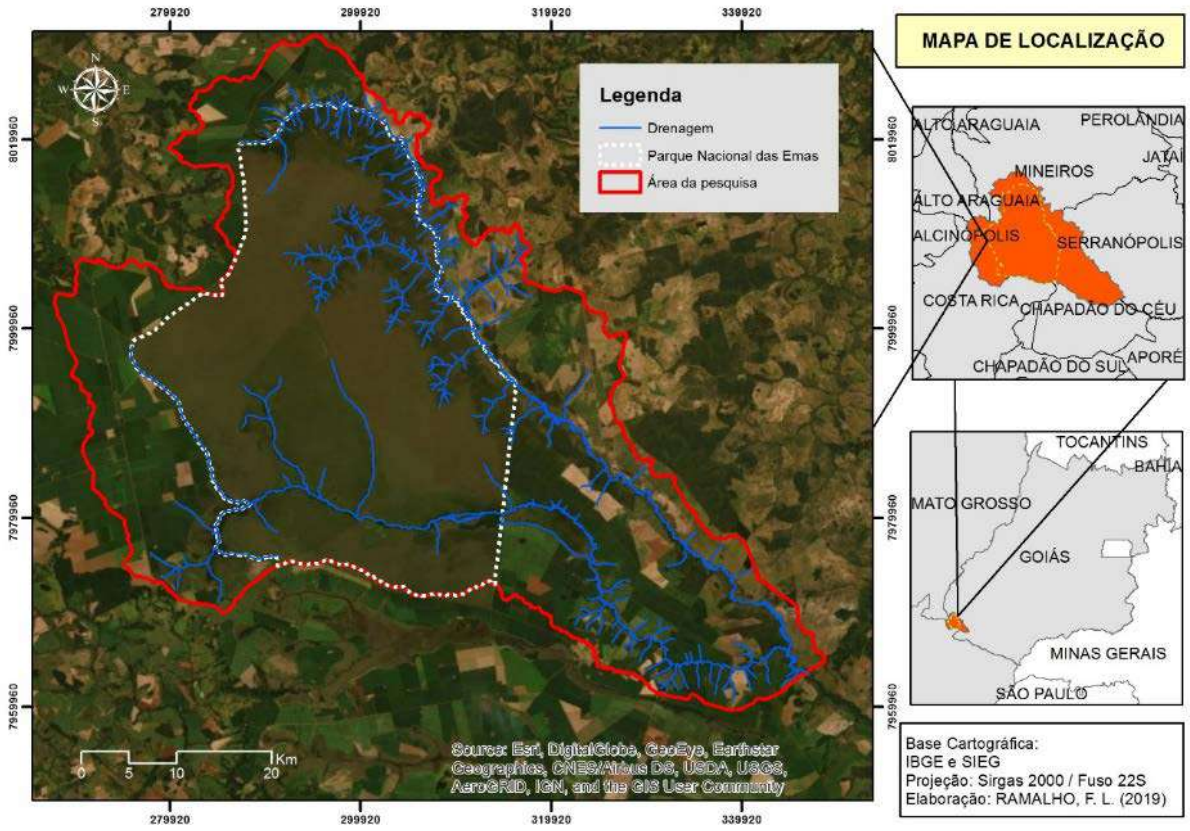


Figura 1: Localização da área de estudo

Essa área de drenagem se desenvolve sobre o contexto litoestrutural da borda noroeste da Bacia Sedimentar do Parará, caracterizada por rochas mesozóicas, como do período Jurássico, representada pela Formação Botucatu. Segundo informações da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (1999), essa Formação, litologicamente é constituída de arenitos vermelhos, finos a médios, silicificados, quartzosos, de estratificação cruzadas, planas e acanaladas. Todos esses aspectos indicam ambiente de deposição desértico e ação eólica em todo período de formação.

As rochas da Formação Serra Geral, segundo a CPRM (1999), estão datadas como sendo do final do Jurássico e início do Cretáceo, predominantemente de natureza basáltica, apresentando aspecto maciço, com cor cinza escura e granulação de fina a média. A formação Vale do Rio do Peixe, Cretáceo Superior, apresenta segundo Fernandes (2004), arenitos de textura muito fino, de coloração marrom-claro, rosado a alaranjado, de estratificação plano-paralelo e cruzada subordinada. As rochas da Formação Cachoeirinha, datada no período Terciário correspondem os sedimentos areno-argilosos inconsolidados, vermelhos, argilos cinza com estratificação incipiente, com extensão de cobertura dos planaltos da Bacia do Paraná (CPRM, 1999). Já representado pelo período Quaternário, a área é composta por coberturas dentríticas indiferenciadas e depósitos

aluvionares. Essas estão presentes ao longo das margens, fundos de canal e planície de inundações dos rios.

Geomorfologicamente a região se localiza em maior porção no chapadão residual dos planaltos setentrionais da bacia sedimentar do Paraná, uma extensa superfície regional de aplainamento conservada e uma pequena porção no Córrego Jacuba de planaltos residuais do interior da bacia sedimentar do Paraná (LATRUBESSE *et al.*, 2005). Para Birro (2019), o relevo plano a pouco dissecado que predomina na região do PNE, correspondem também planícies e terraços fluviais e superfícies denudacionais posicionadas entre as altitudes de 400 a 800 metros.

2.2 Parâmetros morfométricos

No primeiro momento da pesquisa, foi realizado o levantamento de dados geográficos que apresentaram licença de uso gratuita e de fácil acesso via internet, dados de natureza matricial (imagens de satélite e MDEs - Modelo Digital de Elevação) e vetorial (em formato Shapefile) (Figura 2).

Para a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Alto rio Corrente (nesse trabalho foi utilizado para base de informações e discussão do texto), foram utilizados dados disponibilizados pelo SIEG (Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás) de Geologia na escala 1:500.00, Geomorfologia na escala 1: 500.000 e Pedologia na escala de 1:250.000. Neste mesmo órgão também foram coletados Informações vetoriais da rede de drenagem do estado de Goiás na escala de 1:100.000.

Sobre os dados raster, imagens da faixa do visível do satélite Sentinel 2, com resolução espacial de 10m, foram adquiridas através da plataforma de download *LandViewer*, uma interface de web que permitiu a seleção de imagens com menor percentual de cobertura de nuvens no ano de 2019.

Dois MDEs (Modelo Digital de Elevação) com resolução de 30m foram adquiridos para fins comparativos de desempenho na delimitação automática de componentes da rede de drenagem. Primeiro corresponde aos dados do SRTM-X (Shuttle Radar Topography Mission) da banda X, levantados por meio da NASA (National Aeronautics and Space Administrativo), e processados e readequados pela agência espacial alemã (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. - DLR*) e a agência espacial italiana (*Agenzia Spaziale Italiana* – ASI). Utilizou-se também o MDE gerado a partir de dados do sensor Pancromatico PRISM, do satélite ALOS World 3D, disponibilizados a partir de 2018 pela JAXA (***J**apan **A**erospace e**X**ploration **A**gency*).

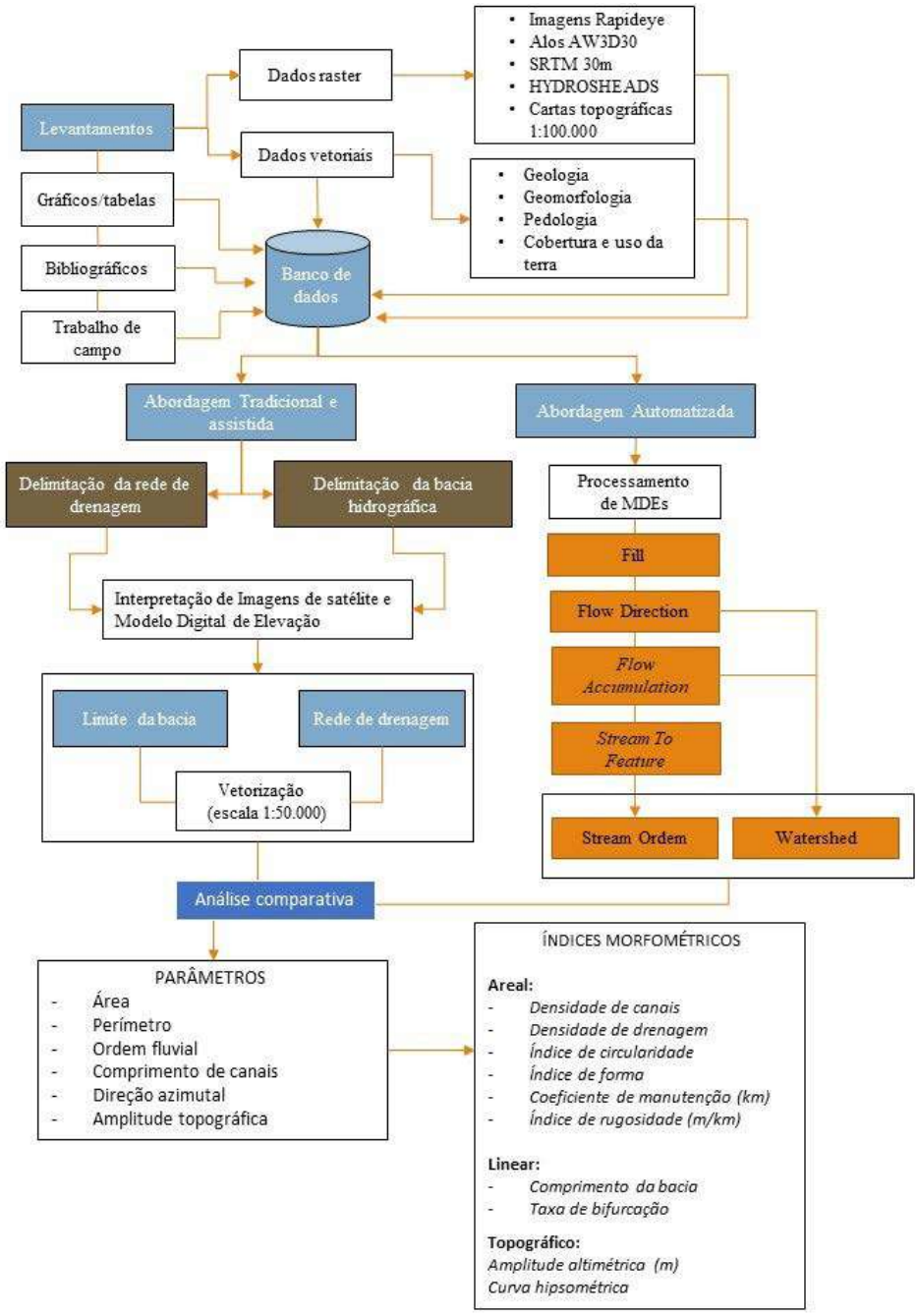


Figura 2: Mapa metodológico que sintetiza as etapas da pesquisa.

Foram utilizados ainda dados do projeto HidroSheds (***Hydro**logical data and maps based on **SH**uttle **E**levation **D**erivatives at multiple Scales*), que consiste em um banco de dados vetoriais de rios e bacias hidrográficas em escala regional e global, gerados a partir do processamento automatizado de dados da missão SRTM com resolução de 90 m (3 arcos-segundo). O projeto foi idealizado pelo Programa de Ciências da Conservação do *World Wildlife Fund* (WWF), em parceria com diversos órgãos ambientais, agências cientificas e universidades pelo mundo (LEHNER, *et al.*, 2008; *LEHNER; GRILL, 2013).*

As informações coletadas foram organizadas em um banco de dados e foram processados no *software* no ArcGIS 10.3. Para a obtenção da rede de drenagem de referência, a princípio, utilizou-se dos vetores do SIEG. Na ferramenta de edição, foi feita a concatenação (união) de vetores quebrados em canais conforme a ordem fluvial e reinterpretação de posição e morfologia a partir da sobreposição da camada vetorial sobre a composição colorida das imagens do Sentinel 2 (4R – 3G -2B).

Assim, foi possível também identificar mais canais em escala de detalhe (1:50.000), aplicando um melhor ajustamento dos vértices das linhas a morfologia dos córregos e rios. A sobreposição da composição colorida, rede atualizada e curvas de nível com equidistância de 10m geradas a partir do MDE do SRTM-X, permitiram estabelecer os limites dos divisores de água da bacia do alto curso do rio Corrente.

Para a abordagem automatizada, utilizou-se das ferramentas do módulo de processamento *Hydrology* do ArcGIS, com a aplicação de rotina comumente definidas em muitos trabalhos (para extração da rede hidrográfica dos modelos de elevação do AW3D e SRTM-X, conforme estabelecido na figura 1. A partir de diversos testes, identificou-se o limiar de fatiamento do "*flow Accumulation*" de 4.000 como a melhor resposta para definição das redes derivadas do SRTM-X e do Alos (AW3D).

Para avaliar os dados gerados por diferentes produtos nesta bacia hidrográfica, foi realizado o levantamento dos atributos morfométricos através de operações de geração de informações métricas dos vetores gerados, que são armazenados na Tabela de Atributos. Para isso, os dados foram reprojetados para uma mesma projeção e datum (UTM/SIRGAS 2000).

Por meio do software de edição de planilhas do *sofware* Excel, estabeleceu-se uma rotina de funções de sistematização dos dados contidos nos arquivos DBF, que armazenam os atributos de área, comprimento e ordem dos canais. No *software* foram estabelecidas a formulação das equações dos índices morfométricos conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Índices morfométricos selecionados para análise comparativa de dados da bacia hidrográfica do rio Corrente

ITEM	EQUAÇÃO	DEFINIÇÃO	SIGNIFICADO
Densidade drenagem (km/km2)(Dd)	Dd= Lt/A	Lt=comprimento total dos canais; A=área da bacia.	Correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia, e o cálculo do comprimento total dos canais deve levar em conta tanto os rios perenes como os temporários (CHRISTOFOLETTI, 1979)
Densidade hidrográfica (C/km²) (Dh)	Dh= C/A	C= N° total de canais; A= Área da bacia	Correlaciona a quantidade de canais com a área da bacia, indicando em média, a quantidade de canais por unidade de área.
Índice de circularidade (Ic)	Ic=A/Ac	A= Área da bacia; P = Perímetro da bacia em km.	Relaciona a área da bacia à área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia (MULLER, 1953).
Coeficiente de manutenção (km)	Cm= 1/Ddx1000	Dd= Densidade de drenagem em km.km-2.	Relação inversa da densidade de drenagem e que fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento.
Coeficiente de compacidade (Kc)	Kc= 0,28x (P/ √ A)	Kc=coeficiente de compacidade adimensional; P= perímetro da bacia em km; A=área em km2.	Compara a morfologia da bacia com a circunferência de mesma área da bacia (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).
Índice de sinuosidade (Is)	Is= Lc/Lv	Is = Índice de sinuosidade adimensional; Lc = comprimento do canal principal em km; Lv = comprimento vetorial do canal principal em km.	Relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Expressa a velocidade de escoamento do canal principal (SANTOS *et al.* 2012).

Resultados e discussão

Identificou-se que os arquivos vetoriais derivados do MDEs e do HydroSHEDS possuíam inconsistências na simulação de criação da hierarquia fluvial conforme modelo adotado de Strahler (1952). Conforme Strahler, somente a confluência de canais de mesma ordem permitem uma elevação no grau de hierarquia, algo que foi executado com fidelidade, entretanto notou-se que a ferramenta *Stream Ordem* atribuiu o grau de ordem para os segmentos quebrados sem concatenar as estavam linhas partidas nas confluências com ordem inferiores, o que gerou mais canais por ordem do que realmente existia. De exemplo, a sub-bacia do rio jacuba apresentava apenas um único canal de quarta, porém na tabela de atributos de todas os vetores derivados, havia dois ou mais canais de quarta ordem.

Os vetores do HidroSHEADS apresentaram mais canais de terceira ordem do que de segunda. Desta forma, foi necessário revisar manualmente a hierarquia gerada, aplicando a ferramenta de juntar linhas conforme a ordens por canais, para que os parâmetros morfométricos posteriormente calculados apresentassem coerência lógica e topológica.

A tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros morfométricos extraídos dos vetores gerados. A média de área da bacia calculada entre os modelos selecionados foi de 2.721 km² e mediana de 2.740 km², valores próximos dos valores de referência (SIEG_MOD) (Tabela 1). Comparando os valores dos dados, o SRTM-X apresentou melhor correlação com o SIEG, com menor acréscimo de área (20 km²), e o AW3D apresentou acréscimo de pouco mais de 2%. Já os valores extraídos dos vetores do HydroSHEDS apresentaram uma redução de 112 km² de área, sendo que na região de confluência dos rios Formoso e Jacuba apresentou maior mudança morfológica.

Tabela 1: Parâmetros morfométricos levantados conforme base de dados utilizada

Parâmetros morfométricos	SIEG_MOD	SRTM-X	AW3D	HYDROSHEDS
Área (km²)	2.730	2.750	2.785	2.618
Perímetro (km)	319	406	382	308
Raio do círculo (km)	51	65	61	49
Área do círculo com igual perímetro da bacia (Km²)	8.160	13.528	11.524	7.565
Quantidade de canais	306	278	368	108

Parâmetros morfométricos	SIEG_MOD	SRTM-X	AW3D	HYDROSHEDS
Comprimento total de canais (km)	781	1.347	1.272	549
Raiz área do círculo com igual perímetro da bacia	90	116	107	87
Comprimento do canal principal (km)	164	108	109	103
Comprimento axial do canal principal (km)	74	74	74	74

Os Parâmetros de quantidade e comprimento total de canais apresentaram valores de maior discrepância entre modelos levantados e dados do SIEG, sendo identificado o aumento de canais do AW3D em 20%, e diminuição de segmentos em 9% no SRTM-X e 64% no HidroSHEADS. O comprimento total de canais se elevou-se fortemente no modelo SRTM-X (74%) e AW3D (62%). Ao avaliar o conjunto de canais extraídos de MDEs por ordem fluvial, destaca-se a quantidade de canais de primeira ordem do modelo SRTM-X (211) (Tabela 2), sendo que 79% dos canais correspondem a nascentes.

Tabela 2: Dados da rede de drenagem por ordem fluvial da bacia do Alto Corrente

Ordem	AW3D30		SRTM-X		SIEG_MOD		HYDROSHEDS	
	Quant. Canais	Comp. (km)	Quant. Canais	Comp. (km)	Quant. Canais	Comp. (km)	Quant. Canais	Comp. (km)
1°	211	695	222	664	252	387	85	260
2°	57	292	45	381	42	111	14	93
3°	10	133	8	149	9	58	5	59
4°	2	142	2	142	2	219	3	134
5°	1	11	1	10	1	6.5	1	3,3
Total	368	1.272	278	1.347	306	781	108	549

A **Densidade de drenagem** é um índice que considera a razão entre toda a rede de drenagem vetorizada e área da bacia, indicando a condição média por unidade da capacidade de escoamento fluvial/infiltração ou grau de dissecação do relevo (SANTOS, 2016). Os valores encontrados a partir da avaliação dos parâmetros morfométricos (tabela 3) foram similares em todas as bases utilizadas, com maior acréscimo em AW3D (0,457 km/km^2) na área de estudo o que pode favorecer a dinâmica de infiltração,

tendo em vista que as porções mais elevadas na bacia são compostas por rochas sedimentares.

Tabela 3: Indicadores morfométricos da bacia hidrográfica do Alto rio Corrente

Índices morfométricos	SIEG_MOD	SRTM-X	AW3D30	HYDROSHEDS
Densidade de drenagem (km/km²)	0,286	0,490	0,457	0,210
Densidade hidrográfica (canal/km²)	0,11	0,10	0,13	0,04
Coeficiente de manutenção (m²/m)	3.496	2.041	2.189	4.768
Índice de circularidade (Adimensional)	0,33	0,20	0,24	0,35
Coeficiente de compacidade (Adimensional)	0,99	0,98	1,00	0,99
Índice de sinuosidade (Adimensional)	1,7	2,17	2,0	1,4

Para Vendruscolo *et al.* (2020), a **Densidade hidrográfica** (tabela 3) está relacionada com o número de cursos d'água e nascentes em relação à área da bacia hidrográfica. Essa Dh também pode indicar o potencial e capacidade que a área possui para gerar outros cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1980). A área apresentou uma variação mínima deste índice de 0,04 canal/km² em HydroSHEDS e 0,13 canal/km² AW3D30, ou seja, menos de um canal por km² na bacia, assim ambos os resultados indicam que a baixa Dh pode indicar uma incapacidade do sistema fluvial para geração de novos canais. Esse parâmetro ainda pode indicar que a água quando precipita na superfície do solo demora encontrar um canal por onde ele escoar, esse processo favorece a infiltração, mas pode expor o solo aos processos erosivos, se descoberto, uma vez que a água percorre uma superfície maior (ALVES *et al.* 2018).

Segundo Moura *et al.* (2018), o **Coeficiente de manutenção** (tabela 3) é a expressão matemática que demonstra a razão inversa com os valores da Dd da bacia hidrográfica, indicando a eficiência que a área tem na manutenção dos recursos hídricos (VENDRUSCOLO *et al.*, 2020). Os valores levantados deste indicador apresentaram diferenças mais significativas do que as demais avaliados, aonde a drenagem derivada do SRTM-Xapresentou área de 2.041 m²/m (o menor resultado), enquanto que os do HydroSHEDS dobrou o valor em 4.768 m²/m (maior resultado). Os índices derivados dos vetores do SIEG indicam que para se manter um metro de canal, é necessária uma área de manutenção de 3.496 m².

O **Índice de circularidade** (tabela 3) indica a forma da bacia a partir da relação de sua área com a área do círculo de igual perímetro (Tabela 1) e

sua relação com a dinâmica de cheia e escoamento superficial (SANTOS, 2016). Os valores do índice menores que 0,51 indicam favorecimento do escoamento superficial, o que indica uma forma alongada, de modo que as chuvas tendem a não ocorrer simultaneamente em toda área da bacia (COSTA e VENDRUSCOLO, 2019).

O menor resultado encontrado de Ic foi de 0,20 (SRTM-X) e máxima de 0,33 (HydroSHEDS), ambos indicam que a área é mais alongada e que provavelmente o tempo de concentração de água na bacia é lento, demora mais tempo para água chegue até seu exutório, apresentando relações de interpretação com os valores dos índices de Dd e Dh. Em contrapartida Alves *et al.* (2019) ainda pontua que esses índices relativos à geometria são limitados por não considerar os fatores relacionados ao uso do solo nem as características do relevo e da rede de drenagem da bacia. Tendo a necessidade de uma análise mais detalhada dos aspectos fisiográficos para informações mais seguras.

O **Coeficiente de Compacidade** apresenta semelhanças com Ic anteriormente analisado. Ambos fornecem informações sobre a suscetibilidade da bacia quanto a ocorrência de enchentes. O Índice relaciona o perímetro da bacia e a circunferência de mesma área da bacia, sendo utilizado na equação o valor para acerto da equação de 0, 28 (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). O Kc da área de estudo mostrou resultados bem semelhantes quando comparados com a rede de referência (SIEG_MOD) (Tabela 1, 2 e 3), sendo um dos resultados com menores diferenças entre essas bases. Os resultados 0,98 SRTM-X (mínimo) e 1,00 AW3D30 (máximo), apresentam bem maiores que o trabalho de Alves *et al.* 2018 no Ribeirão da Laje no sudoeste de Goiás com valor de 0,20 e os autores consideraram com baixa propensão a enchentes.

O **índice de sinuosidade** faz a relação entre o comprimento longitudinal (em projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos do canal principal (SPANGHERO *et al.* 2015). Os valores próximos a 1 indicam possível controle estrutural na orientação da drenagem e também alta energia, enquanto que aqueles acima de 1,5 como meandrantes e valores acima de 2 como tortuosos (ALVES *et al.*, 2018). Ao analisar os resultados, observa-se que as bases cartográficas deram resultados diferentes, no qual, o Is de 1,4 mínimo com HydroSHEDS. Já a base do SRTM (2,17) indica que o canal principal está representado por formas meandrantes tortuosos, padrão visivelmente observável no terço médio e inferior da área de estudo.

Considerações finais

Os resultados obtidos se fazem exclusivamente em função da utilização de recursos SIG. Porém, deve-se enfatizar que embora o MDE da missão SRTM-X tenha mostrado eficaz nas análises realizadas a partir da reamostragem para resolução espacial de 30m, é necessário lembrar que os modelos digitais de elevação estão sujeitos a distorções, e, portanto, se faz necessárias considera-las. Consequentemente, os atributos derivados apresentam limitações e nem sempre traduzem as informações fidedignas do terreno, em função de um conjunto de fatores de interferência.

Ao comparar os modelos digitais na delimitação da bacia hidrográfica para a análise morfométrica, os mesmos permitiram um similar ganho quantitativo nos modelos SRTM-X e Alos AW3D em relação à hidrografia reinterpretada e mapeada. Assim, a respeito de uma abordagem quantitativa da rede de drenagem, os valores dos índices morfométricos de densidade apresentaram resultados bastante coerentes quando comparado com abordagem tradicional, assegurando uma segurança estatística de coerência dos resultados, portanto, permitido estabelecer uma mesma interpretação de significância geológica, geomorfológica e pedológica dos limiares dos índices em escalas regionais.

O índice de sinuosidade apresenta talvez, a maior problemática de consideração de resultados derivados diretamente de dados gerados de MDEs, com os dados apresentando o forte distanciamento do padrão morfológico dos rios. Nesta situação, nota-se que os canais automatizados têm seus traçados estabelecidos conforme mudança degressiva do fluxo acumulado identificado pelo algorítmico, que nem sempre acompanha o traçado do rio, tendo a linha de drenagem se configurando na porção central de cada pixel de menor cota. Já na fotointerpretação, a posição do canal é definida a partir da indicação morfológica, que reflete em maior sinuosidade ou linearidade na paisagem.

Referências

ALVES, W. S, *et al.* Análise do uso da terra, da cobertura vegetal e da moformetria da bacia do Ribeirão Douradinho, no sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 3, p. 1093-1113. 2019.

ALVES, W. S, *et al.* Análise morfométrica da bacia do ribeirão da laje, no Sudoeste de Goiás, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, p. 32, 2018.

BIRRO, S. O. G. **Análise da paisagem na Bacia do Rio Corrente: Estudo de fragilidade ambiental na área de influência direta**, 2019. Dissertação (mestrado em geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Jataí, 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia** -Introdução. São Paulo: Ed. Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **A Análise de Bacias Hidrográficas**. São Paulo: Geomorfismo, 1980, p. 102-121.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM, 1999.

COSTA, D. P.; VENDRUSCOLOM J. Morfometria e dinâmica de desmatamento da microbacia Canaã, Amazônia, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.12, 2019.

COSTA, F. R.; SOUZA, R. F.; SILVA, S. M. P. Análise comparativa de metodologias aplicadas à delimitação da bacia hidrográfica do Rio Doce–RN. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 3, p. 429-442. 2016.

DEGRANDE, E. J. S.; FIRMINO, G. V. Análise morfométrica e do uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego da Onça, Presidente Prudente-SP. **Revista Geonorte**, v. 11, n.38, p.125-145, 2020.

FERNANDES, L. A. Mapa Litoestratigráfico da Parte Oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG). Escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55, p. 53-66. Editora UFPR. 2004.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M.; STEVAUX, J. C. **Mapa geomorfológico do Estado de Goiás**: Relatório final**.** Secretaria de Indústria e Comércio: Superintendência de Geologia e Mineração, Goiânia, Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás, p. 81, 2005.

LEHNER, B., GRILL G. Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. **Hydrological Processes**, v. 27, n. 15, p. 2171–2186. 2013.

LEHNER, B; VERDIN, K.; JARVIS, A. New global hydrography derived from spaceborne elevation data. Eos, **Transactions American Geophysical Union**, v. 89, n. 10, p. 93-94. 2008.

LOPES, E. R do N. *et al.* Modelagem ambiental de bacias hidrográficas: caracterização morfométrica e pedológica da bacia do rio Uma-Ibiúna, Brasil. **GEOSUL**, v. 33, n. 66, p. 105-127, 2018.

MENEZES, C. R.; SALGADO, C. M. Caracterização morfométrica e de intervenções urbanas na bacia hidrográfica do rio Imboaçu (São Gonçalo, RJ): contribuição ao estudo de inundações. **Revista Formação**, v. 25, n. 44, p. 279-299, 2018.

MOURA, D. M. B., *et al.* O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá-Goiás, Brasil. **GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 21, p. 19-37. 2018.

MOURA, V.C. **A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area**, New York: Virginia and Tennesse. Dept. of Geology. n. 3, p. 30. 1953.

PATHAK, P. J.; SAIKIA, M. Fluvial Geo-Morphometry of AIE River Basin using RS and GIS. **International Journal of Engineering Science**, v. 20307. 2019.

SANTOS, A. M., *et al.* Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, p. 195-211. 2012.

SANTOS, D. A. R. **A rede de drenagem e seu significado geomorfológico: anomalias de drenagens e tectônica recente na bacia do rio Formoso, Tocantins**. 2016. Dissertação (Mestrado em geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Tocantins, 2016.

SPANGHERO, P. E. S. F.; MELIANI, P. F.; MENDES, J. S. Mapeamento hidrográfico de detalhe e análise morfométrica comparativa das bacias dos rios Tijuípe e Tijuipinho, Litoral Sul da Bahia. **Caminhos de Geografi**a, v. 16, n. 53, p. 101-117. 2015. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/27861. Acesso em: 18 jan. 2020.

STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A.N. Hipsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.

VALE, J. R. B.; BORDALO, C. A. L. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Apeú, Amazônia Oriental. **Formação**, v. 27, n. 51, p. 313-335, 2020.

VENDRUSCOLO, J. *et al.* Características morfométricas da microbacia do Médio rio Escondido, Amazônia Ocidental, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 565-585, 2020.

A Influência da Variabilidade da Superfície D' Água nas Mudanças de Uso e Cobertura do Solo e da Precipitação na Sub-Bacia na Hidrográfica do Rio Corrente (Goiás/ Brasil)

Ana Karolyna Nunes Amaral[1]
Gisele Bispo da Silva[2]
Daniel Araújo Ramos dos Santos[3]
Luis Felipe Soares Cherem[4]

Resumo: As diversas modificações na paisagem promovem alterações no regime hidrológico de uma bacia hidrográfica. Com base nos dados de superfície d'água da Sub-bacia Hidrográfica do rio Corrente, buscou-se correlacionar como estes influenciaram nas variáveis pluviométricas e de uso do solo. Para isto utilizou a base de dados do TerraClimate e do MapBiomas por meio do processamento em nuvem. Foram feitos o teste correlação de Pearson e o coeficiente de determinação "r^2". Os resultados adquiridos pelas análises, demostraram que o aumento da superfície d'água na bacia foi influenciado pela instalação das PCHs. Em relação as análises realizadas, este indica que a correlação entre a superfície d'água e a pluviometria foi baixa. Porém em relação a superfície d' água e os dados de uso e cobertura dos solos, estes apresentaram uma correlação linear positiva. Dentre as classes analisadas a agricultura apresentou a melhor correspondência.

Palavras-chave: regime hidrológico; uso e cobertura do solo; variações pluviométricas.

Abstract: The various modifications that the landscape presents can promote changes in the hydrological regime of a basin, as vice versa. Based on the water surface data

1 Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Geografia - ana.nunes.ufg@gmail.com.

2 Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Geografia - gyza.aurora@gmail.com.

3 Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Geografia - santos_araujo@discente.ufg.br.

4 Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Geografia - luischerem@ufg.br.

of the Current River Sub-basin, it was sought to correlate how its data influenced the rainfall and land use variables. For this, it used the TerraClimate and MapBiomas databases through cloud processing. Statistical analyzes were performed based on Pearson's correlation test and the coefficient of determination "r^2". The results acquired by the analyzes showed that the increase in the water surface in the basin was influenced by the installation of SHPs. Regarding the analyzes carried out, this indicates that the correlation between the water surface and the water surface was low. However, in relation to land use and land cover data, these presented a positive linear correlation. Among the analyzed classes, agriculture presented the best correspondence.

Keywords: hydrological regime; land use and coverage; pluviometric variations.

1. Introdução

O regime hidrológico de uma bacia hidrográfica é determinado por diversas variáveis, sendo tanto estas de origem natural, a exemplo as variações climáticas, como também de origem antrópica. Em relação a última, observa-se que esta pode se dar de diversas formas, como pela construção de barragens para geração de hidrelétricas, pelas captações d'água para abastecimento humano e animal, irrigação e outros (TUCCI, 2002; MILLY *et al*. 2008).

Latrubesse *et al.* (2017) aponta que com a construção de barragens para a geração de energia, os recursos hídricos estão sujeitos a sofrer com distúrbios hidrofísicos e bióticos os quais afetarão a planície aluvial pela quantidade de sedimentos disponível no sistema. Sendo que esses impactos fogem apenas dos aspectos físicos da paisagem, uma vez que os recursos hídricos são de interesse de todas as estancias da sociedade, o qual induzem a confrontos entres coorporativos, governamentais, populações indígenas e ambientalistas.

As modificações no uso e ocupação do solo tendem a promover alterações no seu regime hidrológico (TUCCI, 2002). Além das interferências diretas, como barramento e captação de águas, outro fator relevante é o manejo do solo agrícola e o tipo de cultura implantada. À medida que interferem na infiltração estes podem afetar os processos de abastecimento subterrâneo e disponibilidade superficial (ZHANG *et al*., 2001; LATUF *et al*., 2007; SANTOS *et al*., 2010).

No Brasil, a modificação da paisagem vem sendo realizada, na maioria das vezes, irresponsavelmente, resultando na degradação dos mananciais, seja pela aceleração dos processos erosivos, alteração das disponibilidades hídricas, ou mesmo pela contaminação por defensivos agrícolas e lançamento de efluentes urbanos e industriais (SANTOS *et al*., 2010). Neste sentido, estudos sobre a hidrologia de bacias hidrográficas e sua associação com a variabilidade climática e o uso do solo consistem em uma demanda atual e de expressiva importância para o estabelecimento de medidas visando ao desenvolvimento sustentável, subsidiando as ações dos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos (FARLEY *et al*., 2005).

Com base nisso, o objetivo do presente trabalho é avaliar a correlação das alterações da área de superfície d'água da Sub-bacia Hidrográfica do rio Corrente, com a variações pluviométricas e de uso e cobertura do solo, tendo como recorte temporal o período de 2006 a 2020.

2. Metodologia

2.2 Área de Estudo

A sub-bacia hidrográfica do rio Corrente está inserida na Bacia do rio Paranã na região hidrográfica do rio Tocantins, localizado nordeste do estado de Goiás, na região do Vão do Paranã, entre as coordenadas 14º 15' 00' e 15º 00' 00" de longitude e 45º45'00" e 46º 30' 00" de latitude. Está é detentora de uma área de 3.705 km², a qual possui três principais rios que cortam suas delimitações, sendo estes o córrego dos Buritis, o rio Vermelho e o rio Corrente (Figura 1).

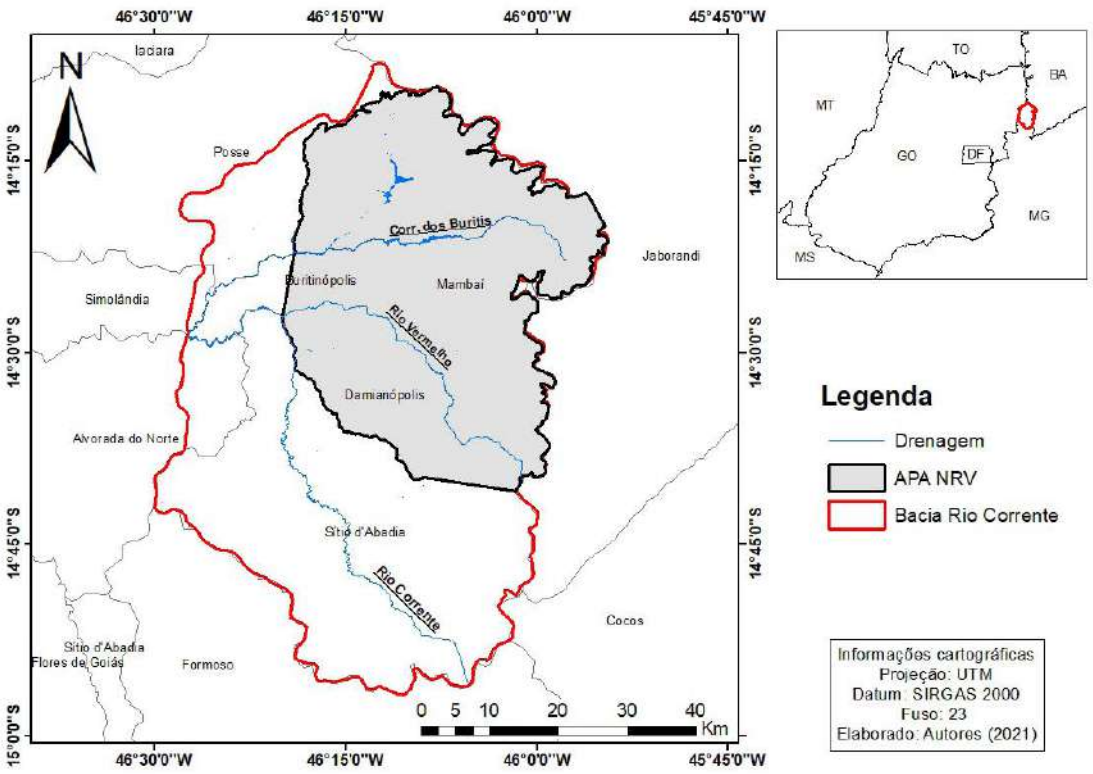


Figura 1 : Área de estudo: Sub-bacia hidrográfica do rio Corrente.
Fonte: Elaborado pelos autores.

As delimitações da Sub-bacia perpassam diversos municípios, sendo estes Posse, Buritinópolis, Simolândia, Alvorada do Norte, Damianópolis, Sítio d' Abadia e Mambaí. Esta também abriga a Área de Preservação Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho (APA – NRV), o qual conta com uma área de 1.762 km^2, e objetiva a preservação ambiental por meio do uso sustentável de seus recursos.

Segundo a classificação de Köppen, a região do Vão do Paranã está sob domínio do Clima Tropical com duas estações bem marcadas (Aw) e variações para Clima Tropical de Altitude (CWa). Devido às diferentes condições geológicas, geomorfológicas e climáticas, os solos variam em textura, estrutura, perfil e profundidade. As principais classes de solos encontradas no Vão do Paranã são os Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos e Plintossolos (HERMUCHE, 2010).

A geologia da região engloba rochas sedimentares, especialmente clásticas, correspondentes aos divisores Serra da Saudade, Formação Três Marias, aos Grupos Urucuia e Areado, bem como materiais residuais inconsolidados associados. Nas porções intermediárias e baixas da área de estudo ocorrem sedimentos clasto-químicos da Formação Lagoa do Jacaré (Grupo Bambuí), especialmente rochas carbonáticas, potencialmente mais propícias à carstificação (FERREIRA, 2020).

Do ponto de vista geomorfológico, a área de estudo insere-se numa depressão posicionada entre relevos mais altos, representados pela escarpa do Chapadão Central (BA), que constitui a Serra Geral de Goiás, e pelo Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba (NASCIMENTO, 1991).

2.2 Base de dados

Os dados pluviométricos utilizados foram adquiridos por meio da base de dados TerraClimate, filtrados na plataforma Google Earth Engine com um polígono da área de estudo. Esta disponibiliza dados mensais do balanço hídrico da superfície global, usando um modelo que incorpora a evapotranspiração, precipitação, temperatura e capacidade de água extraível do solo pela vegetação interpolada. Esta possui resolução espacial de aproximadamente 1/24° (~ 4 km), e apresenta dados de 1958 a 2020 (ABATZOGLOU *et al*. 2018).

Seus dados são elaborados pela interpolação de variáveis climatológicas de alta resolução espacial do conjunto de dados do *WorldClim*, com dados temporais do CRU TS 4.0 e da japonesa JRA-55. Seus conjuntos de informações são validados a partir de estações climatológicas convencionais, onde consegue-se uma melhora no erro absoluto médio dos dados, melhorando assim a confiabilidade na utilização das informações disponibilizadas (ABATZOGLOU *et al*. 2018).

Os dados de uso e cobertura e uso da Terra foram adquiridos do projeto MapBiomas por meio da plataforma Google Earth Engine. A iniciativa colaborativa do MapBiomas reúne especialistas em processamento digital de imagens, dinâmica da superfície terrestre, caracterização fitofisionômica e levantamento florestais dos biomas (SOUZA; AZEVEDO, 2017). O Projeto analisou um grande volume de dados organizados em mosaicos anuais de imagens da constelação LANDSAT (1985 – 2020). As imagens foram classificadas de forma supervisionada, pela abordagem de aprendizado de máquina e árvores de decisão empíricas e estatísticas, gerando informações com resolução espacial de 30m (SOUZA et al, 2020; ALENCAR *et al*., 2020).

O projeto apresenta também versões com dados referentes ao desmatamento, a cicatrizes de queimadas (MAPBIOMAS FOGO), a mineração a irrigação, a pastagem e a superfície de água (MAPBIOMAS ÁGUA), sendo este último utilizado para a análise da variação da superfície de água na área em estudo.

Os dados de superfície de água que foram utilizados no presente trabalho, consistem em derivações da abrangência espacial de corpos hídricos, identificados por meio da classificação por regra de decisão com uso de lógica fuzzy e análise de modelo espectral de mistura (MEM) de bandas em mosaicos mensais de imagens LANDSAT. No presente trabalho, os dados foram organizados na plataforma do GEE em uma série temporal de frequência anual da superfície com água (SOUZA *et al.*, 2019).

2.3 Procedimentos metodológicos

Com o objetivo de realizar a correlação entre a superfície da água com as variações pluviométricas e de uso do solo, foi utilizado algumas análises estatísticas para melhor demonstração dos dados. O recorte temporal das análises foi de 2006 a 2020. E os dados foram analisados estatisticamente através do software estatístico JAMOVI, considerando nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Para a análise de correlação utilizou o teste de Pearson, sendo este utilizado para medir a relação estatística entre duas variáveis contínuas. O resultado é representado pela letra "r" é tem valores que variam de -1 a 1, onde quanto mais próximo de 1, é indicado uma correlação positiva entre as variáveis. O mesmo acontece quanto os valores se aproximam de -1, porém a correlação será negativa. Quando o "r" tem o valor igual ou próximo de 0, este indica que não há correlação linear entre as variáveis (FIGUEIRO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). A sua fórmula está representada na equação abaixo.

$$r = \frac{\Sigma(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{(\Sigma(x_i-\bar{x})^2)(\Sigma(y_i-\bar{y})^2)}} \quad (1)$$

Para avaliar a qualidade dos ajustes das distribuições estatísticas foi utilizado também o coeficiente de determinação r^2 (PARANHOS *et al.*, 2014). Este buscar indicar a proporção da variação da variável dependente que é explicada pela variação da variável independente, ou seja, demostra o grau de ajuste e de dependência linear entre duas variáveis. Seus resultados variam de 0 a 1, sendo expresso em termos percentuais (BAESSO; SOUZA, 2010). A sua fórmula está demostrada na equação abaixo.

$$R^2 = \frac{(\Sigma(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y}))^2}{\Sigma(x_i-\bar{x})^2)\,\Sigma(y_i-\bar{y})^2} \quad (2)$$

3. Resultados e Discussão

A superfície d'água da sub-bacia Hidrográfica do rio Corrente apresentou algumas mudanças ao longo das últimas décadas, onde foi observado um aumento substancial de corpos hídricos na região. Conforme os dados analisados, observou-se um aumento médio de mais de 56 % de 2006 a 2020. Observa-se que foi a partir de 2009 que a superfície hídrica da região apresentou uma menor variação dos seus dados, indicando uma leve tendência a diminuição das áreas hídricas (Figura 2).

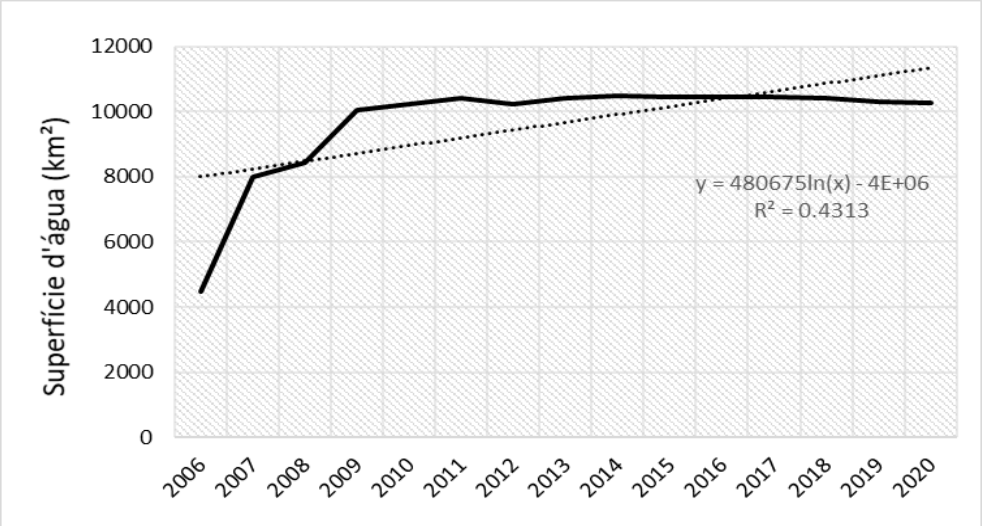


Figura 2: Evolução da superfície d'água na Sub-bacia hidrográfica do rio Corrente.
Fonte: MAPBIOMAS ÁGUA (2021).

Com base nos dados da SEINFRA (Secretária de Infraestrutura do Estado de Goiás) na área são encontrados quatro Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), sendo duas implementadas em 2005 no município de Buritinópolis e de Mambaí, com potência de 10 e 13 megawatt (MW), sendo estas denominadas Santa Edwiges I e Santa Edwiges II. Em 2008 no município de Sítio d'Abadia também foi instalada a PCH Mambaí II, com potência de 12 MW. E em 2009 na divisa entre os municípios de Buritinópolis e Posse, foi instalada a PCH Santa Edwiges III, com potência de 6,5 MW (GOIÁS, 2011).

Pode-se apontar a instalação dessas PCHs como as responsáveis pela evolução da superfície d'água na área. O qual somente se demostrou normalizada, partir da 2009, ano o qual foi instalada a última usina. Diante disto, buscou-se correlacionar como estas variações hidrológicas referentes os corpos hídricos influenciaram em outros atributos físicos da área, tais como nas mudanças de uso e cobertura do solo e precipitação. Para assim buscar entender como se dá essas relações de dependência ou não

entre as variáveis. Na tabela 1, estão demostrados os resultados das análises estatísticas realizadas.

Tabela 1: Regressão linear múltipla e teste de correlação da variável "superfície d'água"

	β	Erro Padrão	r	R^2	p
Precipitação	-0.423	1.233	-0.144	0.020	0.738
Pastagem	-0.565	0.214	0.467	0.218	0.025
Agricultura	-0.543	0.213	0.744	0.554	0.029
Natural	-0.547	0.206	-0.702	0.493	0.024

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base nos resultados apontados, observa-se que os dados precipitação foi a única variável que não apresentou significância estatística com a superfície d'água (p= 0.738). Este resultado também é observado nos dados do coeficiente de determinação, onde a porcentagem de dependência entre essas variáveis ficou próximo de 2%.

Com base nos dados de precipitação, observou-se que dentre o período em estudo houve uma diminuição do acumulado mensal da chuva, conforme indicado pela linha de tendência demostrada na Figura 3. Porém, observa-se que esta diminuição não foi proporcionalmente influenciada pela variação da superfície d'água na área em estudo, onde conforme a tabela 1 o valor de r é próximo de 0, o que indica que a correlação linear entre essas variáveis é bem baixa (r=0.144).

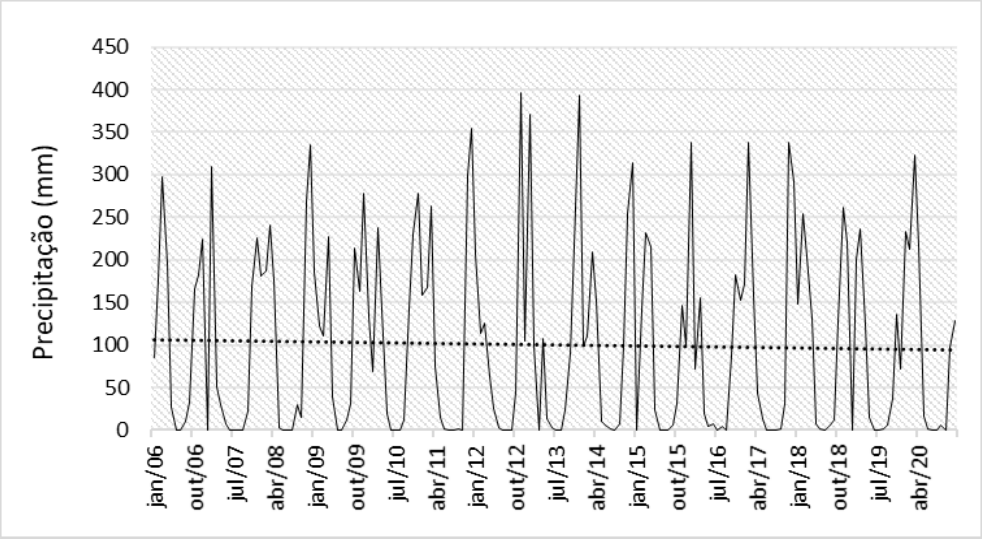


Figura 3: Variação pluviométrica mensal da Sub-bacia hidrográfica do rio Corrente
Fonte: TerraClimate (2021).

Destaca-se dentro da série analisada que os anos de 2007, 2015 e 2019, foram aqueles que apresentaram menor índice pluviométrico, e os 2006,

2008 e 2017 os de maior. Em relação aos picos de chuva, observa-se que em novembro de 2012 e dezembro de 2013, foram os meses de maior intensidade dentre o período analisado, apresentando um acumulado de 396 e 393 mm, nos respectivos meses.

Ao contrário dos dados de precipitação, as variáveis de uso do solo analisadas, pastagem, agricultura e formações naturais, apresentaram significância estatística em suas correlações com a superfície d'água (p = 0.025, p = 0.029 e p = 0.024).

A classe pastagem apresentou uma correlação estatística de r = 0.467 indicando uma correlação positiva com a superfície d'água. Em relação ao coeficiente de determinação, aponta-se que cerca de 20 % do aumento da área de pastagem é explicada pelo modelo linear de variação da superfície d'água. Na tabela 2, estão demostrados os dados referentes a estas mudanças físicas ocorridas no período em estudo.

Tabela 2: Série histórica do uso e cobertura do solo e da precipitação da Sub-bacia hidrográfica do rio Corrente

Anos	Superfície de água (km²)	Precipitação (mm)*	Pastagem (km²)	Agricultura (km²)	Natural (km²)
2006	4,5	1.395	630	185	2.873
2007	8,0	814	661	185	2.840
2008	8,4	1.437	667	205	2.815
2009	10,1	1.380	654	236	2.793
2010	10,2	1.262	665	245	2.772
2011	10,4	1.333	650	290	2.742
2012	10,2	1.081	646	330	2.706
2013	10,4	1.320	650	336	2.696
2014	10,5	1.265	691	299	2.692
2015	10,5	894	716	295	2.668
2016	10,5	1.021	746	289	2.644
2017	10,5	1.386	763	301	2.614
2018	10,4	1.370	763	309	2.605
2019	10,3	827	758	327	2.594
2020	10,3	1.233	761	354	2.564

Fonte: MAPBIOMAS (2021) e TerraClimate (2021). Obs.: Acumulado anual.

Em relação a agricultura, observa-se que a bacia teve um aumento crescente dentre o período analisado, sendo que de 2006 a 2020 apresentou mais de 40 % de incremento em áreas. Porém observa-se que este aumento ocorreu de forma mais significativa a partir do ano de 2009, sendo este o ano em que todas as PCHs já estavam em funcionamento.

Conforme Leão (2008), o aumento da produção agrícola dos municípios integrantes da bacia do rio Corrente, teve como influência a instalação da PCHs na área, o qual influenciou no aumento de renda dos municípios e propiciou a atividade agrícola.

Com base nas análises estatísticas apresentadas, a agricultura foi o atributo que melhor apresentou correlação com as variações de superfície d'água (r = 0.744). E em relação ao coeficiente de determinação, este demonstra que mais de 55% da variação das áreas agrícolas são explicadas pelas variações da superfície d'água. Na Figura 4, estão demostrados a evolução do uso e cobertura do solo.

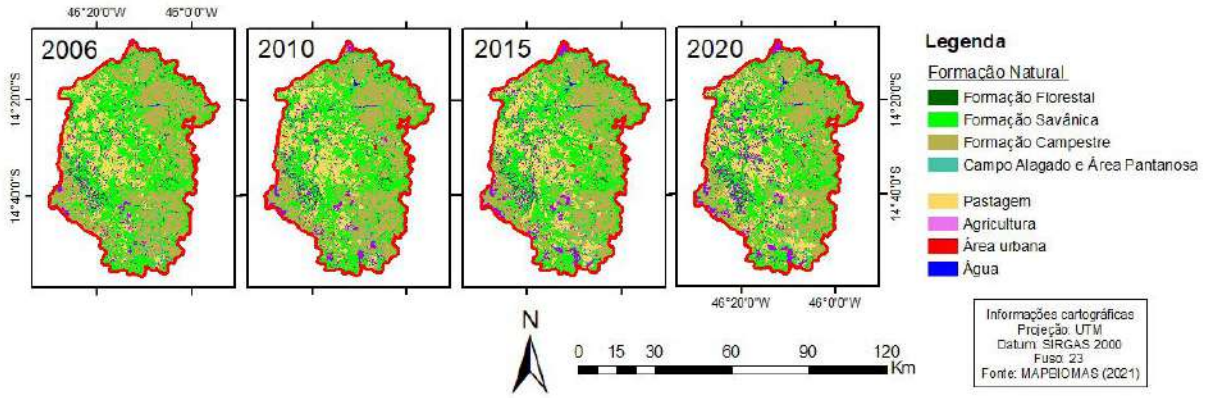


Figura 4: Evolução do uso do solo na Sub-bacia hidrográfica do rio Corrente.
Fonte: Adaptado de MAPBIOMAS (2021).

Observa-se que a parte oeste da bacia é aquela que apresenta um melhor adensamento de atividades antrópicas, principalmente relacionada a pastagem. Leão (2008) aponta que a atividade pecuária é atividade econômica mais antiga da região, sendo esta representante de cerca 20% da área total.

Observa-se que as áreas agrícolas e de pastagem estão com tendência de crescimento para a região sudoeste, e pode-se apontar com justifica à presença da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Vermelho localizada na parte nordeste da bacia. A APA de certa forma impede o avanço da agropecuária na região, uma vez que esta possui medidas restritivas em relação as atividades que podem ser desenvolvidas, com o intuito de proteger e conservar o meio ambiente nesta unidade territorial.

A APA além de proteger uma grande quantidade de espécies endêmicas e de muita importância à conservação do Cerrado, também é detentora de feições geomorfológicas cársticas importantes, a exemplo de cavernas, dolinas e sumidouros. Estas feições são de extrema fragilidade ambiental, uma vez que são formadas pela dissolução do carbonato de cálcio, e apresentam instabilidade física de seus materiais rochosos (BRITO *et al.*, 2014). Além disto estas também representam áreas importantes de recarga hídrica subterrânea, a qual pode ser contaminada a depender das atividades desenvolvidas sobre seu substrato (WILLIAMS, 1993).

A classe 'natural' aqui representada abrange a formação Florestal, Campestre, Savânica e Campo Alagado. Estas representam aproximadamente 70 % de toda área da bacia, porém destaca-se que dentre o período em estudo houve uma diminuição de em 10% de seu total. Em relação ao seu grau de dependência com a superfície d'água, esta apresentou uma correlação linear negativa (r = -0.702). Acerca do coeficiente de determinação, este indicou que 49,3 % da área modificada tem como influencia a variação da superfície d'água na bacia.

Este resultado também indica a correlação linear negativa que as classes de agricultura e de pastagem possuem em relação a formação natural, uma vez que à medida que as áreas são direcionadas as atividades agropecuárias, ocorre a diminuição das áreas de vegetação natural. Esta dinâmica é observada em diversos trabalhos, a exemplo de MENKE *et al.* (2009) o qual apresentou uma análise temporal do uso e cobertura do solo no município de Luís Eduardo Magalhães (BA) de 1987 a 2007, indicando a substituição da classe de vegetação natural para a agropecuária de quase 50% dentre o período analisado.

Com o objetivo de indicar a correlação e a dependência destas variáveis, foi também realizado os mesmos testes, sendo agora a formação natural a variável dependente, e a agricultura e a pastagem as independentes, conforme a tabela 3.

Tabela 3: Regressão linear e teste de correlação da variável "natural"

	β	Erro Padrão	r	R^2	p
Pastagem	-1.04	0.00855	-0.866	0.750	< 0.01
Agricultura	-1.03	0.00786	-0.886	0.785	< 0.01

Os resultados indicaram que ambas as variáveis apresentaram significância estatística nas correlações, apresentando ainda uma alta depen-

dência estatística entre as variáveis analisadas (r= 0.866 e r= 0.886). Em relação ao proporcional de dependência, estes indicaram mais de 75% da pastagem e 78% do aumento da agricultura, são explicados pela diminuição da classe formação natural.

4. Considerações Finais

Com base nos resultados adquiridos conclui-se que a variações da superfície d´água encontradas na bacia de rio corrente, possuem uma correção melhor com as mudanças do uso do solo, principalmente relacionados ao aumento da agricultura e da pastagem. Pode-se apontar como um dos motivos dessa alta dependência, a instalação de PCHs na área, o qual segundo Leão (2008) ocasionou em um aumento de renda dos municípios o qual propiciou o exercício da atividade agrícola.

Observa-se que há uma tendência de crescimento da agricultura e da pastagem para a região sudeste, o qual é influenciado pela presença da APA do rio Vermelho que se encontra na parte nordeste da bacia, a qual impede de certa forma o avanço da agropecuária para esta região, devido às restrições ambientais que esta apresenta.

Indicou-se ainda que as alterações nas áreas da classe natural, possuem uma alta relação estatística com as variações de pastagem e de agricultura, indicando uma correlação linear negativa entre elas.

Conclui-se assim com base nos resultados apresentados que as alterações nas características físicas relacionadas a superfície d'água, influenciaram no uso e cobertura do solo, na Sub-bacia hidrográfica do rio Corrente. Indica-se como possíveis novos estudos uma análise que considere outras variáveis físicas, a exemplo da vazão e da evapotranspiração. Como também a aplicação de variáveis sociais a exemplo de políticas públicas de incentivo à agropecuária.

5. Referências

ABATZOGLOU, J. T. *et al.* TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015**. Scientific data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018.

ALENCAR, A. *et al.* Mapping three decades of changes in the brazilian savanna native vegetation using landsat data processed in the google earth engine platform. **Remote Sensing**, v. 12, n. 6, p. 924, 2020.

BAESSO, R. S.; SOUZA, A. A. O coeficiente de determinação é uma medida confiável do poder explicativo de modelos de estimação do valor intrínseco das ações negociadas na Bovespa. *In:* **CONGRESSO USP CONTROLADORIA E CONTABILIDADE**. 2010. p. 1-17.

BRITO, T. S. A.; CAMPOS, R. F.; VASCONCELOS, F. C. W. Geoturismo na APA Carste Lagoa Santa/MG: breve reflexão sobre a identidade do espaço. VIII Seminário da Associação Nacional Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo – out. de 2011. **Anais...** UNIVALI– Balneário Camboriú/SC.

FARLEY, K. A.; JOBBAGY, E. G.; JACKSON, R. B. Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy. **Global Change Biology**, v. 11, n. 10, p. 1565-1576, 2005.

FERREIRA, C. F. **Detecção de Dolinas com apoio de Modelos Digitais de Elevação e Imagens de Alta Resolução: Estudo de Caso na APA Nascentes do Rio Vermelho--GO**. 2020. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

GOIÁS. Governo do Estado de Goiás. Secretaria de Estado de Infraestrutura. **Parque Gerador Elétrico Elétrico.** 2011. Disponível: http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2012-07/seinfra-pge-2011_miolo_final.pdf. Acesso em: 7 out. 2021.

HERMUCHE, P. M. **Modelagem da Paisagem da Floresta Estacional Decidual no Vão do Paranã, Goiás**. 2010. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

LATUF, M. O. **Land use change and hydrologic behavior analysis in the Preto river and Entre Ribeiros creek basins.** 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização agrícola; Processamento de produção) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LATRUBESSE, Edgardo M. *et al.* Damming the rivers of the Amazon basin. **Nature**, v. 546, n. 7658, p. 363-369, 2017.

LEÃO, L. L. **Considerações sobre impactos socioambientais de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs): modelagem e análise.** Dissertação de Mestrado. UnB. DF. 2008.

MENKE, A. B.; CARVALHO JUNIOR, O. A. D.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, É. D. S.; OLIVEIRA, S. N. D. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luís Eduardo Magalhães (BA-Brasil). **Sociedade & Natureza**, v. 21, p. 315-326, 2009.

MILLY, P. C. D. *et al.* Climate change. Stationarity is dead: whither water management? **Science** (New York, N.Y.), v. 319, n. 5863, p. 573–574, 2008.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Geomorfologia do Estado de Goiás**. Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 12, n. 1, p.1-22, dez. 1991.

PARANHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; DA ROCHA, E. C.; DA SILVA JÚNIOR, J. A.; NEVES, J. A. B.; SANTOS, M. L. W. D. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: o retorno. **Leviathan (São Paulo)**, n. 8, p. 66-95, 2014.

SANTOS, Eduardo H. M. dos; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 826-834, fev. 2010.

SOUZA, C. M. *et al.* Long-term annual surface water change in the Brazilian Amazon Biome: Potential links with deforestation, infrastructure development and climate change. **Water**, v. 11, n. 3, p. 566, 2019.

SOUZA, C. M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with LANDSAT archive and earth engine. **Remote Sensing,** v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

SOUZA, C.; AZEVEDO, T. **MapBiomas general handbook.** MapBiomas: São Paulo, Brazil, p. 1-23, 2017.

TUCCI, Carlos EM. Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. **Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas–Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília**, p. 150, 2002.

WILLIAMS, P. W**.** Environmental change and human impact on karst terrains: an introduction. **Catena.** Supplement (Giessen), n. 25, p. 1-19, 1993.

ZHANG, L.; DAWES, W. R.; WALKER, G. R. 2001. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. **Water resources research**, v. 37, n. 3, p. 701-708.

Análise Temporal das Mudanças do Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Água Limpa em São João Del Rei - MG

Mariana Santos Freitas[1]
João Batista Ferreira Neto[2]
Kássio Samay Ribeiro Tavares[3]

Resumo: Estudos que embarcam a correlação entre uso e cobertura da terra e recursos hídricos colaboram com o planejamento e manejo de bacias hidrográficas. O objetivo desse estudo é realizar uma análise do Uso e Cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, localizada em São João del rei – MG, com o intuito de sintetizar e compreender através de mapas temáticos as mudanças que ocorreram nos anos de 1985 e 2020, a fim de obter um melhor entendimento sobre as dinâmicas territoriais e da paisagem na bacia. A metodologia contou com três etapas que contaram com uma descrição da área de estudo e uma revisão da literatura acerca das ferramentas utilizadas nesse trabalho, a segunda etapa consiste em uma explanação sobre os processos para obtenção do produto final, que são os mapas temáticos de Uso e Cobertura da terra da bacia do Água Limpa, e a terceira etapa consiste em uma análise e comparação temporal dos produtos finais relacionados aos anos de 1985 e 2020. As mudanças mais expressivas foram: a diminuição da Formação Campestre, que em 1985 possuía uma área de 52,15km^2 e em 2020 tem apenas 30,51km^2 do total da área da bacia; A classe de Lavouras Temporárias, que costumam ser culturas com cultivo de curta ou média duração, e apresentou um aumento de 6,67km^2 nos últimos 36 anos; na bacia do Água Limpa, em 2020, a classe de corpos hídricos não apareceu na classificação disponibilizada pela coleção 6 do projeto MapBiomas.

Palavras-chave: uso e cobertura da terra; bacia hidrográfica; análise temporal; mapbiomas.

1 Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ - santos.mari.freitas@hotmail.com.

2 Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ joaoseventhing@hotmail.com.

3 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP kassiosamayribeiro@gmail.com.

Abstract: Studies that embrace the correlation between land use and cover and water resources collaborate with the planning and management of watersheds. The objective of this study is to carry out an analysis of Land Use and Coverage in the Córrego Água Limpa Basin, located in São João del rei - MG, in order to synthesize and understand through thematic maps the changes that occurred in 1985 and 2020, in order to gain a better understanding of the territorial and landscape dynamics in the basin. The methodology had three stages that included a description of the study area and a literature review about the tools used in this work, the second stage consists of an explanation of the processes for obtaining the final product, which are the thematic maps of Use and Land cover of the Água Limpa Basin, and the third stage consists of an analysis and temporal comparison of the final products related to the years 1985 and 2020. The most expressive changes were: the reduction of the Grassland, which in 1985 had an area of 52.15km^2 and in 2020 it has only 30.51km^2 of the total basin area; The Temporary Crops class, which are usually crops with short or medium duration cultivation, and presented an increase of 6.67km^2 in the last 36 years; In 2020, in the Água Limpa Basin, the class of water did not appear in the classification provided by Collection 6 of the MapBiomas Project.

Keywords: land use and coverage; watershed; temporal analysis; mapbiomas.

1. Introdução

O desenvolvimento urbano se acelerou na segunda metade do século XX com a concentração da população em espaço reduzido, produzindo grande competição por recursos naturais (solo e água), além de destruir parte da biodiversidade natural (TUCCI, 2008). Quanto aos estudos relacionados à ação do homem sobre a superfície terrestre, os levantamentos do uso e do revestimento da terra constituem informações básicas para o entendimento das manifestações humanas, caracterizadas, principalmente, pelas paisagens (LUCHIARI, 2005).

De acordo com Vasconcelos e Novo (2004, p. 488), “uma das maiores dificuldades encontradas pelos usuários de dados de sensoriamento remoto reside, entretanto, na disponibilidade de método rápido e preciso para obter mapas de uso e cobertura da terra.”

Estudos que embarcam a correlação entre uso e cobertura da terra e recursos hídricos colaboram com o planejamento e manejo de bacias hidrográficas. Para Jacobi (2006, p. 04), “uma bacia hidrográfica é definida

como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional dos Recursos Hídricos". Segundo Tucci (2008, p. 108), "a gestão do ambiente interno da cidade trata de ações dentro do município para atender aos condicionantes externos previstos no Plano de Bacia para evitar os impactos." sendo então importante que exista um planejamento coerente em relação aos recursos hídricos, com leis que assegurem seu cumprimento.

Os SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) facilitam os estudos no espaço terrestre combinando tecnologias e equipamentos que ajudam no processamento e análise de dados, resultando em infinitas possibilidades e produtos finais, como cartas topográficas, mapas, gráficos, tabelas, dentre outros, utilizando-se de tecnologias distintas, que são: Sensoriamento remoto, GPS e geoprocessamento. Técnicas de Sensoriamento Remoto que possibilitam um processamento e armazenamento rápido de dados estão sendo essenciais para análises sociais e ambientais. A utilização de plataformas baseadas em nuvens que disponibilizam séries temporais de longos períodos e de softwares livres permitem a realização de pesquisas com aplicações metodológicas acessíveis e de baixo custo. Materiais que norteiam sobre o uso e cobertura da terra são importantes ferramentas para orientar as tomadas de decisões de órgãos públicos em relação aos recursos hídricos e outras temáticas ambientais.

Diante do exposto, objetivou-se nesse trabalho analisar o Uso e Cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, localizada em São João del rei – MG, com o intuito de sintetizar e compreender através de mapas temáticos as mudanças que ocorreram nos anos de 1985 e 2020, a fim de obter um melhor entendimento sobre as dinâmicas territoriais e da paisagem na bacia. Para isso será utilizada a classificação da Coleção 6 do projeto MapBiomas, que disponibiliza uma série anual de dados de uso e cobertura da terra do território brasileiro dos últimos 35 anos.

2. Metodologia

Com o intuito de cumprir com o objetivo de sintetizar e analisar o Uso e Cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, a metodologia utilizada foi composta por três etapas. A primeira etapa consiste em uma exposição de informações sobre a área escolhida para aplicação

do referido estudo, assim como uma revisão da literatura acerca das ferramentas utilizadas nesse trabalho, com a finalidade de compreender melhor suas aplicações. A segunda etapa consiste em uma explanação sobre como foi realizada a delimitação e geração da rede de drenagem da bacia utilizando o modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tool), além de descrever os caminhos para obtenção e processamento dos dados levantados, obtidos da Coleção 6 disponibilizada pelo projeto MapBiomas e baixados através da plataforma Google Earth Engine (GEE), focando nos desdobramento dos procedimentos metodológicos para a obtenção do produto final que, no presente trabalho, foi o mapa temático do Uso e Cobertura da terra na bacia do Córrego Água Limpa. A terceira etapa consiste em uma análise temporal comparando os produtos resultantes relacionados ao Uso e Cobertura da terra dos anos de 1985 e 2020 na bacia do Água Limpa.

Os dados de uso e cobertura utilizados nesse estudo pertencem a Coleção 6 disponibilizada pela iniciativa MapBiomas. De acordo com MapBiomas (2020), "a iniciativa [...] foi formada em 2015 por universidades, ONGs e empresas para desenvolver um método rápido, confiável, colaborativo e de baixo custo para produzir uma série temporal de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil [...]".

> O processamento de imagens MapBiomas é baseado na tecnologia do Google, que inclui processamento de imagens em infraestrutura de computação em nuvem, programação com Javascript e Python via Google Earth Engine e armazenamento de dados usando Google Cloud Storage. (MAPBIOMAS, 2020, p. 10)

Atualmente, as coleções disponibilizadas pelo Projeto podem ser acessadas de formas diversas: Através da plataforma disponibilizada pelo site do mesmo; através do software livre QGIS; através do *asset* de dados disponíveis na plataforma do Google Earth Engine (GEE) com o ID disponível no site do projeto; através de Toolkits desenvolvidos no GEE onde a coleção pode ser baixada por estado, município, bioma e também existe a possibilidade de inserir a geometria desejada, sendo essa última a forma utilizada no presente estudo.

O emprego do Sensoriamento Remoto para coleta de dados da superfície da Terra demanda uma capacidade considerável de processamento e armazenamento, e isso pode demandar uma boa parte do tempo quando se trata de séries históricas.

O Google Earth Engine é uma plataforma desenvolvida por diversos pesquisadores, inclusive brasileiros, onde é possível analisar em larga es-

cala dados geoespaciais e possui uma vasta fonte de dados disponíveis, incluindo imagens de sensoriamento remoto diversos sensores.

> Versão mais sofisticada, avançada e robusta do que o Google Earth – o popular programa computacional que permite a visualização de modelos tridimensionais do globo terrestre –, o Earth Engine também possibilita a elaboração de detalhados mapas do planeta, agregando imagens de satélites, mas vai além. (VASCONCELOS, 2015, p. 66).

Com uma interface intuitiva e de fácil acesso, a plataforma GEE se tornou uma ótima ferramenta que colabora com diversas análises e pesquisas, possibilitando resultados rápidos e confiáveis. É único no campo com uma plataforma integrada projetada para capacitar não apenas os cientistas de sensoriamento remoto tradicionalistas, mas também um público muito mais amplo que não tem a capacidade técnica necessária para utilizar supercomputadores ou recursos de computação em nuvem de commodities em grande escala. (GORELICK *et al.,* 2017, p. 18).

Área de estudo

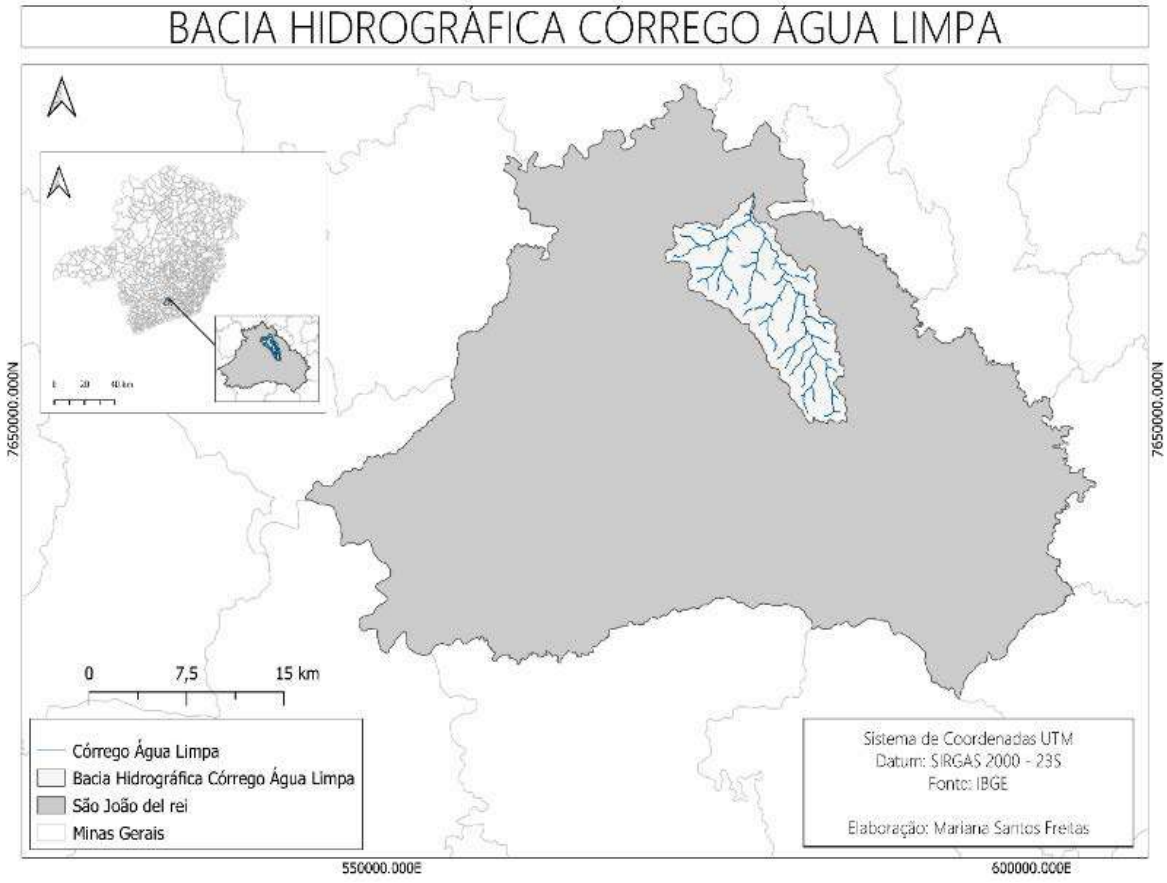


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Córrego Água Limpa
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A área de estudo corresponde à Bacia do Córrego Água Limpa, que está localizada no município de São João del-Rei, na região dos Campos das Vertentes, no estado de Minas Gerais (Figura 1). Segundo dados da EMBRAPA (2006), o município possui temperatura média anual de 19,2ºC, precipitação média de 1.437mm e o seu clima, seguindo a Classificação de Köppen, é de inverno seco e verão chuvoso. O relevo apresenta um padrão de dissecação homogênea, com tendência mais pronunciada para as densidades de drenagem média a baixa, representada por colinas com topos convexos a tabulares e encostas, também suavizadas, intercaladas por cristas alongadas, geralmente assimétricas (EMBRAPA, 2006, p. 22).

Procedimentos metodológicos

Para a delineação e geração da rede de drenagem foi utilizado o modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tool) na versão 2012 acoplado ao sistema de informações geográficas Arcgis na versão 10.5, onde ocorreu a inserção do Modelo Digital de Elevação. No módulo Watershed Delineation foi feita a delimitação da bacia, e a rede de drenagem foi definida através do Flow direction and accumulation, a partir da área da bacia em hectares, onde o valor máximo de hectares foi reduzido, gerando assim uma rede mais densa de drenagem. E essa operação foi confirmada pelo Stream network, onde finalmente a drenagem é gerada. Então foi definida a saída da bacia, onde a mesma finalmente foi delimitada pelo 'delineate watershed', confirmando todas as operações realizadas anteriormente.

Os dados obtidos através do MapBiomas User Toolkit 1.7.0 foram acessados por meio da plataforma do Google Earth Engine (GEE). "As coleções de Imagens e Mapas do MapBiomas estão disponíveis para serem acessadas como asset diretamente no Google Earth Engine, sem a necessidade de baixar ou subir os dados" (MapBiomas, s/d). Após preenchimento das informações requisitadas no painel de controle disponibilizado pelo Toolkit, foram baixadas da plataforma diretamente para o Google Drive série histórica em formato .tif (arquivo raster) dos anos de 1985 até 2020.

Após seguir os passos anteriores, as imagens dos anos de 1985 e 2020 foram abertas e trabalhadas no software QGIS versão 3.16.11 por meio de suas ferramentas, sendo possível delimitar e classificar ambas as imagens de acordo com os códigos de legenda e paletas de cores da Coleção 6 do MapBiomas, disponível para download no site do Projeto, possibilitando a análise da mudança no Uso e Cobertura da terra do córrego Água Limpa.

3. Resultados e Discussão

As Figuras 2 e 3 apresentam os mapas de Uso e Cobertura da terra da bacia do Córrego Água Limpa, dos anos de 1985 e 2020, possibilitando uma análise de 36 anos das mudanças no uso e cobertura da área alvo do estudo. Preferiu-se, na elaboração desses mapas em específico, utilizar a legenda contendo todas as classificações encontradas ao invés de agrupa-las, a fim de obter uma melhor análise sobre as mudanças encontradas.

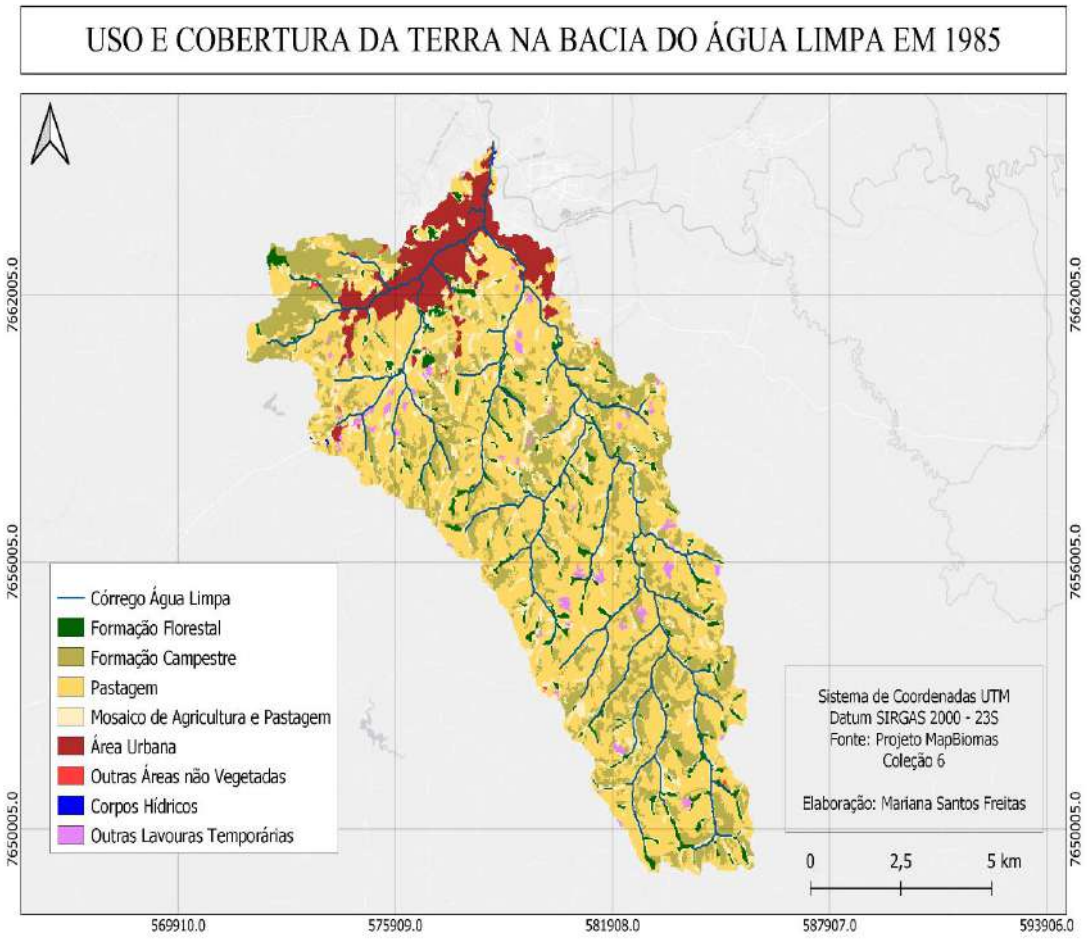


Figura 2: Mapa de Uso e Cobertura da Terra na hidrográfica do Córrego Água Limpa em 1985
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Em 1985 os tipos de uso e ocupação da terra mais expressivos eram Formação Campestre e Pastagem, ocupando um total de área de 52,15km² e 21,10km², respectivamente. Também é possível observar pontos específicos de lavouras temporárias distribuídos ao longo da bacia e bem próximas aos corpos hídricos, de onde provavelmente é retirada a água para irrigação. A classe de Formação Florestal ocupa cerca de 4,24 km² do total da bacia e a maior parte está presente rente aos corpos d'água, e pode

ser considerada mata ripária, que são ambientes florestais que costumam ser localizados próximos aos corpos d'água, e podem ser subdivididas em mata ciliar e mata de galeria. A classe de Áreas não vegetadas representa uma pequena parcela, ocupando 0,17km² da área total da bacia, concentrando-se próximas aos corpos d'água. A Área Urbana de São João del rei apresenta uma tendência de expansão sentido às margens dos recursos hídricos e no ano de 1985 ocupava uma área de 7.20km² do total da bacia.

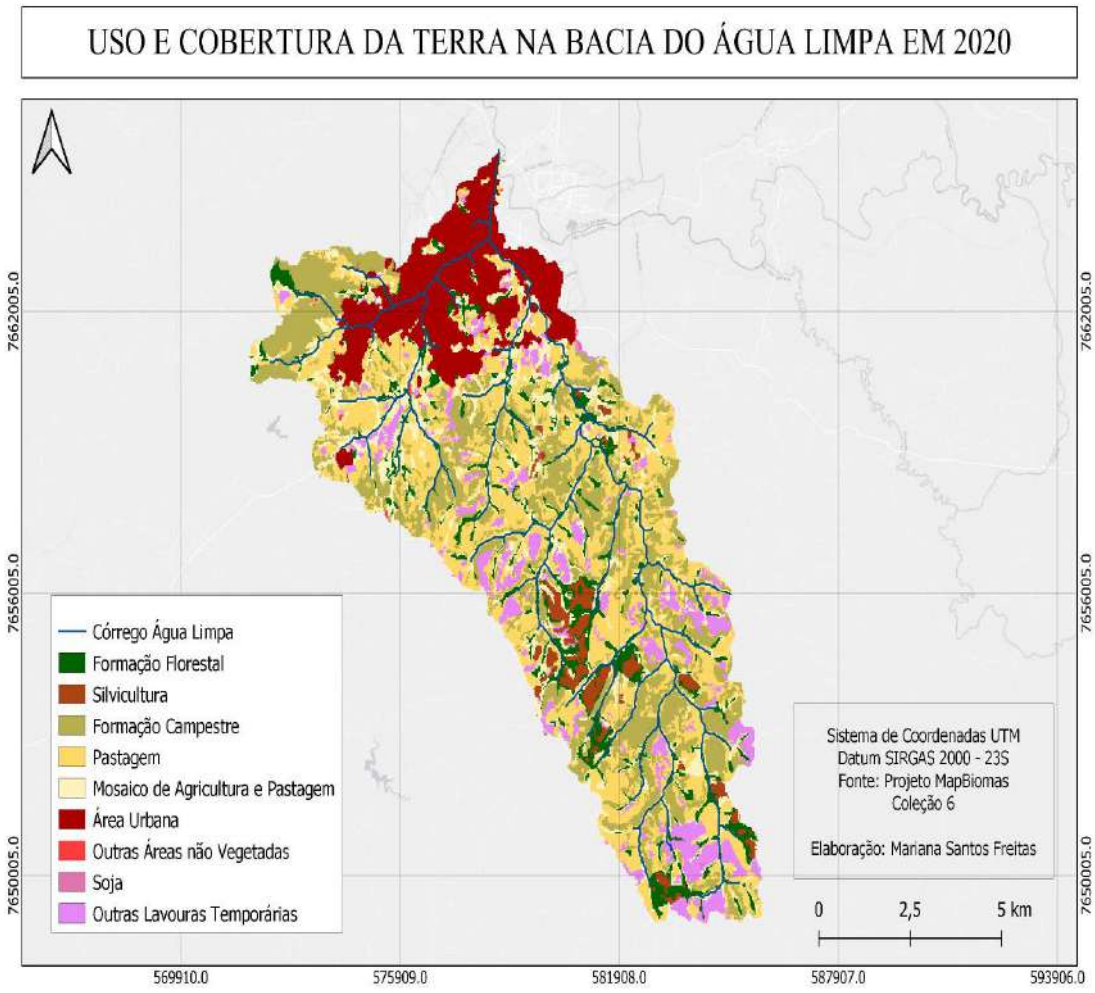


Figura 3: Mapa de Uso e Cobertura da Terra na bacia hidrográfica do Córrego Água Limpa em 2020
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

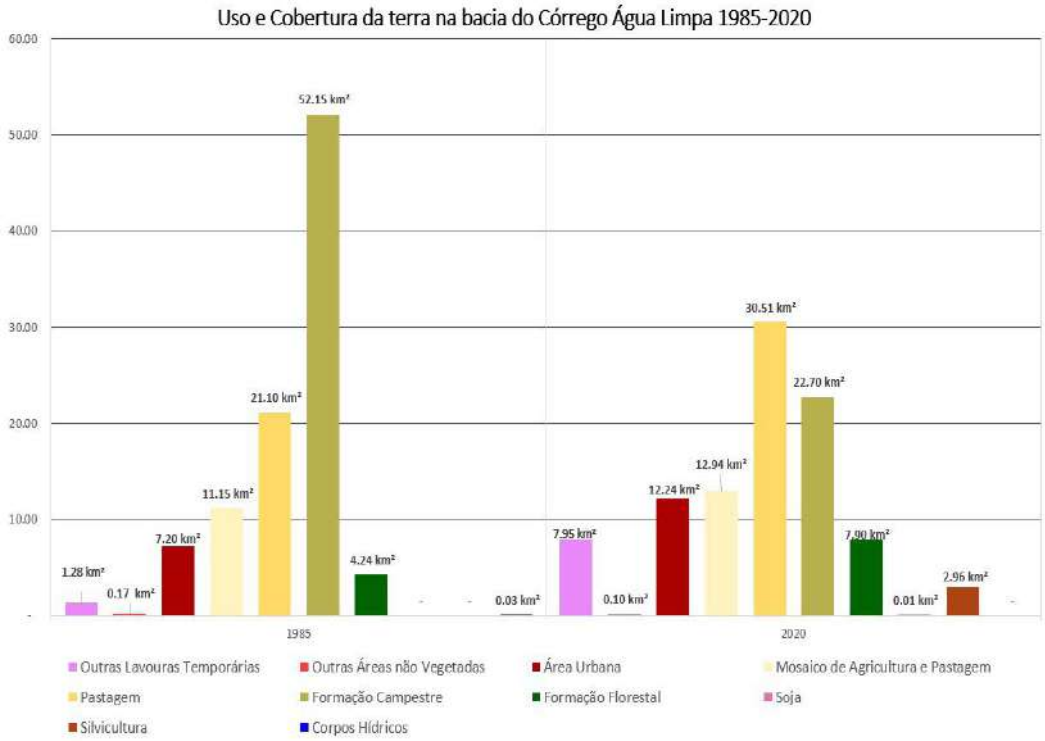
A área urbana teve seu crescimento percebido ao longo dos recursos hídricos, ocupando uma área de 12,24km² em 2020, o que corrobora com a história do crescimento da cidade de São João del Rei, que surgiu nas margens do córrego do Lenheiro, se expandiu ao longo do seu curso e de seus afluentes (SANTOS; VENTURINI, 2017, p. 172).

Embora algumas classes tenham ocupado lugares em que antes havia pastagem, essa, por sua vez, foi uma classe que teve um aumento expressivo de 9,41km² no ano de 2020. De acordo com a Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no Brasil existem aproximadamente 200 milhões de hectares de pastagens nativas ou implantadas, dos quais estima-se que cerca de 130 milhões estejam degradados e necessitem de alguma intervenção para reverter o estado em que se encontram. Em 2020, a Formação Campestre apresentou uma diminuição de 29,45km² do total da área da bacia, sendo a camada que mais se converteu em outras classes nas últimas três décadas.

Um detalhe importante a ser percebido analisando os dois mapas apresentados e o Gráfico 1 abaixo, é que a Soja se faz presente, mesmo ocupando uma pequena parcela da área, no ano de 2020, e a classe de Corpos Hídricos, que há 35 anos atrás já não ocupava uma área de forma expressiva, não aparece na classificação de 2020.

Gráfico 1: Uso e cobertura da terra na bacia do Água Limpa 1985-2020



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Dentre os dados observados no gráfico, as mudanças mais expressivas são: a diminuição da Formação Campestre, que em 1985 possuía uma área de 52,15km² e em 2020 tem apenas 30,51km² do total da área da bacia; A classe de Lavouras Temporárias, que costumam ser culturas com cultivo de curta ou média duração, e apresentou um aumento de 6,67km² nos últimos 36 anos; a diminuição dos corpos hídricos, que já não era uma classe tão expressiva na classificação da bacia; o aumento da classe de Pastagem,

além da presença, no ano de 2020, da classe de Soja, mesmo ocupando uma área pequena, o equivalente a 0,01km² do total da bacia;

A Silvicultura, em 2020 ocupou 2,96km² da área total da bacia, e é uma prática muito utilizada nos últimos tempos com a finalidade de otimizar as plantações de florestas para fins lucrativos. De acordo com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC),

> Para que um projeto de silvicultura tenha sucesso, o planejamento e a implantação devem estar de acordo com as várias etapas do processo, que abrangem: estudo do clima, determinação da espécie e escolha do material genético, produção de mudas, preparo do solo, controle de pragas, colheita planejada, tratos culturais e silviculturais (s/d).

A população estimada na cidade de São João del rei para o ano de 2021 é de um total de 90.897 habitantes, de acordo com dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, e a densidade demográfica, no ano de 2010, era de 57,68 habitantes por km² (IBGE, 2017), e a Área Urbana da cidade que se encontra dentro da bacia do Água Limpa, teve um crescimento de 5,04km² do total da bacia nos últimos 36 anos, e sua expansão se encontra na jusante da bacia hidrográfica.

4. Considerações Finais

As ferramentas de SIG possibilitaram a geração de mapas de Uso e cobertura da Terra na bacia do Córrego Água Limpa, e a metodologia para obtenção desse resultado se mostrou de fácil utilização e pode ser aplicada em outros estudos similares.

É importante trazer novos dados e informações para compreender a falta da classe de Corpos Hídricos na classificação de uso e cobertura no ano de 2020, assim como dados sobre vazão e qualidade da água. Novos estudos relacionados a Silvicultura presente na bacia do córrego Água Limpa também se mostram necessários, principalmente com propostas voltadas ao monitoramento do uso e cobertura da classe, sabendo-se que existe um crescimento considerável dessa prática nas últimas décadas, a fim de mitigar possíveis impactos negativos nos corpos hídricos e também no solo.

Estudos atualizados relacionados ao âmbito socioeconômico da cidade de São João del rei também serão bem vindos para compreensão da ocupação urbana da cidade e sua relação com os corpos hídricos que a permeiam, considerando que seu crescimento está circundando os principais corpos d'água da cidade, e construções como as que estão presentes a jusante da bacia podem correr sérios riscos de sofrer danos advindos de enchentes e inundações, além do impacto negativo causado no próprio recurso hídrico.

Estudos relacionados ao Uso e Cobertura da terra realizados através de dados atualizados, como os disponibilizados pelo MapBiomas, são de extrema importância para a manutenção do conhecimento acerca dos impactos causados pelas modificações na paisagem. A complementação desses estudos com informações atuais sobre outros processos que ocorrem dentro da bacia, possibilitaria uma análise mais ampla dos aspectos físicos e socioambientais presentes no corpo hídrico, além de viabilizar um melhor planejamento para a gestão do recurso.

5. Referências

Embrapa (2006). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 96 - Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campos das Vertentes – MG** Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2010/14927/1/bpd96-2006-levant-campos-vertentes.pdf. Acesso em: 28 set. 2021.

Embrapa Agrobiologia. **Pastagens.** Disponível em: https://www.embrapa.br/agrobiologia/pesquisa-e-desenvolvimento/pastagens. Acesso em: 28 out. 2021.

AGEITEC, Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Silvicultura**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fmcbqcwh02wyiv80kxlb36vbkge01.html. Acesso em: 28 out. 2021.

GORELICK, Noel *et al.* **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone**. Remote Sensing of Environment, v. 202, p. 18–27, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031. Acesso em: 6 out. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017.

IBGE Cidades –Panorama. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/sao-joao-del-rei/panorama. Acesso em: 28 set. 2021.

JACOBI, Pedro Roberto. **Gestão Participativa das Águas.** (2006) Disponível em: arquivo.ambiente.sp.gov.br/cea/2011/12/TextoJacobi.pdf. Acesso em: 28 set. 2021.

LUCHIARI, Ailton. **Algumas considerações sobre as aplicações dos produtos de Sensoriamento Remoto para levantamento do Uso e Revestimento da Terra.** Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina - Universidade de São Paulo p. 8191–8218, 2005.

MAPBIOMAS. **MapBiomas General "Handbook": Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)** - Collection 5, 2020. Disponível em: https://mapbiomas-brsite.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_5_v1.pdf. Acesso em: 29 set. 2021.

Projeto MapBiomas – **Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em: 25 set. 2021.

SANTOS, T. G; VENTORINI, S. E. **Mapeamento de áreas suscetíveis aos desastres humanos de natureza na bacia do córrego do Lenheiro, Minas Gerais, Brasil.** *In:* Revista Geográfica Venezolana, v. 59, p. 162–181, 2017.

TUCCI, Carlos E.M. **Águas Urbanas.** Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008.

VASCONCELOS, C. H; NOVO, E. M. L. M. **Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens-fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA.** Acta Amazonica, v. 34, n. 3, p. 487–493, 2004.

VASCONCELOS, Yuri. **Colaboração do céu**. p. 64–69, 2015. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/colaboracao-do-ceu/. Acesso em: 6 out. 2021.

ZULAUF, Werner E. **O meio ambiente e o futuro.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 14, n. 39, p. 85-100, Ago. 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ea/v14n39/v14a39a09.pdf. Acesso em: 29 set. 2021.

Análise Morfométrica comparativa entre as Sub-Bacias do Córrego Água Branca e Ribeirão Caveirinha no Município de Goiânia-GO

Ana Flávia Soares Carneiro[1]
Karla Maria Silva de Faria[2]

Resumo: A análise da morfometria é um importante auxílio na compreensão do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, o que torna sua execução interessante também para ambientes urbanos, tendo em vista que complicadores físicos e falta de planejamento podem provocar grandes danos socioambientais. Utilizando a execução dos cálculos dos parâmetros morfométricos para a obtenção dos resultados, teve-se como objetivo traçar o comportamento hidrológico das áreas estudadas. Desta forma, a caracterização morfométrica demonstrou, de modo geral, que a sub-bacia do Córrego Água Branca possui maior predisposição a eventos de enchentes e erosões que a sub-bacia do Ribeirão Caveirinha, sobretudo devido ao relevo mais movimentado da bacia que contribui para um rápido escoamento superficial em situações de chuvas torrenciais.

Palavras-chave: Morfometria, bacias hidrográficas, impactos ambientais.

Abstract: The analysis of morphometry becomes an important aid in the understanding of hydrological behavior on watersheds, which makes its execution also interesting for urban environments, considering that physical complicators and lack of planning can cause great socio-environmental damage. Calculating the morphometric parameters to obtain the results, the objective was to trace the hydrological behavior of the studied areas. The morphometric characterization showed, in general, that the Córrego Água Branca sub-basin has a greater predisposition to flood and erosion events than the Ribeirão Caveirinha sub-basin, mainly due to the more rugged relief of the basin, which contributes to a rapid runoff in torrential rain situations.

Keywords: Morphometry; hydrographic basin; environmental impacts.

1 Universidade Federal de Goiás - anafscarneiro@gmail.com.

2 Universidade Federal de Goiás – karla_faria@ufg.br.

Introdução

Apesar das diversas conceituações existentes na literatura para a definição de bacia hidrográfica, podemos considerá-la como sendo:

> "um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas de água e do material por ele transportado, que mantêm relações com esses canais" (Rodrigues e Adami, 2005, p. 147).

A ocorrência de fenômenos naturais identificados em uma bacia hidrográfica, sobretudo quando intensificados por meio da ação antrópica, podem ser compreendidos com a execução da caracterização morfométrica da mesma. Conforme elucida Rocha *et al.* (2014), a caracterização morfométrica de uma bacia é um procedimento utilizado em análises hidrológicas e ambientais pois auxilia no entendimento de dinâmicas locais e colabora para o gerenciamento de recursos hídricos, como realizado em Santos *et al.* (2012) e Tonello (2005).

As características morfométricas são capazes de correlacionar padrões hidrológicos com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. Os parâmetros morfométricos podem revelar indicadores físicos de forma a qualificar as alterações ambientais, sendo uma importante ferramenta nos estudos acerca da vulnerabilidade ambiental de uma dada bacia hidrográfica (TEODORO *et al.*, 2007).

Neste estudo serão comparadas as características morfológicas de duas sub-bacias hidrográfica a fim de se traçar o a tendência de comportamento hidrológico das bacias por meio de suas características físicas, podendo servir como auxílio para eventuais estudos e tomadas de decisão.

Metodologia

O estudo se divide entre a caracterização de duas sub-bacias urbanas do município de Goiânia que integram a bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte (principal canal de drenagem da região metropolitana da capital e

responsável pelo abastecimento de parte da população), a sub-bacia do Córrego Água Branca e a sub-bacia do Ribeirão Caveirinha, com localizações espacializadas conforme visto na figura 1.

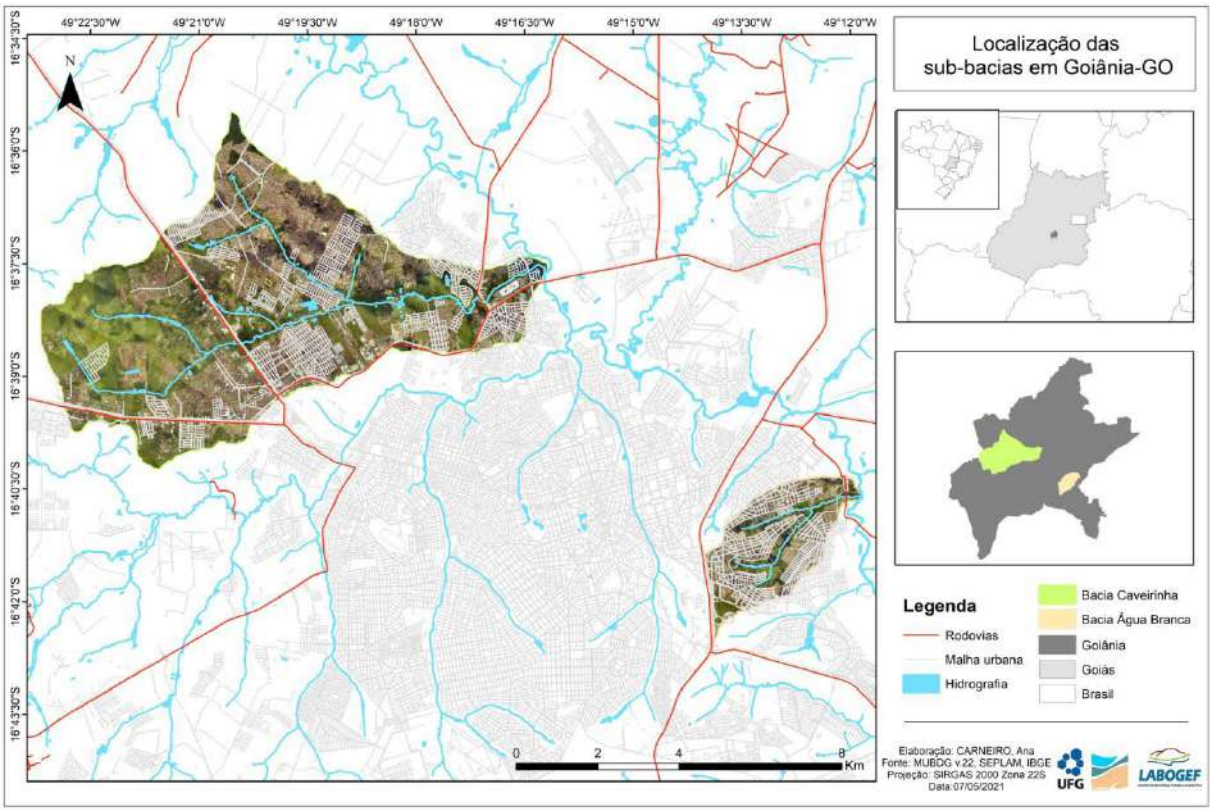


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias analisados no município de Goiânia.
Fonte: Autoria.

A delimitação das bacias analisadas foi executada a partir do Modelo Digital de Terreno - MDT de Goiânia, realizado pela prefeitura do próprio município, que possui resolução espacial de 5 metros. Os procedimentos de delimitação foram feitos de forma automática por meio do *software* ArcGis 10.8 e dos recursos presentes em sua ferramenta *Hydrology*. Foram feitas correções manuais nos limites das bacias a partir de comparações dos resultados gerados com curvas de nível e fotointerpretação. Com a finalização dessa etapa, realizou-se os cálculos pertinentes para o desenvolvimento da pesquisa.

A caracterização da morfometria e análise das bacias do Córrego Água Branca e Ribeirão Caveirinha se baseou nos índices que expressam as características geométricas, de relevo e da rede de drenagem, conforme segmentado por Tonello (2005).

Desta forma, objetivando a compreensão do comportamento hidrológico das bacias, foram selecionados os seguintes índices morfométricos para serem analisados:

2.1 Características geométricas

A área da bacia, conforme Christofoletti (1980), é representada por toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal. O perímetro da bacia será dado pelo comprimento de seus limites. Para a determinação do comprimento do eixo das bacias utilizou-se, dentre as diversas formas de se dimensionar este índice, a maior distância do desembocadouro, sendo a maior distância medida, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O Índice de circularidade (Ic) foi realizado conforme expresso por Trajano *et al.* (2012), onde é sugerido que bacias podem apresentar tendência à forma circular, favorecendo os processos de inundação, ou forma alongada, o que contribui para o processo de escoamento. O índice de circularidade é extraído por meio da fórmula:

$$Ic = 12{,}57 \times A/P^2$$

onde: A = área (km^2);

P = perímetro (km).

O Coeficiente de compacidade (Kc) também relaciona a forma da bacia com um círculo, indicando que quanto maior for o coeficiente de compacidade, mais irregular será a bacia. Valores acima de 1 apresentam baixa suscetibilidade à inundações e maior alongamento, enquanto valores mais próximos a 0 indicam maior nível de arredondamento e maior propensão à enchentes (VILLELA E MATTOS, 1975 apud TRAJANO, 2012), sendo expresso com a equação:

$$Kc = 0{,}28 \times P/\sqrt{A}$$

onde: P = perímetro (km);

A = área da bacia (km^2).

Diferentemente do Índice de circularidade e Coeficiente de compacidade, o Fator de forma (Ff) compara a bacia à forma geométrica de um retângulo. Villela e Mattos (1975) apud Nardine *et al.* (2013) afirmam que valores baixos do fator de forma indicam menores possibilidades de enchentes.

$$Ff = A/L^2$$

onde: Ff = Fator de forma;
A = Área de drenagem em m2;
L = Comprimento do eixo da bacia em m.

Adaptando a obra de Villela e Mattos (1975), Nardini *et al.* (2013) sintetizaram em uma tabela os valores de referência para a interpretação da suscetibilidade a enchentes considerando o Índice de circularidade, o Coeficiente de compacidade e o Fator de forma.

Tabela 1: Interpretação morfométrica dos parâmetros Fator de Forma, Índice de Circularidade e Coeficiente de compacidade.

Ff	Ic	Kc	Formato da bacia	Interpretação ambiental da bacia
1,00 - 0,75	1,00 - 0,8	1,00 - 1,24	Redonda	alta tendência à enchentes
0,75 - 0,50	0,80 - 0,60	1,25 - 1,50	Ovalada	tendência mediana à enchentes
0,50 - 0,30	0,60 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	baixa tendência à enchentes
< 0,30	< 0,40	< 1,70	Comprida	bacia com tendência a conservação

Fonte: Villela e Matos (1975) apud Nardini *et al.* (2013).

2.2 Características de relevo

A Amplitude altimétrica pode ser identificada a partir da diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Indicando a tendência que canais de drenagem possuem de se comportarem de forma retilínea ou tortuosa, o que sugere diferentes influências na carga de sedimentos, o Índice de sinuosidade (Is) pode ser obtido por meio da equação abaixo:

$$Is=L/Dv$$

onde: L = comprimento do canal principal em km;
Dv = distância vetorial entre pontos extremos do canal principal em km.

Ao relacionar a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal, a Relação de relevo (Rr) é interpretada por Schumm (1956) apontando-se que quanto maior o valor encontrado, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, demonstrando uma maior declividade média da bacia.

$$Rr=Hm/Lc$$

onde: Rr = Relação de relevo em m/km;
Hm = amplitude altimétrica em m;
Lc = comprimento do canal principal em km.

2.3 Características da rede de drenagem

Os canais existentes nas bacias analisadas foram mensurados seguindo três parâmetros: o Comprimento do rio principal, sendo este a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente (CHRISTOFOLETTI, 1980); o Comprimento vetorial do rio principal, em que se considera a distância em linha reta da nascente até a foz do canal; e o Comprimento dos canais, em que se considera a soma do comprimento de todos os cursos d'água. A Hierarquia fluvial das áreas de estudo foi analisada conforme a metodologia de Strahler (1952).

A análise da Densidade de drenagem (Dd) tem por objetivo indicar a maior ou menor velocidade com que a água deixa uma bacia hidrográfica, de modo a apontar o grau de desenvolvimento do sistema da bacia, logo, a eficiência de sua drenagem (CARDOSO *et al.*, 2006). A interpretação dos valores de densidade de drenagem encontrados mediante a equação abaixo foram sintetizados por Nardini *et al.* (2013) por meio da tabela 2.

$$Dd = Lt/A$$

onde: Lt = comprimento total dos canais (km);
A = área da bacia (km^2).

Tabela 2: Interpretação da densidade de drenagem a partir dos valores encontrados

Dd	Interpretação Ambiental	Interpretação ambiental da bacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,5 - 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial
2,5 - 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas
> 3,0	Super-alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão

Fonte: Horton (1945), Strahler (1957), França (1968) apud Nardini *et al.* (2013).

Considerado como um parâmetro inverso a densidade de drenagem, o Coeficiente de manutenção (Cm) representa uma medida de textura do solo e determina a área mínima para a manutenção de 1 m de um canal de escoamento permanente (MORAIS E ALMEIDA, 2010; TRAJANO *et al.*, 2012). Seu resultado é expressado com base na equação:

$$Cm = 1/Dd \times 1.000$$

onde: Cm = coeficiente de manutenção (m2/m);
Dd = densidade de drenagem (km/km2).

A Extensão do percurso superficial (Eps), de acordo com Christofoletti (1980) representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, e pode ser obtido por meio da expressão:

$$Eps=1/2Dd$$

onde: Eps = Extensão do percurso superficial da água de enxurrada em Km;
Dd = densidade de drenagem (km/km2).

Resultados e discussões

As áreas de estudo analisadas possuem diferentes dimensões, enquanto a sub-bacia do Córrego Água Branca possui uma área equivalente a 7,7 km², com 13 km de perímetro, a sub-bacia do Ribeirão Caveirinha ocupa 48,5 km² num perímetro de 36,7 km.

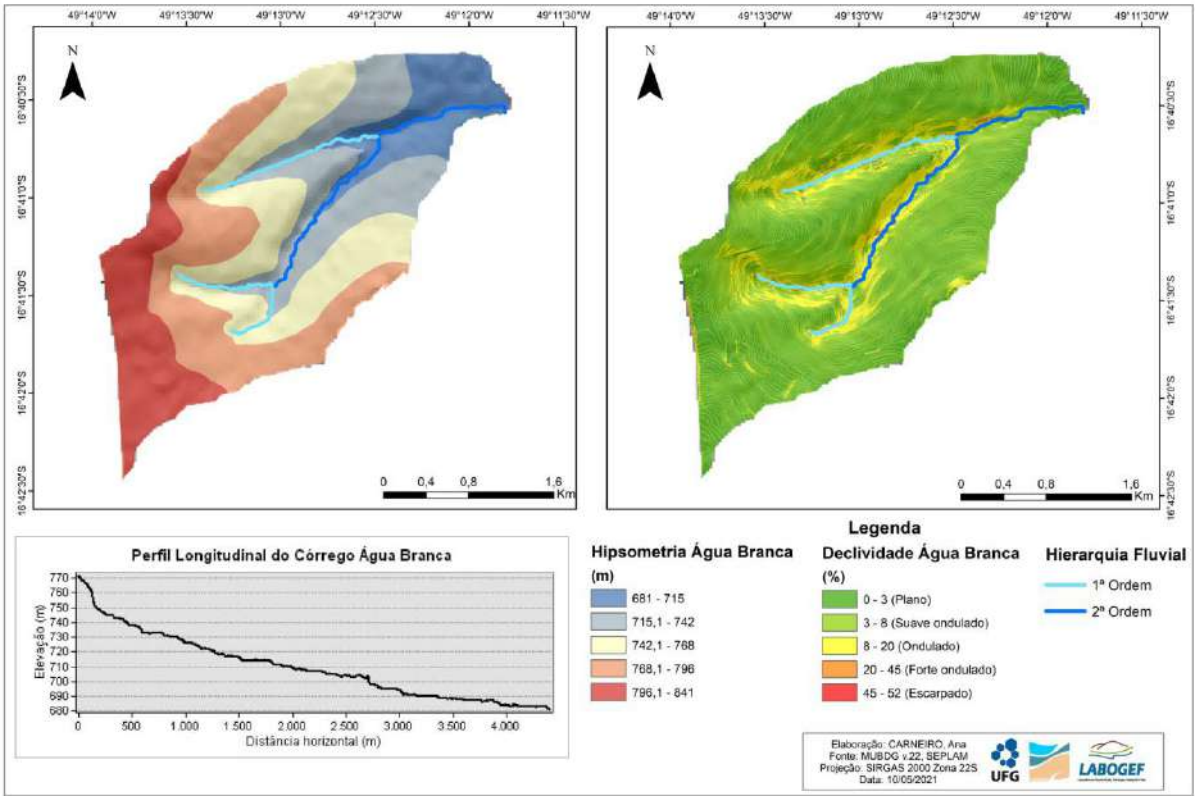


Figura 3: Hipsometria, declividade e hierarquia fluvial e perfil longitudinal da sub-bacia Água Branca. Fonte: Autoria.

Conforme é possível visualizar na figura 3, a sub-bacia do Córrego Água Branca possui uma variação altimétrica 160m, sendo a cota máxima de 841m e a mínima de 681m. Para Trentin e Robaina (2005), as faixas de altitude do relevo representadas em um mapa hipsométrico influem na energia do relevo, sendo as áreas mais elevadas as com maior potencial a dissecação e as áreas de menor altitude com maior tendência a acúmulo.

A declividade é um importante fator na compreensão dos processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica, de acordo com Tonello (2005), a ausência de cobertura vegetal, a classe de solo e a intensidade pluviométrica em regiões mais declivosas diminuem a possibilidade de infiltração, aumentando a quantidade e a velocidade do escoamento superficial. A sub-bacia Água Branca é constituída, em maior parte, de áreas com relevo suave ondulado, sendo que as porções mais declivosas, de relevo forte ondulado e escarpado, representam aproximadamente 1% da bacia e estão dispostas próximas aos canais de drenagem, conforme se apresenta na tabela 3.

Tabela 3: Área e porcentagem de ocupação das classes de relevo na sub-bacia Água Branca.

Declividade em %	Classes de relevo	Área em km²	% Ocupada
0 - 3	Plano	2,71	35,17
3 - 8	Suave ondulado	3,9	50,61
8 - 20	Ondulado	1,02	13,24
20 - 45	Forte ondulado	0,075	0,97
45 - 52	Escarpado	0,0002	0,002

Fonte: Autoria.

A bacia possui ainda três canais de 1ª ordem e dois canais de 2ª ordem, que se arranjam no padrão dendrítico. Trajano *et al.* (2012) explicam que o padrão de drenagem estabelecido em uma bacia se relaciona com a disposição das camadas rochosas, a resistência litológica, as diferenças de declive e a evolução geomorfológica que caracterizou a região.

Apresentando valores não muito distantes, a sub-bacia do Ribeirão Caveirinha possui como altitude máxima a cota de 914m, e como menor altitude encontrada a cota de 693m (figura 3), havendo desta forma uma amplitude altimétrica de 221m.

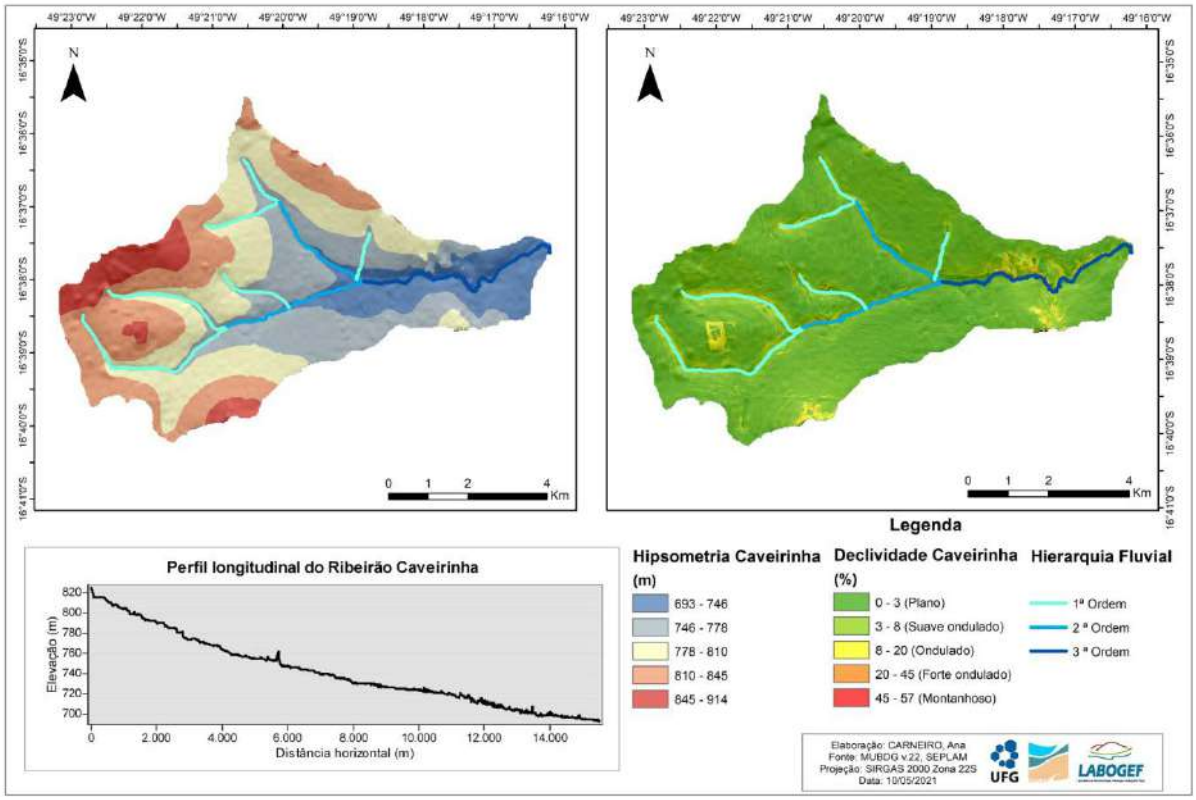


Figura 4: Hipsometria, declividade, hierarquia fluvial e perfil longitudinal da sub-bacia Caveirinha.
Fonte: Autoria.

O relevo encontrado na região do Caveirinha é majoritariamente uniforme, com poucas dissecações; mais de 50% de sua área total se dispõe sobre um relevo plano e cerca de 42% se encontra em zona de relevo suave ondulado. Menos de 0,5% da área da bacia é referente a classes de relevos mais acidentados (forte ondulado e escarpado), conforme demonstrado na tabela 4.

Tabela 4: Área e porcentagem de ocupação das classes de relevo na sub-bacia Caveirinha

Declividade em %	Classes de relevo	Área em km²	% Ocupada
0 - 3	Plano	25,32	52,23
3 - 8	Suave ondulado	20,46	42,2
8 - 20	Ondulado	2,5	5,15
20 - 45	Forte ondulado	0,2	0,41
45 - 57	Escarpado	0,001	0,002

Fonte: Autoria.

Quanto à hierarquia dos canais, a sub-bacia Caveirinha possui uma ordem superior à outra bacia em análise, esta atinge até a terceira ordem, sendo seis canais de 1ª ordem, quatro de 2ª ordem e um canal de 3ª ordem, configurados sob o padrão dendrítico.

Os índices que apontam o formato da bacia, associando-a a forma circular (Índice de circularidade e Coeficiente de compacidade) e a retangular (Fator de forma) indicam que as sub-bacias possuem forma ovalada/oblonga.

Conforme exemplificado na tabela 1, referente a interpretação destes fatores, a bacia do Córrego Água Branca apresentou os valores adimensionais de 1,31 no Coeficiente de compacidade (o que implica possuir formato ovalado), 0,31 de Fator de forma (considerada oblonga) e 0,56 no Índice de Circularidade (também considerada oblonga). Apresentando formatos iguais, a bacia do Ribeirão Caveirinha apresentou Coeficiente de compacidade equivalente a 1,47 (formato ovalado), Fator de forma 0,31 (oblonga), e Índice de circularidade de 0,45 (oblonga). Desta forma, considerando a tendência do formato geométrico das sub-bacias, ambas são consideradas com predisposição baixa/mediana a enchentes, quando em eventos normais de precipitação (SANTOS *et al.*, 2012)., e também à formação erosiva (NARDINI *et al.*, 2013).

No Índice de sinuosidade (Is) valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo com elevado controle estrutural ou alta energia, va-

lores superiores a 2,0 indicam canais mais tortuosos e com baixa energia, enquanto valores intermediários são relativos a formas transicionais entre canais retilíneos e meandrantes (LANA *et al.*, 2001; VEIGA *et al.*, 2013). Foram encontrados para as bacias Água Branca e Caveirinha respectivamente os valores de 1,27 e 1,31, representando canais transicionais.

Utilizando Horton (1945), Giarola, Amaral e Oliveira (2019) afirmam que o parâmetro Relação de relevo (Rr) é diretamente proporcional ao tempo de concentração do escoamento superficial, de modo que valores mais altos indicam propensão da bacia à ocorrência de enchentes e inundações. Na sub-bacia do Caveirinha a Rr é de 14 m/km, enquanto na sub-bacia Água Branca o índice é equivalente a 36,2 m/km, o que sugere que a região tem maior predisposição a eventos de inundação e potencialmente ao desenvolvimento erosivo.

Tanto a sub-bacia Água Branca (Dd = 0,93 km/km^2), quanto a sub-bacia Caveirinha (Dd = 0,75 km/km^2) apresentaram, conforme explícito na tabela 2, baixos valores de densidade de drenagem (Dd), implicando que ambas possuem como característica baixo escoamento superficial e maior infiltração.

Feitosa *et al*. (2011) constatou que a baixa densidade de drenagem indica o baixo desenvolvimento do sistema de drenagem, que pode estar relacionado com as características climáticas locais, que exibem baixos índices de pluviosidade e concentração de chuvas em curto período, com a geomorfologia pouco acidentadas e a reduzida extensão de parte dos canais, características semelhantes aos presentes na região de Goiânia.

O coeficiente de manutenção (Cm) de acordo com Morais e Almeida (2010) é inversamente proporcional à densidade de drenagem; quanto maior o valor obtido pelo coeficiente de manutenção, menor será a o índice Dd; isto porque quanto mais elevado for o Cm, maior será a área atribuída e menor será a quantidade de canais na bacia. Desta forma, as regiões analisadas exigem uma área muito grande para a manutenção dos cursos hídricos. A sub-bacia Água Branca requer 1.075,26 m^2 para manter 1m, enquanto a sub-bacia Caveirinha requer 1.333,33 m^2 para exercer a mesma função, o que sugere a existência de poucos canais.

A extensão do percurso superficial (eps) foi equivalente a 460 m na sub-bacia Água Branca e 370 m na sub-bacia Caveirinha. Para Feitosa *et al.* (2011), os altos percursos encontrados demonstram resultados satisfatórios ao se levar em consideração que a bacia expressa uma baixa densidade de drenagem; sendo este índice inversamente proporcional a Dd, pois

se a bacia possui poucos canais de drenagem, o caminho percorrido pelas águas será maior.

Os valores encontrados para os parâmetros morfométricos analisados podem ser visualizados em síntese na tabela 5.

Tabela 5: Morfometria das sub-bacias Água Branca e Caveirinha.

Características morfométricas	Água Branca	Caveirinha	Unidade
Características geométricas			
Área	7,7	48,5	km²
Perímetro	13	36,7	km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,31	1,47	-
Fator de forma (Ff)	0,31	0,31	-
Índice de circularidade (Ic)	0,56	0,45	-
Padrão de drenagem	Dendrítico	Dendrítico	-
Características de relevo			
Altitude máxima	841	914	m
Altitude mínima	681	693	m
Amplitude altimétrica	160	221	m
Índice de Sinuosidade (Is)	1,27	1,31	-
Relação de relevo (Rr)	36,2	14	m/km
Características da rede de drenagem			
Hierarquia fluvial	1ª ordem - 3 canais 2ª ordem - 2 canais 3ª ordem - 0 canais	1ª ordem - 6 canais 2ª ordem - 4 canais 3ª ordem - 1 canal	-
Comprimento do rio principal	4,42	15,8	km
Comprimento vetorial do rio principal	3,46	12	km
Densidade de drenagem	0,93	0,75	km/km²
Coeficiente de manutenção	1.075,26	1.333,33	m²/m
Extensão do percurso superficial	460	370	m

Fonte: Autoria.

A análise integrada das características morfométricas indicou que apesar dos fatores geométricos demonstrarem que as bacias possuem predisposição baixa ou mediana para formação de enchentes e erosões, as características do relevo apontaram o inverso, onde, sobretudo na sub-bacia Água Branca, há sim uma disposição para a formação de processos erosivos e eventos de inundação, salientados pelo parâmetro relação de relevo, e também por meio do índice de sinuosidade, que se relaciona com a velocidade do escoamento nos canais de drenagem e a capacidade do solo em se desprender (SANTOS *et al.*, 2012).

O baixo número de canais em ambas as bacias e o longo percurso que a água precisa fazer até adentrar o curso d'água demonstram o elucidado

pela baixa densidade de drenagem, em decorrência de um possível substrato que facilite a infiltração de água.

Considerações finais

Mesmo apresentando características divergentes quanto a ocorrência erosiva e de enchentes, as características morfométricas são atributos essenciais na compreensão hidrológica de uma bacia. Em áreas urbanas há chances de eventos como os citados tornam-se ainda maiores devido à alta taxa de impermeabilização presente nas cidades, fator esse que, atrelado a características já favoráveis, podem intensificar os impactos socioambientais em bacias hidrográficas (que já são identificados nas áreas estudadas), acendendo um alerta ainda maior sobre à sub-bacia Água Branca devido à conjunção das características físicas com sua densidade urbana. Este estudo serve como complemento a futuros trabalhos que venham a analisar mais a fundo as regiões abordadas, podendo gerar contribuições para ações remediadoras nas bacias.

Referências Bibliográficas

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

FEITOSA, A.; SANTOS, B.; ARAÚJO, M. S. B. **Caracterização Morfométrica e identificação de Áreas Susceptíveis a Erosão na Bacia do Rio Pajeú, PE: o Estudo de Caso da Bacia do Rio Pajeú/PE.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4 n. 4. p. 820-836. 2011.

GIAROLA, Isabela B. S.; AMARAL, Cinthia M.; OLIVEIRA, Daiane E. **Análise morfométrica das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, Minas Gerais.** Revista Confins, n. 43. 2019.

Horton, R. E., ***Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology***. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370. 1945.

LANA, C. L.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. **Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil.** Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

MORAIS, F.; ALMEIDA, L. M. **Geomorfologia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jaú, Palmas, estado do Tocantins.** Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Uberlandia, v. 1, n. 2, p. 331-351, jul./dec. 2010.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. **Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma Microbacia hidrográfica.** Irriga, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; ALMEIDA, C., A. P.; MENEZES NETO, E. L.; AGUIAR NETTO, A. O**. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil.** Revista Ambiente & Água, v. 9, n. 2. Taubaté - Apr. / Jun. 2014.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. F. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. *In:* **Praticando geografia : técnicas de campo e laboratório**[S.l: s.n.], 2005.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SCHUMM, S. A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy.** Geological Society of America Bulletin, n. 67, p. 597-646, 1956.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography.** Geological Society of America Bulletin, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista UNIARA, n. 20, 2007.

TONELLO, K**. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 85. 2005.

TRAJANO, S. R. R. S., SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALTIO, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B. O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, T. F. S. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial. Campinas, SP, 2012.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. **Metodologia para mapeamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul.** *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: Ed. da USP, p. 3606-3615. 2005.

VEIGA, A. M.; SANTOS, C. C. P.; CARDOSO, M. R. D.; LINO, N. C. **Caracterização hidromorfológica da bacia do Rio Meia Ponte.** Revista Caminhos de Geografia. Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 126–138. 2013.

Vilella, S. M.; Mattos, A., ***Hidrologia Aplicada***. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 250 p. 1975

Classificação da Vulnerabilidade Natural da Bacia Hidrográfica Metropolitana, Ceará

Israel Salles Nogueira[1]
Luiz Henrique Joca Leite[2]
Carlos Henrique Sopchaki[3]

Resumo: A Bacia Hidrográfica Metropolitana, localizada no estado do Ceará, tem grande importância para a região, pois é onde estão inseridos os principais polos industriais e populacionais do estado. Sendo assim, torna-se importante uma maior compreensão da sua dinâmica ambiental e a interferência humana nesse meio. Para entender melhor essa dinâmica, o presente trabalho se propõe a analisar a vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica Metropolitana através da análise da suscetibilidade natural aos processos erosivos. A metodologia usada nesse trabalho seguiu as propostas de Crepani (2001) com algumas adaptações. Foram produzidos mapas de Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Clima, os quais foram objetos de uma álgebra de mapas para a geração do mapa de vulnerabilidade ambiental da bacia. O resultado do processamento dos dados apontou que 24% da bacia se caracteriza como moderadamente vulnerável e 74% como medianamente estável/vulnerável. Identificou-se também as regiões de vulnerabilidade e suas possíveis associações, sendo que a região mais vulnerável da bacia se apresenta na região litorânea e suas proximidades, e o grau de vulnerabilidade tende a ser cada vez menor para o interior da bacia.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Suscetibilidade; Dinâmica Ambiental.

Abstract: The Metropolitan Hydrographic Basin, located at Ceará State, has great importance to the region, because it is where the main industrial and population centers of the State are located. For this reason, a greater understanding of its environmental dynamics and human interference in this environment is necessary. Therefore, it is important to have a greater understanding of its environmental dynamics and human interference in this environment. The methodology used in this work followed

1 Graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará – israelsallesnogueira53@gmail.com.

2 Graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará – luizjoca@alu.ufc.br.

3 Departamento de Geografia – Universidade Federal do Ceará – carlos.geografia@ufc.br.

the proposals of Crepani (2001) with some adaptations, in which maps of Geology, Geomorphology, Pedology, Vegetation and Climate were found, which were objects of a map algebra for the generation of the basin's Environmental Vulnerability map. The result of data processing showed that 24% of the advantage was characterized as moderately vulnerable and 74% as moderately Stable / Vulnerable. The regions of vulnerability and their possible associations were also identified, being that the most vulnerable region of the basin is in the coastal region and its areas, and the degree of vulnerability tends to be decreasing towards the interior of the basin.

Keywords: Geoprocessing; Susceptibility; Environmental Dynamics.

1. Introdução

O uso e ocupação do espaço geográfico pelo ser humano, e como essa ocupação pode alterar a dinâmica do meio, tem sido uma das grandes questões da ciência moderna. Somado a isso, com os recentes estudos sobre as mudanças climáticas globais, tornou-se necessária uma abordagem cada vez mais aprofundada, tanto para caraterização de processos atuais, como para projeções futuras, visando uma melhor compreensão de como a sociedade afeta a dinâmica do planeta (SHUKLA *et al*., 2019).

O estudo do meio ambiente e como sua dinâmica afeta o ser humano não se limita somente a uma área do conhecimento, nem apresenta uma única abordagem unilateral, mas sim, um amplo espectro do conhecimento científico moderno. Torna-se necessária uma interface de variadas análises e características, tanto sociais quanto físicas do meio, que, a priori, podem se apresentar como distintas entre si, mas somente uma análise conjunta desses dados (análise de dados socioambientais) pode representar os processos que ocorrem no meio ambiente, haja vista a grande heterogeneidade do meio e como pela infinidade de fatores que de forma independe, ou sua interlocução, causam as maiorias dos processos geoambientais (CUNICO; OKA-FIORI, 2008; ROVANI *et al*., 2015).

Segundo Santos *et al.* (2007), a eficiência na gestão ambiental de uma determinada área, está diretamente relacionada ao levantamento e estudos sistemáticos prévios sobre os principais elementos e condicionamentos físicos, sendo a ocupação sem planejamento e uso indevido dos recursos naturais um possível acarretador de problemas ambientais.

Nesse sentido, diversos estudos foram desenvolvidos para uma melhor identificação de áreas de vulnerabilidade e erosão (CREPANI *et al*., 2001; SILVA *et al*., 2007). Atualmente essas metodologias são amplamente aplicadas com resultados satisfatórios em diversas regiões do Brasil (SANTOS *et al*., 2007; CUNICO; OKA-FIORI, 2008; DE OLIVEIRA, 2009).

Por fim, optou-se por utilizar como delimitador da área de estudo, os limites de uma bacia hidrográfica, pois segundo Villaça (2009) a bacia hidrográfica é considera uma importante unidade de planejamento e gestão ambiental. Sendo assim, o objetivo deste presente trabalho é analisar a partir de parâmetros predefinidos e valores quantitativos, com auxílio de técnicas e ferramentas de geoprocessamento, o grau de vulnerabilidade morfodinâmica natural da bacia hidrográfica metropolitana, buscando assim, trazer subsídios aos planejamentos de organizações territoriais na área de estudo como um todo.

1.1 Área de Estudo

A Bacia Metropolitana (Figura 1) está inserida na região nordeste do Estado, e limita-se ao Sul pela bacia do Rio Banabuiú, a leste pela bacia do rio Jaguaribe, a oeste pela bacia do Curu, e por fim, ao norte, pelo Oceano Atlântico. A Bacia é composta por 32 Municípios, sendo eles: Acarape, Aquiraz, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Bebeirbe, Capistrano, Cascavel, Caucaia, Choró, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaramiranga, Guaiúba, Horizonte, Ibaretama, Itaitinga, Itapiúna, Maracanaú, Maranguape, Mulungu, Ocara, Pacajus, Pacatuba, Pacoti, Palmácia, Pindoretama, Redenção, São Gonçalo do Amarante (CEARÁ, 2008).

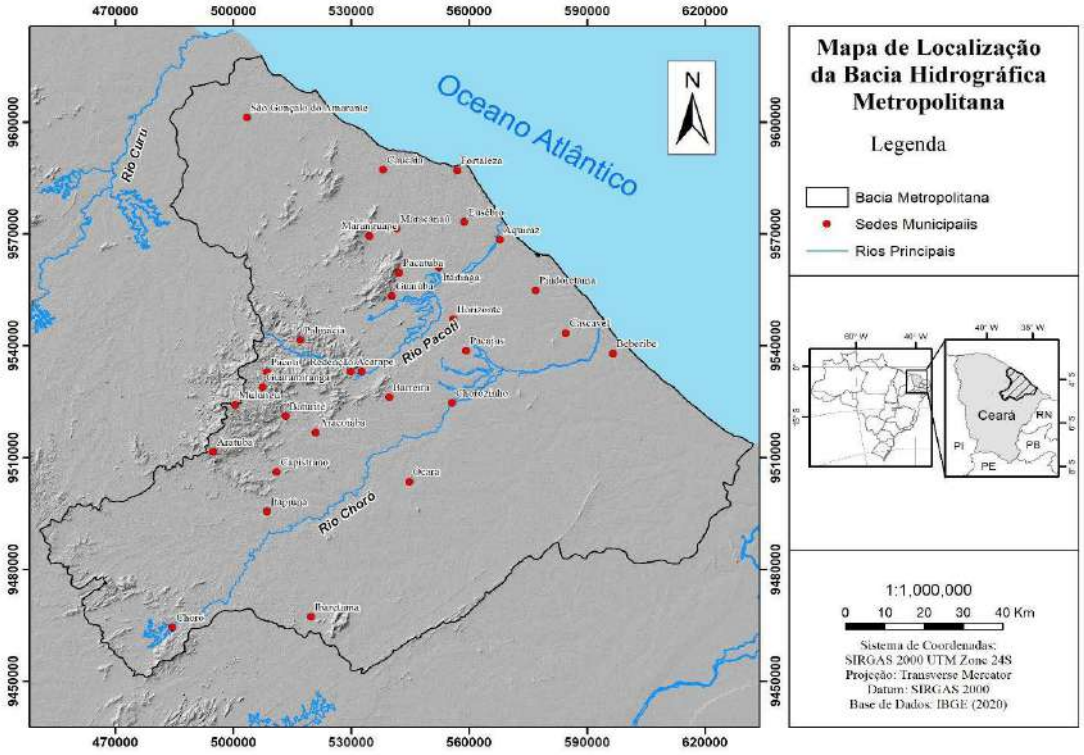


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica Metropolitana
Fonte: Organizado pelos autores (2021).

A Bacia Hidrográfica Metropolitana tem uma área drenável de aproximadamente 15.085 km², que corresponde por aproximadamente 10% do território do estado do Ceará. A Bacia em questão é formada por 16 bacias independentes, sendo esta bacia um importante reservatório para o estado, tendo um total de 15 importantes reservatórios, e no somatório das capacidades de todos os reservatórios dessa bacia, chegasse ao valor de 1.325.344.000 m³ de acumulação de água (CEARÁ, 2009).

2. Materiais e Métodos

A metodologia adotada por esta pesquisa é baseada nas propostas desenvolvidas por Crepani *et al.* (2001) com a inserção das formas de vertentes propostas por Cunico e Oka-Fiori (2008), bem como a utilização do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) proposto por Sampaio e Augustin (2014).

O mapeamento para classificação de vulnerabilidade à erosão é feito através da distribuição de valores empíricos para 21 classes de vulnerabi-

lidade à perda de solo, de acordo com uma escala de suscetibilidade à erosão. A análise propriamente dita se baseia no processamento, categorização e integração de características: Geológicas (G), Geomorfológicas (R), Pedológicas (P), Vegetativas (V) e Climáticas (C), sendo essas equacionadas pela média aritmética dos valores de vulnerabilidade atribuídos a cada categoria, chega-se ao valor de índice de suscetibilidade à erosão (CREPANI *et al.*, 2001), Equação 1.

$$Vuln. = \frac{(G+R+P+V+C)}{5} \quad (1)$$

O procedimento que compreende a metodologia acima brevemente descrita para a obtenção dos valores de índices a suscetibilidade à erosão de cada um dos fatores foi efetuado no software de ambiente SIG, ArcGIS 10.8 e Qgis 3.14.1. Os dados utilizados para o desenvolvimento da classificação do estudo foram: Mapa Geológico (PINÉO *et al.*, 2020), Mapa de Solo (BRASIL, 1973), Dados Pluviométricos (FUNCEME, 2021), Modelo de elevação (TOPODATA, 2008), Mapa de Vegetação (BRASIL, 1973).

O fator geológico da área foi definido por meio de Pinéo *et al.* (2020), sendo que os pesos para esse fator foram atribuídos de acordo com os valores propostos por Crepani *et al.* (2001), com base nas litotipos dominantes em cada unidade geológica.

Como foi pontuado anteriormente, optou-se pelo uso da abordagem do fator de geomorfologia através da análise do Índice de Concentração de Rugosidade. Tal abordagem metodológica apresenta uma análise diferenciada e mais complexa. Segundo Flores e Oliveira (2016), essa técnica utiliza-se de modelos matemáticos e estatísticos para representar o relevo como uma variável numérica, permitindo o posterior manuseio e tratamento das imagens em diversos tipos de software.

Para a construção do ICR (SAMPAIO *et al.*; 2008, 2014), foram adquiridos Modelos Digitais de Elevação (DEM) fornecidos pelo bando de dados do TOPODATA (TOPODATA, 2008) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de 30 metros,

O ICR, segundo Sampaio *et al.* (2008, 2014), é obtido a partir da transformação do Modelo Digital de Elevação (MDE), em valores de Declividade, e em seguida convertido em formato de pontos, armazenando em cada ponto, o seu valor de declividade, e a partir dos pontos, faz-se a aplicação do Estimador de Densidade por Kernel (Kernel estimador), após a aplicação do estimador é feito a normalização por operação de álgebra em

ambiente SIG, dividindo-se a matriz fruto do resultado da aplicação do kernel pelo número de pixels, por fim, metodologicamente, pode ser usado para descrever padrões locais ou globais.

Nesse sentido, neste trabalho optou-se por calcular o fator geomorfologia a partir das medias dos valores de ICR e Forma de Vertente, segundo a Equação 2.

$$R = \frac{ICR + FV}{2} \qquad (2)$$

No qual: R corresponde ao Fator Geomorfológico; ICR ao Índice de Concentração de Rugosidade e FV às Formas de Vertentes em perfil.

Segundo Crepani *et al.* (2001), o fator climático é considerado como a vulnerabilidade natural do solo à erosão hídrica causada pela chuva, chamada de intensidade pluviométrica. A intensidade pluviométrica é calculada pelo o acumulo pluviométrico ao longo do ano, divido pelo período chuvoso da respectiva região. Em linhas gerais a formulação para a identificação da intensidade chuvosa é expressa na Equação 3.

$$IP = \frac{AC}{PC} \qquad (3)$$

Onde: IP corresponde a Intensidade Pluviométrica; AC a Acumulação Pluviométrica (Anual); e PC corresponde a Duração do Período Chuvoso (em meses).

Para a produção dos mapas de pluviosidade, utilizou-se como base o banco de dados de postos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), observando os valores de precipitação total de todo o ano para cada município, numa série histórica de 20 anos, iniciando-se em 2000 e indo até 2019, e posteriormente adotou-se os 4 meses como número de meses da quadra chuvosa, pois, segundo Andrade *et al.* (2007), as chuvas, no semiárido brasileiro, apresentam uma distribuição de quase 80% do total de pluviosidade anual nos meses de fevereiro a maio. Após isso o valor foi atribuído aos limites geográficos dos respectivos municípios, por fim, foi atribuído os valores com base nos intervalos proposto por Crepani *et al.* (2001). Vale destacar a carência de dados pluviométricos alternativos em escala compatível com esta pesquisa, seja pela subamostragem de pontos de registro fluviométricos bem distribuídos na área, bem como pela dificuldade em encontrar dados com pelo menos 30 anos de registro contínuo.

3. Resultados e Discussões

Na análise da vulnerabilidade morfodinâmica natural para o tema geologia é possível observar um predomínio de duas classes de vulnerabilidade (Figura 2a), a de litotipos estáveis (aproximadamente 54,9%) e a de litotipos vulneráveis (37,76%). Os 7,34% restantes estão distribuídos entre litotipos classificados como moderadamente estáveis-vulneráveis. O alto índice de litotipos estáveis se da principalmente pela presença de rochas granitóides, com grau de vulnerabilidade calculado em 1.1, junto de migmatitos e gnaisses, com grau de vulnerabilidade calculado em 1.3. Já a presença de litotipos vulneráveis se dá pela presença da Formação Barreiras, com grau de vulnerabilidade calculado em 2.7, e dos sedimentos inconsolidados, com grau de vulnerabilidade calculado em 3.0. Esse alto índice de distribuição dos vulneráveis se justifica devido a longa extensão dos tabuleiros costeiros dentro da Bacia Metropolitana.

Sobre a perspectiva Geomorfológica, a área é dominada por relevos planos (70%), respaldado nos domínios geomorfológicos dos tabuleiros litorâneos (a nordeste da área) e as depressões sertanejas (no Sudoeste), por outro lado, os valores altos são claramente associados aos morros cristalinos (Baturité, Maranguape e outras) (30%) e suas encostas associadas (Figura 2b).

A avaliação da vulnerabilidade para o tema vegetação (Figura 2c) apontou para um alto grau de vulnerabilidade das unidades fitoecológicas da Bacia Hidrográfica Metropolitana, visto que as classes Vulnerável (46.48%) e Moderadamente Vulnerável (39.05%) totalizam 85.53% da área da bacia. Estes altos valores se justificam pela alta distribuição de unidades compostas por espécies arbustivas e sub-arbustivas que tendem a recobrir solos mais rasos (CORREIA, L. J. D. A., 2016) como é o caso do Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, com grau de vulnerabilidade calculado em 2.7, e da Caatinga Arbustiva Densa, com grau de vulnerabilidade calculado em 2.6.

O clima mostra uma forte influência na região litorânea e nas principais serras da bacia, e os valores menores tendencialmente se localizando na região centro-oeste, no ponto de vista da vulnerabilidade o litoral apresenta um grau medianamente estável/vulnerável e detém 50% da área da bacia, e o centro-oeste com 45% e, vale destacar os 2% vulnerável, na capital Fortaleza (Figura 2d). Todavia vale salientar que a ocorrência pluviométrica desses municípios certamente não é uniforme para toda a extensão do município, conforme apresentado (dados obtidos através da FUNCEME), sendo certamente as relações de contatos entre as intensida-

des pluviométricas de cada municípios através de uma relação de mudança gradual e não abrupta, como o dado produzido indica.

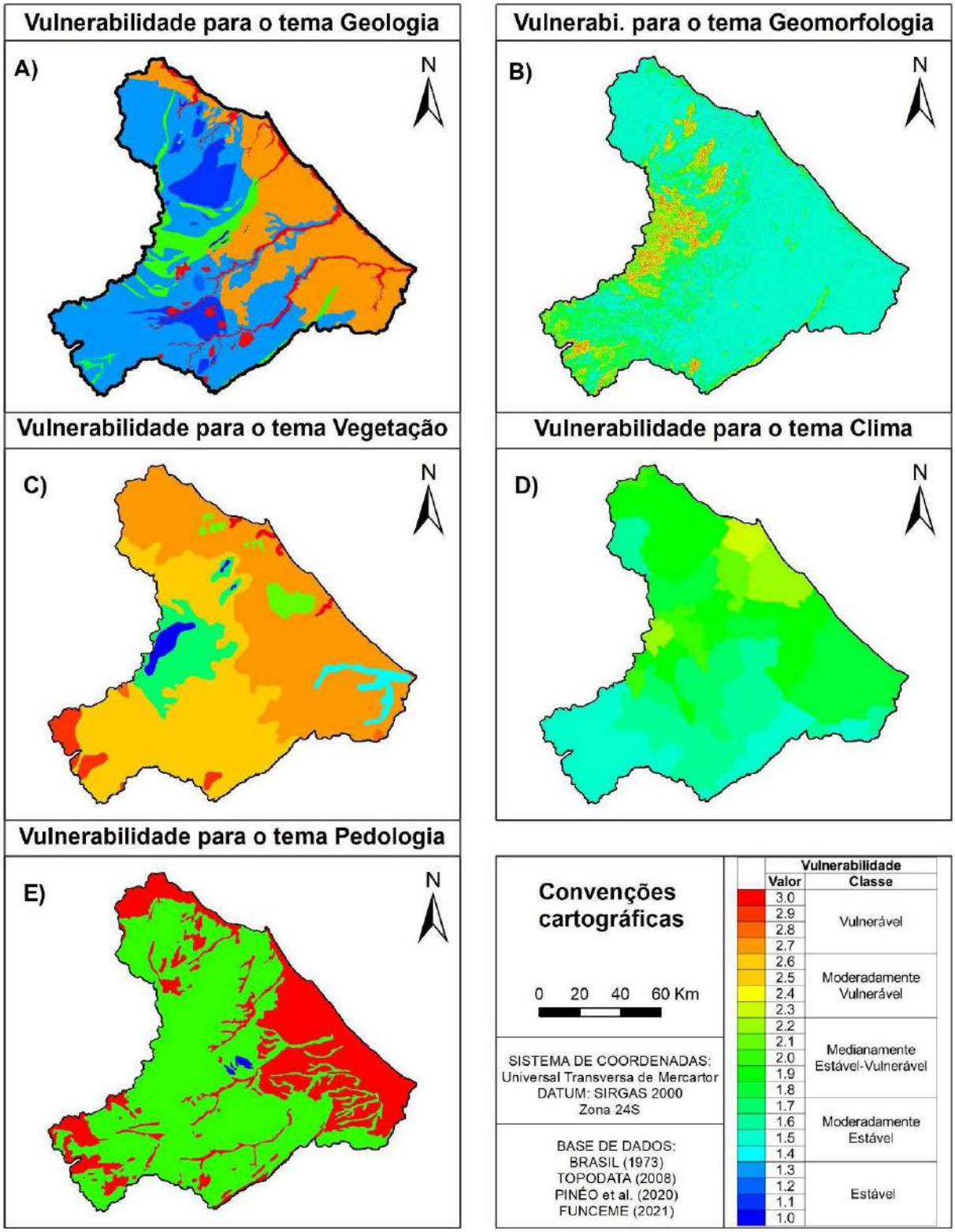


Figura 2: Vulnerabilidades para Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Clima e Pedologia para a Bacia Hidrográfica Metropolitana
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Sobre a perspectiva Pedológica da área, observa-se uma forte presença do solo como um agente de instabilidade, sendo destes o Neossolo o principal, com 29% da área da bacia, com presença essencialmente no litoral e em partes do extremo sul da área, já com valores menores de vulnerabilidade (2.0), observa-se o predomínio dos Argissolos e do Planossolos, tendo 36% e 23% da área de bacia, respectivamente. Os Argissolos ocorrem de forma indiscriminada na região como um todo, assim como o Planossolos (Figura 2e).

Após a álgebra de mapas elaborada com os cinco temas apresentados anteriormente, chegou-se ao resultado da vulnerabilidade para a Bacia Hidrográfica Metropolitana (Figura 3).

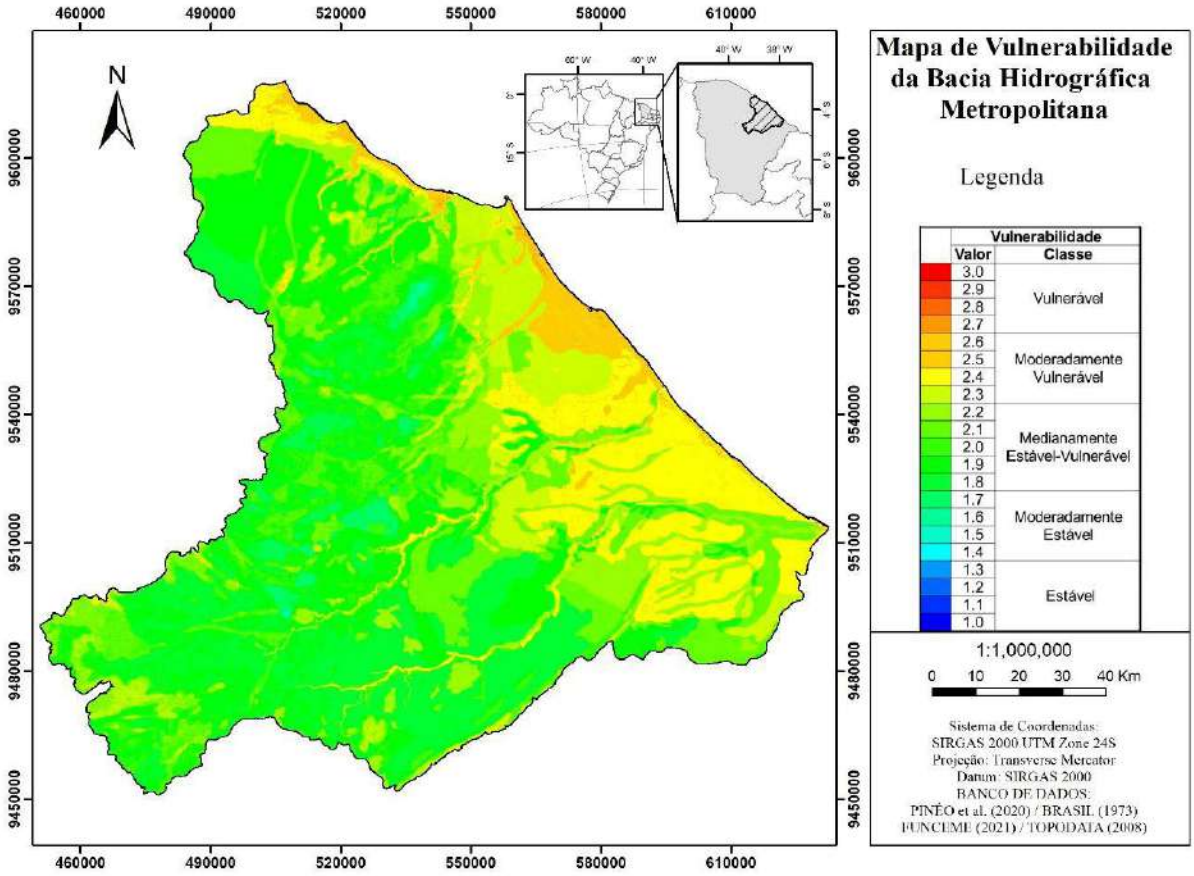


Figura 3: Vulnerabilidade Natural da Bacia Hidrográfica Metropolitana
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A estabilidade da bacia pode ser dividida entre duas principais classes, a medianamente estável (74%), com o centro-oeste como principal protagonista, e o litoral, como moderadamente vulnerável (24%). O mapa final sinaliza a importância da geologia e da pedologia como um fator determinante para a vulnerabilidade, pois há uma clara associação entre geologia

e solo, sendo os gnaisses (geologia) e os Argisolos ou Planossolos (pedologia), como principais agentes de estabilidade na região centro-oeste.

A porção litorânea (porção nordeste da bacia), por outro lado, apresenta graus de vulnerabilidade maiores, possivelmente condicionado pelos agentes geológico, pedológico e vegetacionais. Nessa parte da área a alta distribuição da Formação Barreiras e dos Sedimentos Inconsolidados, caracterizados como litotipos vulneráveis, dos Neossolos na porção NE-W, como solos também vulneráveis fornece um forte embasamento para os altos valores de vulnerabilidade morfodinâmica natural. O Quadro 1 apresenta o cálculo das áreas para cada classe de vulnerabilidade.

Quadro 1 - Distribuição dos Valores de vulnerabilidade natural da Bacia Hidrográfica Metropolitana

Classes de Vulnerabilidade	Área (%)	Vulnerabilidade
Estável	0	Menor do que 1.3
Moderadamente Estável	1,60	Entre 1.3 e 1.7
Mod. Estável/Vulnerável	74,02	Entre 1.7 e 2.2
Moderadamente Vulnerável	24,33	Entre 2.2 e 2.6
Vulnerável	0,05	Maior do que 2.6

Fonte: Adaptado de Crepani, *et al.* (2001).

A vegetação tem uma dupla atuação na área, por um lado, eleva os teores de vulnerabilidade no litoral, com o complexo Vegetacional da Zona Litorânea (2.7), por outro lado é um agente de estabilidade nas grandes serras de Baturité e Maranguape com a Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida) (1.0), tendo este fator, neste ambiente específico, um papel determinante para valores tendendo a estáveis mesmo com valores elevados no fator geomorfológico, mostrando a importância dessa vegetação para a estabilidade desse ambiente serrano, e mostrando que como sua destruição por ações antrópicas pode afetar severamente a vulnerabilidade da região.

4. Considerações Finais

Através desta pesquisa, foi possível identificar que o grau de vulnerabilidade natural à erosão da bacia hidrográfica metropolitana é relativamente expressivo, especialmente na região litorânea, podendo a área da

bacia como um todo ser subdivida em duas porções majoritárias, sendo a primeira com a região mais a interior do continente com dominância de valores Medianamente Estável/Vulnerável (74%) e o litoral sendo essencialmente classificado como Moderadamente Vulnerável possuindo 24% da área total da bacia.

Observou-se que a metodologia de Crepani, *et al.* (2001) com modificações permitiu a delimitação e a classificação da bacia hidrográfica metropolitana, tornando possível um melhor conhecimento dos graus de vulnerabilidade presentes na área, fornecendo assim um possível subsídio ao planejamento e organização territorial da área de estudo como um todo.

Contudo, torna-se necessário pontuar algumas limitações na atual metodologia de classificação de vulnerabilidade: i) há uma generalização de litotipos que, em linhas gerais, apresenta uma clara tendência de homogeneização de tipos de rochas que aparentemente, na escala do presente trabalho, poderiam ser melhor abordadas com suas peculiares e complexidades; ii) revisão de algumas questões associadas aos valores e categorização das formas de vertentes, podendo estas ser melhor descritas com maior grau de classes e diferentes ambientes; iii) a necessidade de dados que melhor representem a natureza do fator clima, tanto em sua espacialização quanto sua temporização, tendo esse dado necessariamente uma escala compatível com o estudo da referida bacia; iv) um melhor estudo da relação da vegetação tanto como agente de estabilidade como de instabilidade e como a ação antrópica atual contribui para a mudança desse fator e por consequente na vulnerabilidade de todo o sistema. Além do que, cabe destacar um certo grau de subjetividade imposto na atribuição dos pesos de vulnerabilidade, conforme já exposto por Sporl e Ross (2004), o que talvez pudesse ser minimizados a partir de metodologias como inteligência artificial, mineração de dados ou a adoção de uma rede neural artificial (RNA).

Não foi pretensão desta pesquisa encerrar o debate sobre as metodologias envolvendo vulnerabilidade, tampouco sobre a vulnerabilidade para a Bacia Hidrográfica Metropolitana, na qual outras pesquisas ainda podem ser efetivadas, com o teste e adoção de dados em outras escalas, buscando minimizar a influência da multiescalaridade na aplicação da metodologia, bem como a partir da adoção de outras metodologias e técnicas, como adoção de RNA.

5. Referências

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O., 2007. **Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada.** Engenharia Agrícola, v. 27, n. 3, p. 683-690.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil.** Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/topodata/.

BRASIL. Ministerio da Agricultura. Divisao de Pesquisa Pedologica. **Levantamento exploratorio - reconhecimento de solos do Estado do Ceara.** [Rio de Janeiro]: MA-DNPEA; Recife: SUDENE-DRN, 1973. 2 v. (Brasil. Ministerio da Agricultura-DNPEA-DPP. Boletim Tecnico, 28; SUDENE-DRN. Pedologia, 16). Acompanha mapa color., escala 1:600.000 / Autores: Paulo Klinger Tito Jacomine, Jeronimo Cunha Almeida, Luiz A. Regueira Medeiros.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **ATLAS**. Fortaleza: SRH, 2008. Disponível em www.srh.ce.gov.br.

CEARÁ (2009). Assemblei Legislativa. **Caderno regional das bacias Metropolitanas / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos.** Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza: INESP.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE, 124 p., 2001.

CUNICO, C. & OKA-FIORI, C. **Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Marumbi-PR: perspectivas para a análise e avaliação das condições sócio-ambientais**. Estudos Geográficos, v. 6, n. 1, p. 37-61, 2008.

CORREIA, L. J. D. A. (2016). Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto zoneamento ecológico-econômico do Ceará – Zona Costeira e Unidades de Conservação Costeiras. Fortaleza: Semace.

OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches *et al.* **Processo analítico hierárquico aplicado à vulnerabilidade natural a erosão.** Geociências (São Paulo), v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

FLORES, Diego Moraes; OLIVEIRA, Déborah. **Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) para análise de ba-cias hidrográficas e para traçado de lineamentos estruturais.** Geografia Ensino & Pesquisa, v. 20, n. 3, p. 125-139, 2016.

FUNCEME. **Postos Pluviométricos. 2021.** Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em: 24 ago. 2021.

PINÉO, T.R.G.; PALHETA, E.S.M.; COSTA, F.G.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, I.P.; GOMES, F.E.M.; BESSA, M. D.M.R.; LIM A, A.F.; HOLANDA, J.L.R.; FREIRE, D.P. C. **Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará. Escala 1:500. 000.** Fortaleza :CPRM ,2020,1. Mapa.

ROVANI, Franciele Francisca Marmentini *et al.* **Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Barão de Cotegipe, RS.** Revista do Departamento de Geografia, v. 29, p. 262-278, 2015.

SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira; AUGUSTIN, Cristina Helena Ribeiro Rocha. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, n. 1, 2014.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. **Análise das incongruências dos índices de dissecação e rugosidade.** Anais do VII Encontro Nacional de Geomorfologia. Belo Horizonte, 2008, 1.

SANTOS, L.J.C.; OKA-FIORI, C.; CANALLI, N.E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F. **Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná.** Revista Brasileira de Geociências, v. 37, n. 4, p. 812-820, 2007.

SHUKLA, P. R. *et al.* IPCC, 2019: **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.** 2019.

SILVA, J.S.V.; CARVALHO, J.R.P.; SANTOS, R.F.; FELGUEIRAS, C.A. **Zoneamentos ambientais: quando uma unidade territorial pode ser considerada homogênea?.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 59, n. 1, p. 83-92, 2007.

SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. GEOUSP-Espaço e Tempo, v. 15, p. 39-49, 2004.

TOPODATA, 2008. **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/topodata/.

VILAÇA, M. F., GOMES, I., MACHADO, M. L., VIEIRA, E. M., SIMÃO, M. L. R. (2009). **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: O estudo de caso do ribeirão conquista no município de Itaguara/MG**. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13.

Estudo Comparativo entre Metodologias de Indicadores de Recursos Hídricos com as Dimensões de Sustentabilidade por Ignacy Sachs: Visando o Desenvolvimento Sustentável para as Bacias Hidrográficas

Silvane Mascarenhas de Almeida[1]
Wallace de Farias Simas[2]
José Camilo Ramos de Souza[3]

Resumo: O presente estudo faz uma abordagem sobre os indicadores de recursos hídricos e as dimensões de sustentabilidade evidenciadas por Ignacy Sachs. Verifica se as metodologias de indicadores de recursos hídricos no contexto da sustentabilidade, denominadas de "Sistemas de Indicadores FPEIR Força-Pressão-Estado-Impacto-Resposta" e "Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda; Indicador de Desempenho do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e Indicador de Eficiência e Uso da Água" estudam as dimensões de sustentabilidade social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional definidas por Sachs, visando o desenvolvimento sustentável das bacias hidrográficas. Como abordagem metodológica utiliza a revisão bibliográfica por meio de artigos, dissertações, teses e livros sobre os diferentes modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. Seleciona as metodologias dos indicadores de recursos hídricos de Ferraz et al (2011); Campos, Ribeiro e Vieira (2014) realizando o estudo comparativo. Evidencia que a primeira está interligada com as dimensões de sustentabilidades apresentadas por Sachs (2008). Enquanto que a segunda metodologia de Sistema de Indicadores aborda apenas a sustentabilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, não considera outras informações referentes à sustentabilidade social,

1 UEA – Discente, curso de Pós-Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA. smda.mgr19@uea.edu.br

2 UEA – Discente, curso de Pós-Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA. wdfs.mgr19@uea.edu.br

3 UEA – Docente, curso de Pós-Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA. jcamilodesouza@gmail.com

cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional, política internacional, destacadas por Sachs. Concluem que o desenvolvimento das metodologias de indicadores de sustentabilidade devem ser continuas, diante das problemáticas que envolvem os recursos hídricos.

Palavras-chave: Metodologias de Indicadores; Recursos Hídricos; Sustentabilidade.

Abstract: The present study approaches water resources indicators and the dimensions of sustainability highlighted by Ignacy Sachs. It verifies if the methodologies of hydric resources indicators in the context of sustainability, called "FPEIR Force-Pressure-State-Impact-Response Indicator Systems" and "Indicator of Potentiality, Availability and Demand; Performance Indicator of the Hydric Resources Management System; and Indicator of Efficiency and Use of Water" study the dimensions of social, cultural, ecological, environmental, territorial, economic, national political and international sustainability defined by Sachs. Aiming at the sustainable development of the hydrographic basins. As a methodological approach, it uses a bibliographic review through articles, dissertations, theses and books about the different models of sustainability indicators for water resources management. Selects the methodologies of water resources indicators of Ferraz et al (2011); Campos, Ribeiro and Vieira (2014) performing the comparative study. . It shows that the first is interconnected with the dimensions of sustainability presented by Sachs (2008). While the second methodology of Indicator System addresses only the hydric sustainability of a watershed, does not consider other information relating to social, cultural, ecological, environmental, territorial, economic, national political, international political sustainability, highlighted by Sachs. They conclude that the development of sustainability indicator methodologies must be continued, given the problems that involve water resources.

Key Word: Indicator Methodologies; Water Resources; Sustainability.

1. Introdução

Segundo o Relatório Mundial da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019, lançado em março em Genebra, falta água limpa e segura para 2,1 bilhões de pessoas, enquanto 4,5 bilhões carecem de serviços sanitários. A crise que se aproxima está sendo atribuída à má administração dos recursos hídricos, ao crescimento populacional e às mudanças climáticas pelos quais passa o planeta.

Aumenta a necessidade de uma boa gestão dos recursos hídricos, planejamento, definição de metas, estabelecimento de um sistema de indicadores de recursos hídricos participativo, alinhados a um bom sistema de informação. E evidentemente, investimentos financeiros em infraestrutura da água.

Diante desse contexto, este artigo objetiva comparar se, duas metodologias de indicadores de recursos hídricos utilizam as dimensões de sustentabilidade abordadas por Sachs (2008). A primeira metodologia "Sistemas de Indicadores FPEIR (Força-Pressão-Estado-Impacto-Resposta)" desenvolvidos por Ferraz *et al.* (2011) e a segunda metodologia de Campos, Ribeiro e Vieira (2014), "Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda; Indicador de Desempenho do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e Indicador de Eficiência e Uso da Água".

Para Lacerda e Cândido (2013) o conceito de sustentabilidade surge no início dos anos 70, diante da possibilidade de escassez de recursos naturais e da redução gradativa da qualidade de vida, com o despertar da sociedade para as questões ambientais.

A obra primavera silenciosa direciona para as primeiras conceituações de desenvolvimento sustentável, que impulsionou uma fusão entre as ideias de progresso, crescimento e desenvolvimento, para permitir a melhoria da condição humana visando estabilidade ecológica e econômica a longo prazo (FEIL; SCHREIBER, p. 669, 2017).

Compreender esses conceitos segundo Sartori, Latronico e Campos (2014) é importante para dar continuidade aos estudos dos indicadores de sustentabilidade de recursos hídricos, visto que as inúmeras discussões e conceituações existem devido à pluralidade de propósito para caracterizar e medir a sustentabilidade.

2. Metodologia

Utilizou como referencial teórico as definições sobre indicadores, sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e os modelos de metodologia de sistema de indicadores de recursos hídricos no contexto da sustentabilidade, usando autores de referência das respectivas áreas.

Após o estudo, selecionou as metodologias dos indicadores de recursos hídricos de Ferraz *et al.* (2011); Campos, Ribeiro e Vieira (2014) realizando o estudo comparativo com a proposta de Sachs (2008), verificando os indicadores utilizados.

3. Resultados e Discussão

3.1. Indicadores: compreendendo os conceitos e principais aspectos

O termo indicador é originário do latim *indicare*, verbo que significa apontar ou proclamar. Em português, indicador significa aquilo que indica, torna patente, revela, propõe, sugere, expõe, aconselha, lembra Pereira (2009).

Os indicadores comunicam ou informam sobre o progresso em direção a uma determinada meta. Para *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD, 1993), um indicador deve ser entendido como um parâmetro que apontam e fornecem informações sobre o estado de um fenômeno, com uma extensão significativa.

Magalhães Jr. (2004), afirma que são informações simplificadas da realidade obtidas através de análise de pelo menos duas variáveis primárias.

Para Bellen (2006) os indicadores podem ser usados tradicionalmente para diversas finalidades: assinalar o funcionamento de um sistema em relação ao esperado; avaliar o sucesso de políticas passadas; servem como um sistema de alerta para os responsáveis pela gestão; fixar posição de evolução um processo; apoiar a construção de modelos hidrológicos, ambientais, ecológico-social e de grandes projetos; justiçar as verbas para programas e projetos; atender as necessidades de equipamentos e serviços sociais para públicos específicos.

Carvalho e Curi (2015) observa que a utilização de indicadores é uma maneira intuitiva de monitorar questões sociais, econômicas e ambientais, visto que dependendo da forma como são estruturados, analisados, podem evidenciar elementos importantes relacionados à forma como a sociedade se relaciona com a natureza e o seu habitat. Todavia, alguns cuidados devem ser tomados quando da escolha de indicadores, uma vez que diferentes tipos de indicadores podem ser relevantes em diferentes escalas ou perder o seu sentido quando utilizados sem o devido cuidado em escalas não apropriadas.

3.2. Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

A Comissão de Brundtland, no Relatório Nosso Futuro Comum (1991) adota o conceito de Desenvolvimento Sustentável que se torna norteador

para todas as discussões sobre a crise ambiental vivenciada até os dias atuais, para atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades. Contém dois conceitos-chave, o conceito de necessidades, essenciais aos pobres do mundo, e merecem máxima prioridade; e a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõem ao meio ambiente, impedindo-o de atender as necessidades presentes e futuras.

Chaves (2014) afirma que o conceito de sustentabilidade ganhou centralidade no contexto da sociedade atual, em vista da crise socioambiental que atinge todos os setores. Os modelos de sustentabilidade baseados nos seguintes pilares: Sustentabilidade social, enquanto processo de desenvolvimento com distribuição equitativa de renda; Sustentabilidade econômica, que compreende a ampliação de investimentos públicos e privados na viabilização de políticas públicas e manejo dos recursos naturais; Sustentabilidade ecológica, centrada na conservação dos recursos naturais mediante a otimização do uso e aproveitamento dos potenciais nos diversos ecossistemas com o mínimo de deterioração; Sustentabilidade geográfica, com garantia de acesso ao território, sustentada por ações de cidadania; Sustentabilidade cultural, valorização dos saberes e habilidades culturais locais.

Sachs (2004) compreende o conceito de desenvolvimento sustentável primordialmente interligada a Aristóteles, como problema de motivação humana e avaliação das conquistas sociais. Aproximando a ética da economia, em que o desenvolvimento é entendido como mais amplo para se alcançar a meta de uma vida melhor para todos, com reparação das desigualdades socais propiciada pela mudança estrutural, o que se diferencia do crescimento econômico visto como mera multiplicação de riqueza material.

Destaca a sustentabilidade social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional, política internacional, ao atender simultaneamente os critérios de relevância social, prudência ecológica e viabilidade econômica, os três pilares do desenvolvimento sustentável. Enfatizando que o objetivo é estabelecer um aproveitamento racional e ecologicamente sustentável da natureza trazendo benefícios às populações locais, incorporando a preocupação estratégica de desenvolvimento com a conservação da biodiversidade aos seus próprios interesses, sendo necessário se adotar padrões negociados e contratuais de gestão da biodiversidade (SACHS, 2008).

Lacerda e Cândido (2013) consideram que a sustentabilidade é um meio para alcançar um desenvolvimento estável. E as estratégias para alcançá-lo devem incluir medidas de mudança que sejam percebidas como socialmente aceitáveis e desejáveis, ambientalmente viáveis e economicamente realizáveis.

Como resultado da Conferência das Nações sobre o Meio Ambiente Desenvolvimento, promovida e patrocinada pela ONU foi elaborada a Agenda 21. Em seu capítulo 18 trata sobre a Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos, sobre Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos. O programa tem como objetivo assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda população do planeta, ao mesmo tempo em que se preserve a função hidrológica, biológica e química dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água (Brasília, 2001).

Os indicadores de recursos hídricos no contexto da sustentabilidade, são apresentados a seguir como uma das ferramentas para mensurar a avaliação dos recursos hídricos e contribuir com a gestão na tomada de decisão sobre os impactos a esse recurso.

3.3. Indicadores de recursos hídricos no contexto da sustentabilidade

A Lei das Águas, nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), surgiu pela necessidade de proteger as águas, a partir da gestão que se preocupasse em integrar os recursos hídricos ao meio ambiente, para garantir o desenvolvimento sustentável e à manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado. Sendo o gerenciamento de recursos hídricos, descentralizado, participativo e integrado.

Os indicadores de sustentabilidade hídrica são imprescindíveis para observar, descrever e avaliar estados atuais, formular estados desejados ou comparar um estado atual com um desejado para o futuro, contribuindo assim, para a gestão dos recursos hídricos.

A Agência Nacional de Águas (ANA) é a instituição central no Brasil responsável pela gestão de recursos hídricos. A ANA efetua o acompanhamento sistemático e periódico da condição dos recursos hídricos e de sua

gestão no país por meio de indicadores que alimentam o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), criado pela Agenda 2030 da ONU, que propõe 17 ODS e 169 metas, a ANA é a responsável pelo ODS 6, composto por 8 metas, para assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento em uma perspectiva integrada (ANA, 2019).

3.3.1. Sistemas de Indicadores FPEIR (Força-Pressão-Estado-Impacto-Resposta)

No artigo intitulado "Indicadores Ambientais para Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Ferraz, membro da Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo; Giacomini, da Secretaria de Estado Meio Ambiente e outros parceiros apresentam o método de Indicadores Ambientais utilizados para avaliação das águas do Estado de São Paulo. Utilizaram como base o modelo de GEO Cidades e a metodologia da avaliação integrada FPEIR, no qual gerou o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias e o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de São Paulo.

As categorias da matriz FPEIR respondem às seguintes questões básicas aplicáveis a qualquer escala territorial:

1. O que está acontecendo ao meio ambiente? (Estado)
2. Por que isto está acontecendo? (Pressão)
3. Quais são as consequências? (Impacto)
4. O que estamos fazendo (e devemos fazer?) a respeito? (Respostas)

Para Ferraz, as categorias da matriz FPEIR é utilizada para analisar problemas ambientais, considera que a **Força-Motriz**, atividades humanas, produzem **Pressões** no meio ambiente que podem afetar seu **Estado**, o qual, por sua vez, poderá acarretar **Impactos** na saúde humana e nos ecossistemas, levando à sociedade (Poder público, população em geral e organizações) emitir **Respostas** por meio de medidas, as quais podem ser direcionadas a qualquer compartimento do sistema. A resposta pode ser direcionada para a Força-Motriz, para Pressão, para o Estado ou para os Impactos.

a. A Força-motriz – são as pressões indiretas que a sociedade exerce sobre o ambiente, em face das dinâmicas socioeconômicas e territoriais;
b. Pressão – consiste nas pressões diretas que a sociedade exerce sobre o ambiente, basicamente sob a forma de emissão de poluentes, uso de recursos e modificação no uso da ocupação do solo;
c. Estado - é o resultante estado do ambiente frente às pressões e respostas exercidas pela sociedade;
d. Impactos – são as consequências decorrentes do estado do ambiente;
e. Respostas – entende-se as ações coletivas ou individuais que atenuam ou previnem impactos ambientais negativos, corrigem os danos causados ao meio ambiente, preservam os recursos naturais ou contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população local.

O Quadro 1 descreve as categorias da matriz FPEIR, com os respectivos temas e os indicadores proposto no Sistema de Indicadores Ambientais utilizados na Gestão de recursos Hídricos de São Paulo.

Quadro 1: Sistemas de Indicadores Ambientais para Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo

Categoria	Temas	Indicadores
Força-Motriz	Dinâmica demográfica e social	Crescimento populacional
		Dinâmica demográfica
		Responsabilidade social e desenvolvimento humano
	Dinâmica econômica	Agropecuária
		Indústria e mineração
		Comércio e serviços
		Produção de energia
	Uso da água	Demanda de água
		Tipos de uso de água
Pressão	Captações de água	Captações de água
	Produção de resíduos sólidos e efluentes	Resíduos sólidos
		Efluentes industriais e sanitários
		Contaminação ambiental
	Interferência em corpos d'água	Erosão e assoreamento

Categoria	Temas	Indicadores
Estado	Qualidade das águas	Qualidade das águas superficiais
		Qualidade das águas subterrâneas
		Balneabilidade de praias e reservatórios
	Disponibilidade de águas	Disponibilidade de águas superficiais
		Disponibilidade de águas subterrâneas
		Abastecimento de águas
	Balanço	Balanço Demanda x Disponibilidade
Impacto	Saúde pública e ecossistema	Doenças de veiculação hídrica
Respostas	Controle de Poluição	Coleta e disposição de resíduos sólidos
		Coleta e tratamento de efluentes
		Controle de contaminação ambiental
	Controle e exploração e uso da água	Outorga do uso da água
	Controle de erosão e assoreamento	Áreas protegidas

Fonte: Adaptado pelos autores de Ferraz *et al.*, (2011).

Na categoria **Força-Motriz**, no quadro 01, considerou-se as:

a. **Sustentabilidade social** (dinâmica social) que são as pressões/atividades humanas produzem sobre o ambiente, que de acordo com Sachs (2008), a sustentabilidade social propõe uma distribuição de renda justa, o pleno emprego e/ou trabalhos dignos que valorizem e reconheçam o trabalhador e lhe proporcionem uma vida decente; igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais, representado pelo Indicador -Responsabilidade social e desenvolvimento humano;
b. **Sustentabilidade demográfica** (dinâmica demográfica); Sachs (2008) destaca a dimensão territorial que indica como ponto de análise um olhar sobre as configurações urbanas e rurais que deveriam ser mais balanceadas, representadas no quadro pelos Indicadores – crescimento populacional e dinâmica demográfica;
c. **Sustentabilidade econômica** (dinâmica econômica); Sachs (2008) refere-se ao desenvolvimento intersetorial equilibrado, a segurança alimentar; as condições para contínua modernização dos instrumentos de produção; maior autonomia para a pesquisa cientifica e tecnológica e, por fim, a inserção soberana na economia internacional; representado pelos Indicadores: agropecuária, indústria e mineração, comércio e serviços, e, produção de energia.

Na categoria **Pressão**, destaque para as ações antrópicas sobre o meio ambiente, poderíamos comparar nesta categoria: **Sustentabilidade cultural**, para Sachs (2008) este critério está relacionado a privilegiar a continuidade da tradição, sem deixar de valorizar a inovação; a sociedade deve ter autonomia para criar um projeto nacional integrado e a partir das necessidades nacionais, regionais, deixando de ser servil dos ditames e políticas internacionais; representadas no quadro 01, tema Uso da água. Indicadores - demanda de água, tipos de uso de água; tema Captações de água. Indicador - Captações de água. Tema Produção de resíduos sólidos e efluentes. Indicadores - Resíduos sólidos, efluentes industriais e sanitários, Contaminação ambiental. Tema Interferência em corpos d'água. Indicadores - Erosão e assoreamento.

Na categoria **Estado**, considera-se a situação atual em que o ambiente se encontra, é o diagnóstico da realidade dos recursos hídricos causada pela pressão das ações antrópicas, no quadro 01, representadas pelos temas: Qualidade das águas (Indicadores - Qualidade das águas superficiais, Qualidade das águas subterrâneas, Balneabilidade de praias e reservatórios); Disponibilidade de águas (Indicadores Disponibilidade de águas superficiais, Disponibilidade de águas subterrâneas, Abastecimento de águas); Balanço (Indicador – Balanço demanda x disponibilidade).

Na categoria **Impacto o** tema abordado foi a Saúde pública e ecossistema, poderiam ter apontado outros indicadores, mas considerou apenas as consequências sobre a saúde, causadas pelo mal uso das águas, representada pelo Indicador - doenças de veiculação hídrica.

Na categoria **Respostas,** as ações individuais ou coletivas podem atenuar o solucionar as demandas causadas sobre todas as outras categorias (Força-motriz, pressão, estado e respostas). Podemos considerar nessa categoria além das sustentabilidades social, demográfica, econômica e cultural, definidas por Sachs (2008), pode-se inserir a sustentabilidade ecológica, ambiental e política.

A **Sustentabilidade ecológica** é definida pelo autor como a sustentabilidade que está relacionada à preservação do potencial do capital natureza na sua produção de recursos renováveis; limitar o uso dos recursos não renováveis; **Sustentabilidade Ambiental**, refere-se a critérios de como está sendo o respeito e o destaque para capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais e a **Sustentabilidade política** referente a democracia como apropriação universal dos direitos humanos; a capacidade do Estado em implementar um projeto nacional de desenvolvimento em

parceria com todos os empreendedores; e uma significativa coesão social. Representadas no quadro 01, por Ferraz com os temas: Controle de Poluição (Indicadores - Coleta e disposição de resíduos sólidos, Coleta e tratamento de efluentes e Controle de contaminação ambiental); Controle e exploração e uso da água (Indicador - Outorga do uso da água); Controle de erosão e assoreamento (Indicador - Áreas protegidas).

Percebe-se que os indicadores ambientais utilizados como referência para gestão de recursos hídricos de São Paulo, estudados por Ferraz (2011), são sistemas de avaliação ambiental integrado e coerentes com a Sustentabilidade que para Sartori (2014), caracteriza-se como um princípio aplicável à sistemas abertos, para interagir com a sociedade-natureza. E está interligada com as dimensões de sustentabilidades apresentadas por Sachs (2008).

3.3.2. Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda; Indicador de Desempenho do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e Indicador de Eficiência e Uso da Água

Os estudos realizados por Campos, Ribeiro e Vieira (2014) apresentaram uma metodologia para análise da sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas, tendo como base de referência três indicadores: Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda; Indicador de Desempenho do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e Indicador de Eficiência e Uso da Água (Quadro 2), aplicada à bacia hidrográfica do rio Taperoá, situada na porção semiárida do Estado da Paraíba. Aplicado os indicadores em nível municipal, foram estabelecidas escalas parciais de desempenho para os índices e também uma escala global por meio do agrupamento dos índices constitutivos de cada indicador.

Segundo os autores, o IPDD foi utilizado para agrupar informações relativas à potencialidade e à disponibilidade hídrica da bacia geográfica, bem como a capacidades de atendimento das demandas atuais, futuras e controladas. O IGRH foi utilizado para refletir a situação de implantação de entes e instrumentos da política de recursos hídricos, informar as condições de saneamento ambiental na bacia e o nível de eficiência da concessionária de abastecimento público na distribuição da água captada.

Quadro 2: Sistemas de Indicadores: Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda; Indicador de Desempenho do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e Indicador de Eficiência e Uso da Água

Dimensões	Temas/subtemas	Indicadores
Bacias hidrográficas	Rio	(i) Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda (IPDD)
	Capacidade de atendimento das demandas atuais, futuras	
	Potencialidade e à disponibilidade hídrica	
	Refletir a situação de implantação de entes e instrumentos da política de recursos hídricos	(ii) Indicador de Desempenho do Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos (IGRH)
	Informar as condições de saneamento ambiental na bacia hidrográfica	(iii) Indicador de Eficiência de Uso da Água (IEUA)
	Nível de eficiência da concessionária de abastecimento público na distribuição da água captada.	

Fonte: Adaptado pelos autores de Campos, Ribeiro e Vieira, 2014.

A metodologia utilizada de Sistema de Indicadores estudou apenas a sustentabilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, não considerou ou pelo menos, não evidenciou outras informações referentes à sustentabilidade social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional, política internacional, destacadas por Sachs (2008). O próprio artigo de Campos, afirma que o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade hídrica reveste-se de grande importância e deve considerar todos os fatores que influenciam a sustentabilidade da bacia hidrográfica, permitindo o detalhamento das características necessárias à análise desta, o que não ficou claro no estudo realizados pelos autores.

Considerações Finais

Sistemas de Indicadores são criados para contribuir com o planejamento dos recursos hídricos. Nesse contexto, nos estudos realizados, observou-se que a Metodologia FPEIR é a mais completa, utiliza um sistema de indicadores participativo e no contexto da sustentabilidade, auxiliando no processo decisório na gestão ambiental de São Paulo, enquanto o

Modelo do Sistema de Indicadores IPDD, IGRH e IGRH abordados por Campos, Ribeiro e Vieira (2014) focou mais na sustentabilidade hídrica.

Castro *et al.* (2014) reflete sobre as metodologias que precisam ser verificadas para a elaboração dos modelos de indicadores: modelos que expressam diferentes pontos de vista, ideias e objetivos e, podem e devem ser aplicados caso a caso; todo o modelo é uma simplificação da realidade e que se julga relevante para a compreensão do sistema; sendo imperfeito e ser melhorado, e nunca está completo; que atinge, junto aos seus utilizadores, os objetivos definidos pelo modelador. Podendo determinar o sucesso ou o fracasso dos indicadores.

Este breve estudo nos faz refletir que o desenvolvimento das metodologias de indicadores de sustentabilidade devem ser continuas, diante das problemáticas que envolvem os recursos hídricos. Esperamos que esta produção contribua com a reflexão de outros autores sobre a temática.

5 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília. ANA, 2019.

BELLEN, Hans Michael Van. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2006.

BRASIL. **Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura**. ONU Brasil. Disponível em: https://nacoesunidas.org.br>agencia>unesco. Acesso em: 5 nov. 2019.

BRASIL, Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 3 maio 2020.

BRASÍLIA. Senado Federal. **Objetivos Globais de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: ww12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/objetivos-globais-de-desenvolvimento-sustentavel. Acesso em: 4 nov. 2019.

BRASÍLIA Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Global**. 2001. Disponível: https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html. Acesso em: 3 maio 2020.

CHAVES, Maria do Perpétuo Socorro Rodrigues; COELHO, Maria do Perpétuo Socorro de Lima Verde. **Desenvolvimento com sustentabilidade: uma experiência de inovação social na Amazônia**. *In:* Inovação, desenvolvimento e sustentabilidade na Amazônia; Manaus: FUA, 2014.

CAMPOS, Martha V.C.V; RIBEIRO, Márcia M.R.R; VIEIRA, Zédna. M.C.L. **A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo Uso de Indicadores de Sustentabilidade**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 19, n.2, Abr/Jun. 2014.

CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W.F. **Indicadores para Gestão de Recursos Hídricos em municípios: uma proposta metodológica de construção e análise**. Revista de Economia e Gestão, Belo Horizonte, v. 15, n. 38, Jan/Mar, 2015.

CASTRO, Leslie Ivana Serino, *et al.*. **Sistema de informação geográfica na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos**. Irriga, Botucatu v. 19, n. 4, outubro-dezembro, Botucatu, 2014.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. FGV. Rio de Janeiro, 1991.

FEIL, Alexandre; SCHREIREBER, Dusan**. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável**. Desvendando as sobreposições e alcance de seus significados. Cad. EBAPE. BR, v. 14, n. 3, Artigo 7, Rio de Janeiro. 2017.

FERRAZ, I.C *et al.*. **Indicadores Ambientais para Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**, 2011. Situação do Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Disponível em: https://iwra.org/member/congress/resource/PAP00-6069.pdf. Acesso em: 16. jul. 2021.

LACERDA, C.S; CÂNDIDO, G.A. **Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos**. Campina Grande. EUDUEFB, 2013, pp 12-30. Disponível em: http.://books.scielo.org. Acesso em: 14 abr. 2019.

MAGALHÃES Jr. A.P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2004.

OECD – **Organization for Economic Co-operation and Development**. OECD, 1993.

PEREIRA, Henrique dos Santos (org.). **Uma análise sobre indicadores de sustentabilidade e seus conceitos operacionais. In: Pesquisa interdisciplinar em ciências do meio ambiente**. Manaus: Edua, 2009.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3.ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SACHS, Ignacy. **Desenvolvimento includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SARTORI, Simone; LATRONICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila M.S. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura**. Ambiente. soc., São Paulo, v. 17, n. 1, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script.=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000100002&lng=en&nrm=iso. Acesso: 6 nov. 2019.

Evolução Temporal do Arquipélago Fluvial do Januário, na Calha Central do Rio Amazonas

Camila de Oliveira Louzada[1]
Edson Vicente da Silva[2]

Resumo: Os rios são as principais vias de circulação de pessoas e mercadorias na Amazônia, todavia, também apresentam dinâmica fluvial própria remodelando a paisagem constantemente, principalmente os rios de água branca, que atuam fortemente nas áreas de várzea, que são tradicionalmente ocupadas pela população ribeirinha. O presente estudo teve como objetivo demonstrar como ocorreu a evolução temporal do Arquipélago Fluvial do Januário, na calha central do rio Amazonas, assim como os principais elementos da geomorfologia fluvial. A metodologia utilizada, foi revisão bibliográfica, utilização de imagens de satélite e registros de trabalho de campo. Os principais resultados alcançados foram que: a) o processo da dinâmica fluvial a erosão fluvial/terras caídas, transporte e deposição, realizadas pelo rio Amazonas é o principal modelador da paisagem das ilhas que compõem o Arquipélago do Januário, que somadas tem área de 332,945 km^2, tendo expandido 2.000 km^2 somente nos últimos 50 anos (1969-2019). b) a sazonalidade natural do rio Amazonas, esculpe a paisagem da várzea, criando furos naturais na sua várzea alta e acelerando o processo de deposição na mesma, por sua vez, o homem também tem papel atuante nessas "terras anfíbias", seja construindo furos artificiais e acelerando o processo de deposição que pode ser descrito como paisagens antropogênicas na várzea. Diante disso, pode-se afirmar que a evolução temporal do Arquipélago Fluvial do Januário sofre intensa influência dos processos da dinâmica fluvial, que remodela a paisagem constantemente.

Palavras chaves: Dinâmica Fluvial; Rio Amazonas; Arquipélago Fluvial do Januário.

Abstract: Rivers are the main circulation routes for people and assets in the Amazon region, however, thoese river channels also have their own fluvial dynamics, constantly reshaping the landscape, especially the white water rivers, which act strongly in the floodplain areas that are traditionally occupied by the riverside population. The

1 Professora da Secretária Estadual de Educação do Amazonas- SEDUC/AM. profcamila.louzada@gmail.com.

2 Professor titular da Universidade Federal do Ceará . cacauceara@gmail.com.

present study has the objectiveof demonstrate the temporal evolution of the Januário Fluvial Archipelago, in the Amazon River, as well as the main elements of fluvial geomorphology. The methodology used was literature review, use of satellite images and Field research records. The results achieved were: a) the fluvial dynamics process, fluvial erosion/fallen lands, transport and deposition carried out by the Amazon River is the main modeler of the landscape of the islands that compose the Januário Archipelago, which together have an area of 332.945 km², having expanded by 2,000 km² in the last 50 years alone (1969-2019). b) the natural seasonality of the Amazon River, sculpts the floodplain landscape, creating natural river channels in its high floodplain and accelerating the deposition process in it. The riverside population also have an active role in these "amphibian lands", whether by building artificial river channels and by accelerating the deposition process that can be described as anthropogenic floodplain landscapes. Therefore, it can be said that the temporal evolution of the Januário Fluvial Archipelago is strongly influenced by fluvial dynamics processes, which constantly reshape the landscape.

Keywords: Fluvial dynamics; Amazon river; Januário Fluvial Archipelago.

1. Introdução

Durante séculos a Amazônia foi descrita pelos seus aspectos fisiográficos naturais. Banhada por uma extensa bacia hidrográfica, e definida pela literatura e pelos meios de comunicação, como uma região homogênea, de clima úmido, de cobertura vegetal e florestal densa (GONÇALVES, 2010). Tais descrições generalistas não descrevem realmente a região.

Quando na verdade se fala em Amazônia é mais uma imagem *sobre* a região, *do* que da região (GONÇALVES, 2010). Pois quando um amazônida descreve o que é a Amazônia, a região adquire uma complexidade de significados, resultado de diferentes contextos socioecológicos e culturais específicos de cada lugar. "Assim para uns, os de fora, Amazônia aparece no singular, para outros, que nela moram – ela é plural e multifacetada" (GONÇALVES, 2010, p. 18).

Nesse sentido, existem várias Amazônias, dentro do Domínio Morfoclimático Amazônico, com uma gama de múltiplas e complexas relações com a paisagem. O exemplo: da Amazônia dos catadores de babaçu no baixo rio Tapajós, a dos criadores de búfalos da ilha do Marajó na foz do rio Amazonas, a Amazônia dos varzeiros e terra firmeiros, do baixo rio

Amazonas, no município de Óbidos (CANTO, 2008), e a dos coletores de produtos da floresta no Pará.

No estado do Amazonas, a mais famosa delas, é a Amazônia dos ribeirinhos, geralmente localizados ao longo dos rios de água branca ou barrenta, nas áreas de várzea de toda a calha dos rios Solimões, Madeira e do rio Amazonas (LOUZADA, 2014; 2018), que historicamente são áreas ocupadas pelas populações ribeirinhas no estado do Amazonas (LOUZADA; FROTA FILHO, 2019). Ab'Saber (2007) por sua vez, classificou a Amazônia como sendo um domínio morfoclimático de terras baixas, subdivididas em duas subunidades geomorfológicas: terra firme e várzea. As áreas de terra firme recobrem a maior porcentagem do relevo Amazônica, por essa razão também concentram a maior porcentagem dos estudos botânicos, pedológicos e climáticos na região.

As áreas de várzea da Amazônia por sua vez, surgiram durante o Holoceno, quando a elevação do nível dos oceanos, acabou represando as águas dos rios na Amazônia, o que resultou em um intenso processo de sedimentação na calha central do rio Amazonas. Em alguns casos, esse processo de sedimentação acentuado acabou represando os afluentes vindos de áreas de terra firme, que se tornaram lagos conhecidos como "rias" ou ria fluvial exemplo do lago do Tefé, Manacapuru e Rio Preto da Eva (GOROU, 1949; SIOLI, 1984; IRION *et al.* 1994; LOUZADA, 2020).

Ainda sobre as áreas de várzea, as mesmas são recobertas pelas águas dos rios de água branca ou barrenta entre quatro e seis meses por ano em média, essa sazonalidade natural, é um fator terminante no processo de "modelagem" das paisagens de várzea (LOUZADA, 2020). Isso graças a três processos da dinâmica fluvial, muito presente na região, são eles a erosão fluvial também chamada de terras caídas, o transporte e deposição de sedimentos (PACHÊCO *et al.* 2012; LOUZADA, 2014; LOUZADA *et al.* 2018; LOUZADA, 2020).

Devido a sazonalidade natural ao qual as várzeas são submetidas anualmente, as mesmas recebem um intenso processo de deposição aluvial o que torna a região extremamente fértil em seu período seco, o que faz, com que as populações tradicionais, façam intenso uso dessas terras anfíbias (LOUZADA *et al.* 2018).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar como ocorreu a evolução temporal do Arquipélago Fluvial do Januário, na calha central do rio Amazonas, assim como os principais elementos da geomorfologia fluvial.

Área de Estudo

A área de estudo é o Arquipélago Fluvial do Januário, que é uma unidade geomorfológica de várzea, localizada no sul do município de Itacoatiara, distante aproximadamente 87 km por via fluvial da cidade de Manaus. Fixado na calha central do rio Amazonas, na margem esquerda do rio (Figura 1).

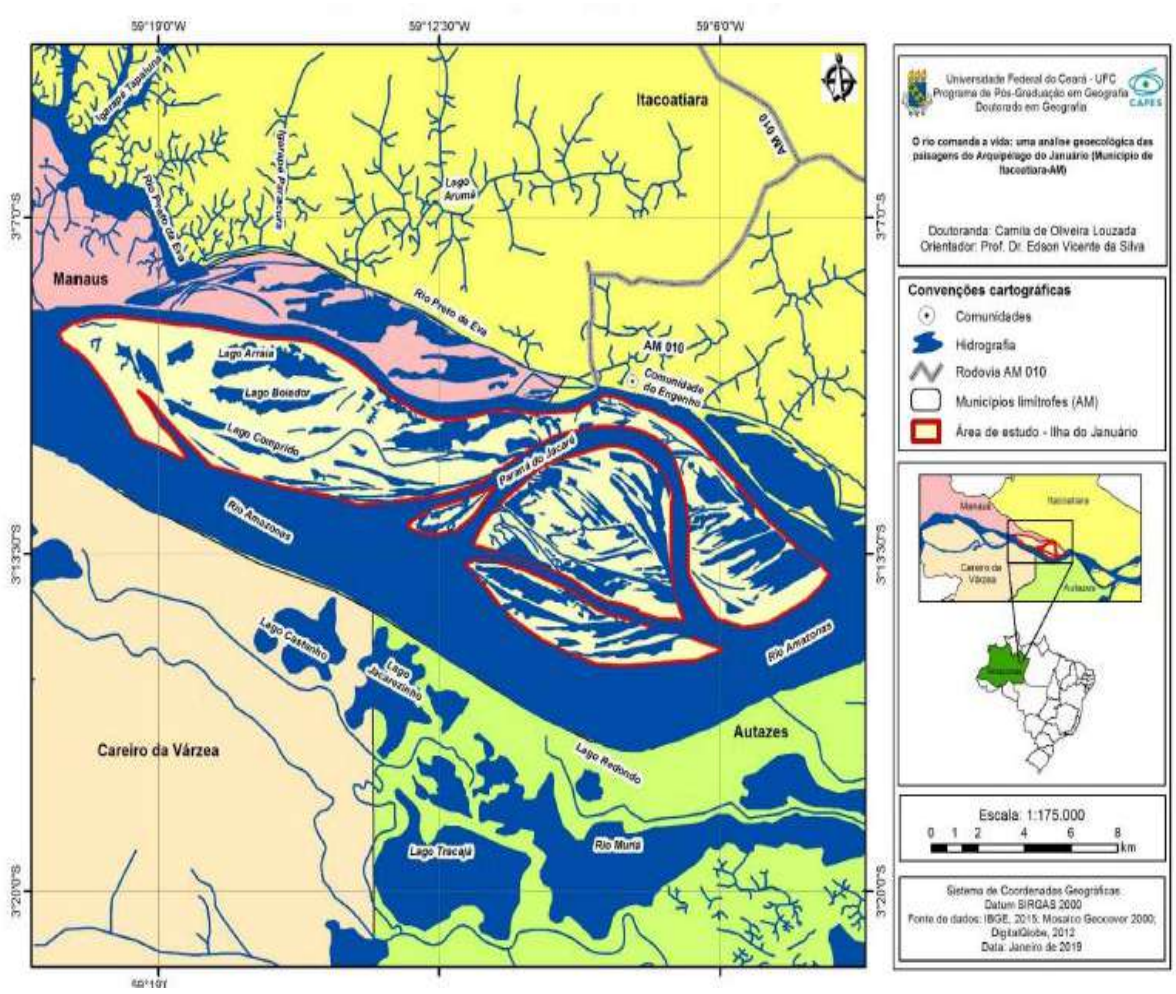


Figura 1: Mapa de localização do Arquipélago Fluvial do Januário.
Fonte: Camila Louzada (2020).

O acesso ao arquipélago do Januário, pode ser feito por meio do transporte rodoviário percorrendo a rodovia AM - 010 (Manaus- Itacoatiara) até o km 172, e posteriormente acessando a Estrado do Engenho por mais 45 km, até a comunidade do Engenho as margens do Paraná da Eva, totalizando 217 km de transporte rodoviário. Posteriormente, é necessário fazer o uso de uma embarcação de pequeno porte para se descolocar até as quatro comunidades do arquipélago (LOUZADA, 2020).

3. Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, partiu da revisão bibliográfica com a descrição dos principais processos da dinâmica fluvial (CHRISTOFOLETTI 1974, 1981,1999; SUGUIO e BIGARELLA, 1990; CUNHA, 1995), realizado pelo rio Amazonas, que são: erosão fluvial, transporte e deposição (STERNBERG, 1950, 2000; SIOLI, 1951, 1985; CARVALHO, 2006, 2012; PINTO, 2016; STEVAUX e LATRUBESSE 2009, 2017; LOUZADA *et al*. 2018; 2020).

Foi produzido um mapa de evolução temporal do Arquipélago do Januário, utilizando as imagens do Landsat 8, e 2, dos anos de 1969 e 2019 que foram vetorizadas e sobrepostas, calculando através de polígonos o tamanho da área. Também foram realizados registro de campo foi utilizado uma câmera Canon T7 (semiprofissional) e um Veículo Aéreo Não Tripulado-VANT, modelo *DJI Phantom 3 Standard.*

4. Resultados e Discussão

As condições climáticas da região Amazônica, como a elevada precipitação, condicionam um comportamento sazonal dos rios, em dois períodos principais: período de enchente e período de vazante, que ocorrem em épocas distintas do ano, em cada rio de sua bacia hidrográfica. Este contexto, de sazonalidade dos rios, imprime uma dinâmica fluvial diferenciada, capaz de realizar alterações na paisagem, que podem variar de pequenas deposições em forma de ondas de areia, até a formação de ilhas quilométricas na sua bacia de inundação, completamente vegetadas, que mesmo assim podem vir a desaparecer completamente através do processo de erosão fluvial denominado de “terras caídas”.

Os processos da dinâmica fluvial, são variantes em cada rio, porque dependem de uma gama de fatores como a estrutura geológica, a padronagem no canal principal e seus tributários, e também dos tipos de águas presentes na bacia hidrográfica (LOUZADA, 2020).

Para Bigarella e Suguiu (1990) assim como para Christofoletti (1991), os processos dinâmicos de um rio, estão atrelados à tríade fluvial a) erosão; b) transporte de cargas dentríticas (sedimentares); e c) deposição.

Sobre isso Pacheco *et al.*, (2012) ressalta;

> [...] que essa dinamicidade das águas fluviais não contribui apenas para o modelado do relevo das planícies aluviais, pois, ao desencadear o processo da tríade fluvial, influencia na vida do homem de maneira que o atrai para a edificação do seu sistema de produção. [...] Nessa dinâmica vai deixando bancos dendríticos que chegam a formar ilhas fluviais que constituem o ecossistema de várzea, onde, o homem passa a interagir com seu modo de vida. (PACHECO *et al*; 2012, p. 543)

Sobre essa questão, Cunha (1998) relata que os processos de erosão, transporte e deposição alternam-se no decorrer do tempo, e são distribuídos pela velocidade e a turbulência do fluxo de água dentro do canal. São processos dependentes entre si e resultam não apenas das mudanças no fluxo, mas também da carga existente. Christofoletti (1981) por sua vez, afirma que o padrão de escoamento de uma bacia hidrográfica, está diretamente ligado à sua geomorfologia, que exerce grande influência sobre os tipos de sedimentos transportados até o leito fluvial, assim como a velocidade das águas que por sua vez, influenciarão na modelagem das margens da bacia hidrográfica.

Os processos dinâmicos de erosão, transporte e deposição, são considerados os mais importantes agentes geomorfológicos na dinâmica fluvial (LOUZADA, 2020) embora se reconheça que outros processos superficiais sejam significativos em diferentes ambientes. A magnitude total de um rio é medida pela quantidade de material que ele é capaz de erodir, transportar e depositar (SUGUIO; BIGARELLA, 1990). Nesse sentido, Cunha (1995) considera que a ação desses processos, depende da carga existente na bacia hidrográfica, assim como o fluxo de energia nela depositada.

A erosão fluvial/terras caídas é a ação das águas de modo constante, é um processo de retirada contínua de material do fundo e das margens de um canal, classificados como erosão fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUGUIO E BIGARELLA, 1990; CUNHA, 1995), ocorrem de suas formas; a) erosão vertical que provoca aprofundamento do canal (Ex: rios em áreas montanhosas); b) erosão lateral ou de margem, que provoca alargamento do canal (Ex: Rio Amazonas).

Ainda, segundo Carvalho (2012), a erosão fluvial/terras caídas é um processo natural e tem grande influência nas transformações das paisagens, proporcionadas nas margens dos rios de água branca da Amazônia. Carvalho (2012) afirma ainda, trata-se de um processo predominantemente

complexo multicausal, que envolve fatores como a hidrostática, neotectônica, fatores climáticos e a composição material das margens.

Sobre o transporte de sedimentos Suguio e Bigarella (1990, p. 27), enfatizam que, "a capacidade de erosão de um rio depende, principalmente, das partículas por ele transportadas, do que, do volume de água", secundarizando a força hidráulica imprimida pela velocidade e volume da água. Christofoletti (1981) pondera sobre o poder abrasivo do material transportado em suspensão. Considera que a corrosão está relacionada diretamente com a carga de fundo do rio, pois a carga em suspensão, geralmente formada por pequenas partículas de argila e silte, que tem pouco poder abrasivo, agindo mais como polimento do que como agente ativo na erosão lateral.

Para Stevaux e Latrubesse (2017) o transporte de sedimento dissolvido é composto de substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo coloides húmicos, e tem uma contribuição significativa para a carga total de sedimentos transportados, pelos rios. No entanto, a composição química dos rios não reflete exatamente a composição das rochas e dos solos de sua bacia (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017, p.121).

Já a carga de sedimentos em suspensão, muito presente em rios de nascente andina, a exemplo do rio Solimões apresenta grande importância no processo de transporte de sedimentos na bacia Amazônica brasileira (FILIZOLA; GUYOT, 2009). Seu material é constituído por material geralmente inferior a granulometria de um grão de areia fina, pois é facilmente transportado pelo fluxo de água (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017, p.124)

O processo de disposição de sedimentos ocorre de duas formas: em forma de ondas de areia que permanecem em média um ano, emergidas no rio, todavia sem qualquer vegetação, e as ilhas fluvial que por sua vez apresentam vegetação em diferentes estágios de colonização vegetal (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017; LOUZADA, 2020).

Entretanto, as ilhas fluviais na Amazônia não se encontram "imunes" aos processo da dinâmica fluvial, pois são constantemente remodeladas pela ação das águas dos rios, horas sofrendo erosão fluvial/ terras caídas, horas recebendo recebem grande volume de deposição, e foi o que ocorreu com o Arquipélago do Januário (Figura 2).

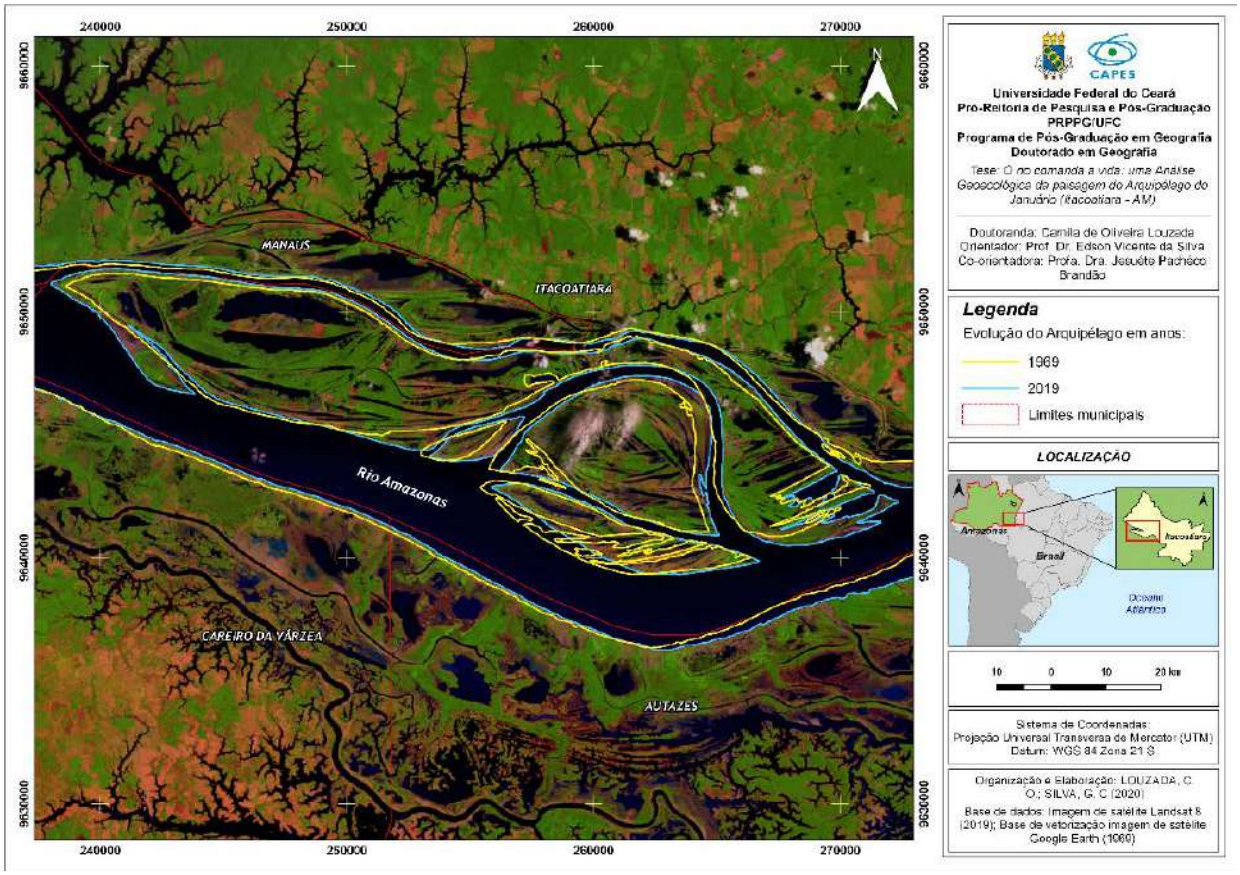


Figura 2: Evolução Temporal do Arquipélago Fluvial do Januário.
Fonte: Camila Louzada (2020).

Na figura anterior, é possível visualizar, na cor amarela, o contorno do Arquipélago do Januário em 1969 com uma área de 331.020 km² sendo o equivalente a 31.102 hectares. E na cor azul, o tamanho do arquipélago em 2019 que foi calculado em 332.945 km², o proporcional a 33.291 hectares.

O aumento da área de estudo, em um período de 50 anos (1969-2019) foi de 1.925 km², o que à primeira vista pode não parecer um aumento expressivo se comparada ao tamanho da área de estudo original, todavia, é significativo quando se tratar de uma área de várzea, localizada na calha central do rio Amazonas como é o caso do Arquipélago Fluvial do Januário.

Esse aumento da superfície só foi possível graças a sazonalidade natural da região, que durante o período de cheia fluvial, quando a várzea é recoberta pelas águas do rio Amazonas, o mesmo proporciona uma camada nova, de depósito aluvial extremamente fértil.

Nesse sentido o rio também transporta partículas maiores como grãos de areia, que por sua vez foram importantes no surgimento de novas ilhas, como é o caso da Ilha da Ponta localizada no extremo oeste do arquipélago do Januário. Nesse caso específico, a ilha da Ponta tem área de 5.110 km², que é resultado de 20 anos (1999-2019) de intenso processo de posição flu-

vial. Atualmente encontra-se parcialmente vegetada, e em acelerado processo de colonização vegetal (Figura 3).

Figura 3: Ilha da Ponta, no Arquipélago do Januário.
Fonte: Imagem do VANT, comandado pelo Evandro Aguiar (2017)

4.1 Elementos da Geomorfologia Fluvial: Arquipélago Fluvial do Januário.

O interior da planície de inundação do rio Amazonas é formado por uma complexa formação flúvio lacustre, e no Arquipélago do Januário é possível identificar a presença de vários elementos da geomorfologia fluvial, sendo os mais comuns: paranás, furos naturais e furo artificial. Nesse trecho do rio Amazonas a planície é inundada parcial ou totalmente durante o período de maio a agosto, com pico em junho e julho (CARVALHO, 2012).

Sobre os paranás, são canais paralelos ou não ao rio principal, geralmente são largos, profundos e extensos, são responsáveis por ligarem uma parte do rio a montante a outra parte a jusante, margeando grandes ilhas.

Ab'Saber (2002) descreve que os paranás se encontram interposto entre o mosaico terra/águas, e ocorrem em ecossistemas muito diferentes entre si, ainda que pertençam a uma só família do ponto de vista hidrogeomorfológico.

> Somente quem viajou por esses canais laterais naturais – designados paranás – pode avaliar a sua largura e profundidade relativa. Daí porque navios de certo porte podem navegar nas tranquilas águas dos paranás. Alguns dentre eles – como é o caso do agigantado paraná do Ramos – estendem-se por dezenas a centenas de quilômetros. Muitos dos afluentes da margem direita ou esquerda do Amazonas, antes de lançarem suas águas no grande rio, deságuam em setores dos paranás ou embaiamentos d'água

> similares, devido ao bloqueio feito por restingas fluviais. Disso resulta que as próprias águas dos paranás sejam diferentes que as do Amazonas, rio de longo curso, acumulador progressivo de sedimentos argilosos e sílticos (AB'SABER, 2002, p.9).

O arquipélago é contornado ao norte, pelo Paraná da Eva, e a sudoeste pelo Paraná do Jacaré. Esses canais de ligação nunca secam completamente, permanecendo com água durante todo o ano, e sendo totalmente navegável.

Contornando o Arquipélago do Januário de leste a oeste, encontra-se o Paraná da Eva que é fortemente ocupado por diversas comunidades rurais, e é utilizado como via de circulação de embarcações de vários tamanhos, entre barcos regionais e balsas transportadoras, pois é a menor distância, entre a cidade de Itacoatiara e Manaus durante a vazante do rio.

Outras embarcações, como navios cargueiros, petroleiros e navios de cruzeiros, utilizam exclusivamente o rio Amazonas independente da época do ano, como rota principal de circulação, jamais o Paraná da Eva, uma vez que isso acarretaria danos de grandes proporções as populações ribeirinhas, devido a velocidade dessas embarcações em um trecho relativamente estreito que é um paraná.

4.1.1 Furo natural e furo artificial

Primeiramente faz-se necessário esclarecer o que é furo, que é uma terminologia Amazônica, para caracterizar outro tipo de canal de ligação entre cursos d'água, para Andrade (1958), os furos são canais desprovidos de correnteza própria que conectam rios e/ou, lagos, ao rio principal.

Os furos podem ser classificados em duas categorias o furo natural que é um tipo de canal de ligação, esculpido na várzea alta pelo próprio sistema hídrico dominante. Geralmente são estreitos e rasos, e drenam água do rio principal durante a enchente, para o interior da bacia de inundação, e durante a vazante ocorre o contrário, alguns trechos podem permanecer com água represada durante a vazante (LOUZADA, 2020) (Figura 4).

Figura 4: Furo Natural, esculpido na várzea alta do Arquipélago do Januário.
Fonte: Imagem do VANT, comandado pelo Evandro Aguiar (2017)

Na figura anterior é possível visualizar na cor vermelha a delimitação de um furo natural, presente na comunidade Nossa Senhora da Conceição na Ilha do Januário. Quando o processo de enchente se inicia as águas do rio Amazonas, acessam os lagos interiores da várzea através desses canais, incialmente, posteriormente transbordam a várzea alta e recobrem toda a área da várzea, em profundidades variantes.

Já o furo artificial exerce as mesmas funções que um furo natural, todavia é fruto de interferência humana na paisagem, através do rompimento proposital da várzea alta, para que as águas do rio, adentrem com maior rapidez e facilidade a várzea baixa, dessa forma acelerando o processo de deposição nessas áreas, criando novas paisagens antropogênicas na várzea (Figura 5).

Figura 5: Furo Artificial, construído por interferência humana de forma manual.
Fonte: Camila Louzada (2020)

Outra funcionalidade do furo artificial, é que eles são construídos com a função de proporcionar abrigo as embarcações durante tempestades, que são frequentes durante o período de enchente.

5. Considerações Finais

O rio Amazonas e seus afluentes diretos, principalmente os de água barrenta, estabelecem suas superfícies de continuidade e descontinuidade da várzea através de limites que esculpem a paisagem através de três processos principais: erosão fluvial/terras caídas, transporte e a deposição, esses são os principais agentes na modelagem da paisagem das ilhas do arquipélago fluvial do Januário.

O presente trabalho teve como objetivo demonstrar como ocorreu a evolução temporal do Arquipélago Fluvial do Januário, na calha central do rio Amazonas, assim como os principais elementos da geomorfologia fluvial.

O arquipélago do Januário expandiu 1.925 km^2 em um período de 50 anos (1969-2019), graças ao processo de deposição intensa, que ocorreu no oeste do arquipélago nesse período, surgindo a Ilha da Ponta como é popularmente conhecida, que atualmente encontra-se em acelerado processo de colonização vegetal.

A sazonalidade natural das áreas de várzea, também exercem influencia na modelagem da paisagem dessas terras anfíbias, criando furos naturais na várzea alta, e acelerando o processo de deposição no interior das ilhas.

Todavia, o homem também exerce influência nessa paisagem, quando constrói furos artificiais, primeiramente buscando proporcionar abrigo as suas embarcações durante o período de enchente do rio, contudo tal prática, acaba por acelerar o processo deposição na várzea baixa, acabando por influenciar a construção de paisagens antropogênicas nesse ambiente sazonal.

6. Referências

AB'SABER, A. **Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira**. Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 1-26, 2002. Mensal. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/ea/v16n45/v16n45a02.pdf. Acesso em: 10 mar. 2018.

CANTO, O. **Várzea e varzeiros da Amazônia**. 1. ed. Belém: Editora Paraense Emílio Goeldi, 2008. 212 p.

CARVALHO, J. **Erosão nas margens do Rio Amazonas: fenômeno das terras caídas e suas implicações na vida dos moradores**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói. . Disponível em: http://www.geografia.ufrj.br/pos-graduacao/teses-dissertacoes-ppgg/#teses 2012. Acesso em: 10 maio 2018. 239

CARVALHO, J. **Terras caídas e consequências sociais: costa do Miracanera – Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara -AM**. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6491. Acesso em: 18 jan. 2018

CUNHA, S.; GUERRA, A. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 474 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 1. ed. São Paulo: Edgar Blucher,1974. 336 p.

CHRISTOFOLETTI. A. **Geomorfologia fluvial**. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1981. 320 p.

CHRISTOFOLETTI. A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1999. 256 p.

CHRISTOFOLETTI. A. **Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento**. *In:* TAUK, S. M. (org.). Análise ambiental: uma visão multidisciplinar. São Paulo: Unesp, 1991. p. 82-84.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. **Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national.** Data set. Hidrological Processes, v. 41, n. 4, p. 3207 - 3215, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-48892011000400566 . Acesso em: 10 fev. 2019.

GONÇALVES, C. **Amazônia, Amazônias**. 3. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2010. 177 p.

GOUROU, P. **Observações geográficas na Amazônia**. Revista Brasileira de Geografia, v. 3, p. 355-408, 1949. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fobjdigital.bn.br%2Facervo_digital%2Fdiv_iconografia%2Ficon1285855%2Ficon1285855.pdf&clen=11148410&chunk=true. Acesso em: 10 jul. 2021.

IRION, G. **Sedimentation and sediments of Amazonian rivers and evolution of the Amazonian landscape since Pliocene times**. *In:* SIOLI, H. (ed.). The Amazon, limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dordrecht:

W. Junk, 1984. 749 p (201-213). Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-6542-3_7. Acesso em: 21 out. 2021.

LOUZADA, C.; PACHECO, J.; SANTOS, E. **O modo de vida ribeirinho na Ilha do Januário no Rio Amazonas**. Revista Boletim Goiano (Online), Uberlândia, v. 38, n. 1, p. 178-199, jan./abr, 2018. Disponível em: https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/52820 . Acesso em: 10 maio 2019.

LOUZADA, C. **As grandes obras para reabertura da BR-319 e seus impactos nas localidades ribeirinhas do Rio Solimões:** Bela Vista e Manaquiri, no Amazonas. 2014. 221 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, 2014. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3983 . Acesso em: 10 set. 2017.

LOUZADA, C. **Impacto dos Eventos ENOS (*El Niño E La Niña*) na Agricultura Familiar do Estado do Amazonas.** Revista Formação (Online), Presidente Prudente, v. 26, n. 49, p. 143-162, set./dez 2019. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/5939 . Acesso em: 5 jan. 2020.

LOUZADA, C. **O rio comanda a vida: uma análise geoecológica das paisagens do Arquipélago do Januário (município de Itacoatiara-AM).** 2020. 264 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/56144. Acesso em 28 set. 2021.

LOUZADA, C.; FROTA FILHO, A. O trabalho de campo em barcos regionais no Amazonas e sua importância na formação do geógrafo. *In:* COLÓQUIO DE PESQUISADORES EM GEOGRAFIA FÍSICA E ENSINO DE GEOGRAFIA, 3, Pelotas Edi., **Anais [...],** Pelotas, 2018b, p.1.

PACHECO, J.; BRANDÃO, J.; CARVALHO, J. **Geomorfologia fluvial do rio Solimões/ Amazonas: estratégias do povo varzeano do sudoeste do Careiro da Várzea**. Revista Geonorte, Manaus, v. 2, n. 4, p.542-554, 2012. Disponível em: https://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2106 . Acesso em: 14 jun. 2019.

PINTO, M. **Correlações entre as dinâmicas geomorfológicas e pecuárias na margem esquerda do rio Madeira, município de Autazes (AM)**. 2016. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5626 . Acesso em: 29 set. 2017.

SIOLI, H. **Alguns resultados e problemas da Limnologia Amazônica**. Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Norte, n. 24, p. 3 – 44, jun. 1951. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/376376. Acesso em: 13 jun. 2018.

SIOLI, H. **Amazônia** - Fundamentos Da Ecologia Da Maior Região de Florestas Tropicais. Trad. J. BECKER. Ed. Vozes, Petrópolis. 72 p.

SIOLI, H. **The Amazon and its main affluents: hydrograph, morphology of the river courses, and river types. The Amazon**. W. Junk Publishers. Dordrecht, Holland, 1984, p. 127-165. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/The-Amazon-and-its-main-affluents%3A-Hydrography%2C-of-Sioli/a97c5cd2d68ffec8ac2c102bb04420b0631f1822 . Acesso em: 21 ago. 2021

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis: EDUFSC, 1990. 183 p.

STERNBERG, H. Vales Tectônicos na planície Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia**. Brasília, ano 12, out/dez., p. 3 – 25, 1950. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1950_v12_n4.pdf. Acesso em: 23 maio 2019.

STERNBERG, H. O. **A água e o homem na Várzea do Careiro**. 2 ed. Belém: MPEG, 2000. 248 p.

STEVAUX, J.; LATRUBESSE, E. **Geomorfologia Fluvial**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 320 p.

STEVAUX, J.; MARTINS, D.; MEURER, M. Changes in large regulated tropical river: the Paraná river downstream from the Porto Primavera Dam Brasil. **Geomorphology**, Washington, v. 113, n. 3/4, p.230-238, 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X09001226. Acesso em: 10 mar. 2018.

Fragilidade Ambiental Emergente do município de Anhumas – SP com localização na Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema UGRHI 22

Ariane Aparecida Santos da Silva[1]

Resumo: O presente trabalho apresenta produtos cartográficos temáticos que tem como objetivo a elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental (Emergente) do município de Anhumas(SP) localizado na Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema UGRHI 21. Elaborados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) a partir de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizados pelo Projeto TOPODATA / INPE, os mapas gerados (Fragilidade do relevo, Tipos de solos, Fragilidade Potencial, Uso e cobertura da terra e Fragilidade Ambiental Emergente) permitiram identificar a predominância de áreas com nível Forte de fragilidade ambiental e a análise individual das variáveis indicou que a ocorrência de processos erosivos lineares está relacionada aos usos e coberturas da terra, tais como pastagens e plantio de cana, do que aos tipos de solos que ocorrem na área e às características do relevo.

Palavras Chave: Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema UGRHI 22; Mapa de fragilidade ambiental; Anhumas-SP.

Abstract: This work presents thematic cartographic products that aim to prepare the Environmental Fragility (Emerging) map of the municipality of Anhumas (SP) located in the Hydrographic Basin of Pontal do Paranapanema UGRHI 21. Elaborated in a Geographic Information System (GIS) environment from SRTM data (Shuttle Radar Topography Mission), made available by the TOPODATA Project/ INPE, the generated maps (Relief Fragility, Soil Types, Potential Fragility, Land Use and Coverage and Emerging Environmental Fragility) allowed to identify the predominance of areas with Strong level of environmental fragility and the individual analysis of the variables indicated that the occurrence of linear erosive processes is related to land uses and land cover, such as pastures and sugarcane planting, than to the types of soils that occur in the area and to the relief characteristics.

Keywords: Pontal do Paranapanema Hydrographic Basin UGRHI 22; Environmental fragility map; Anhumas-SP.

1 Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências e Tecnologia- ariane.aparecida@unesp.br.

Introdução

Segundo Ross (1995), o aumento da população e o avanço tecnológico fez com que se produzisse mais, interferindo de forma negativa no ambiente. Por esse motivo as pesquisas ambientais, cuja finalidade é a proteção do ambiente e a exploração racional dos recursos naturais, tem se intensificado.

Ainda segundo Ross (1995), os geógrafos sempre fizeram estudos da natureza e da sociedade, porém, com focos e abordagens metodológicas diferentes. Nas análises ambientais se tem os mesmos princípios da Geografia, cujo objetivo maior é entender as relações das sociedades humanas de um determinado território com o meio natural. Assim, a pesquisa ambiental na abordagem geográfica é fundamental para obter diagnósticos adequados e, a partir deles, elaborar prognósticos, tendo como objeto de pesquisa as sociedades humanas com seus modos de produção, consumo e o modo como tratam a natureza e se apropriam de seus recursos.

Nesse sentido, a pesquisa teve como intuito compreender alguns problemas ambientais presentes no município de Anhumas-SP, localizado na porção do Oeste Paulista, analisando o quadro e a incidência de processos erosivos no munícipio e na região. Identificando as fragilidades e potencialidades da área em questão.

No presente artigo, apresentam-se os produtos cartográficos que foram utilizados para a elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental (Emergente).

Área de estudo

De acordo com o IPT (1997, 2012) a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI 22) é uma região que possui alta suscetibilidade a erosão sendo, por esse motivo, de fundamental importância a análise e estudo da ocorrência dos processos erosivos nessa região. Para melhor análise do fenômeno, escolheu-se o município de Anhumas-SP como área de estudo, pois este município é um dos que possui maior número de ocorrências (por Km^2) de erosão na região, conforme se observa na Tabela 1.

Os dados da Tabela 1 explicitam que os municípios de Estrela do Norte, Santo Anastácio, Piquerobi, Alvares Machado, Anhumas, Regente Feijó e Presidente Bernardes são os mais críticos, pois apresentam pelo menos um processo erosivo a cada 2 Km², enquanto que a média de ocorrências erosivas na UGRHI 22 é um processo erosivo a cada 3,7 Km².

Tabela 1 - Processos erosivos dos municípios do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22)

Municípios	Área (km²)	Total Rurais	Total Urbanas	Total	Densidade de erosões
Estrela do Norte	268.207	254	8	262	0.965672
Santo Anastácio	419.995	310	1	311	0.740485
Piquerobi	200.039	136	0	136	0.614880
Álvares Machado	252.862	152	1	153	0.605077
Anhumas	320.136	178	6	185	0.577890
Regente Feijó	210.537	117	3	120	0.569971
Pres. Bernardes	525.364	272	5	277	0.523447
Marabá Paulista	915.524	371	2	373	0.411786
Pres. Venceslau	235.241	95	3	98	0.403841
Pirapozinho	493.495	171	8	179	0.346508
Mirante do Paranapanema	1251.86	399	4	403	0.320323
Tarabai	197.913	34	3	37	0.303164
Indiana	32.8078	9	2	11	0.274325
Pres. Prudente	114.355	26	26	52	0.253596
Narandiba	356.832	72	0	72	0.249417
Taciba	608.938	137	1	138	0.224982
Martinópolis	577.22	102	1	103	0.190569
Caiuá	268.204	44	0	44	0.167783
Sandovalina	441.79	64	0	64	0.153919
Pres. Epitácio	926.272	132	6	138	0.143586
Iepê	433.824	33	0	33	0.094508
Nantes	284.118	19	0	19	0.077433
Rosana	749.199	39	3	42	0.060064
Euclides Da Cunha	567.92	7	0	7	0.058107
Rancharia	135.917	3	0	3	0.02943
Teodoro Sampaio	1562.16	80	5	85	0.023045

Fonte: Instituto de Pesquisas e Tecnológicas, Relatório Técnico nº 131.057-205, 2012
Organização: Moroz-Caccia Gouveia, I.C; Pimenta, J.P; Silva, A. A. S.

O município de Anhumas apresenta 184 ocorrências de focos erosivos, sendo que a maior parte deles encontram-se em estágio avançado, correspondendo a voçorocas. A Figura 2 apresenta a localização da área de estudo, município de Anhumas –SP e a Figura 3 apresenta as ocorrências de erosão no município.

Na área do Pontal do Paranapanema assim como em toda porção oeste do estado de São Paulo, a ocorrência de processos erosivos relaciona-se principalmente à presença de solos arenosos e ao histórico de uso e ocupação do solo.

Acredita-se que a produção de um Mapa de Fragilidade Ambiental contribuirá para um melhor conhecimento acerca das fragilidades do meio físico face às intervenções antrópicas na área de estudo.

Metodologia: As unidades ecodinâmicas e a fragilidade ambiental

Segundo Tricart (1977), o conceito de unidades ecodinâmicas é integrado ao conceito de ecossistemas, baseado no instrumento lógico de sistemas, que enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente. A utilização do instrumento lógico dos sistemas permite identificar as modificações indiretas desencadeadas por uma intervenção. Essas intervenções afetam a cobertura vegetal que repercute na: energia da radiação que alcança o solo, queda de detritos vegetais na superfície do solo, na intercepção das precipitações e na proteção do solo contra ações eólicas e pluviais.

Ainda segundo Tricart (1977) existem três tipos de meios ecodinâmicos: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Ross (1994), utiliza e aperfeiçoa esses conceitos afirmando que as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente são aquelas que através da interferência humana, tiveram seu ambiente modificado e as Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou de Instabilidade Potencial são aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e sem interferência humana. Em sua proposta para a análise empírica da Fragilidade Ambiental, o autor propõe que ambas as unidades sejam classificadas em diferentes graus desde o mais fraco ao mais forte.

Ross (1995), indica que a análise da fragilidade ambiental é resultado da análise integrada de características do relevo (gênese, morfologia, morfometria e morfodinâmica), tipos de solo, litologia, cobertura vegetal, uso

da terra e pluviometria. “A obtenção desses dados requer levantamentos de campo e serviços de gabinete, a partir dos quais geram-se produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação.” (ROSS, 1995, p.318).

Neste sentido, para a elaboração de um mapa de fragilidade ambiental é preciso inicialmente elaborar produtos cartográficos temáticos intermediários referentes ao relevo, aos solos, à geologia, aos aspectos climáticos, ao uso e cobertura da terra. Posteriormente, para cada uma das classes identificadas nos mapas temáticos são atribuídos níveis de fragilidade que variam entre Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte, de acordo com as orientações de Ross (1994).

Na presente pesquisa, foram produzidos os mapas que resultaram na elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental (Emergente) do município de Anhumas-SP. Para elaborar esses produtos cartográficos utilizou-se o programa ArcGIS 10.3, a partir dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizados pelo INPE Projeto TOPODATA (Banco de dados geomorfométricos do Brasil).

Para a obtenção do mapa de fragilidade ambiental, será necessário compilar os mapas temáticos. Após a preparação dos mapas temáticos intermediários realiza-se a análise multifatorial, através de técnicas de geoprocessamento e finalmente, obtém-se o Mapa de Fragilidade Ambiental.

Para tanto, é necessário atribuir pesos(níveis de fragilidade que variam entre 1- Muito Fraca, 2 - Fraca, 3 - Média, 4 - Forte e 5 - Muito Forte) para cada uma das classes identificadas nos mapas temáticos.

Para o mapa clinográfico foram atribuídos os níveis de fragilidade, conforme o Quadro 1 e para o mapa de curvatura do terreno, foram atribuídos os níveis de fragilidade presentes no Quadro 2.

Quadro 1 – Classes de declividades e níveis de fragilidade

Classes de declividades	Níveis de fragilidade
Até 6%	Muito fraca
6-12%	Fraca
12-20%	Média
20-30%	Forte
Acima de 30%	Muito forte

Fonte: Ross (1994)

Quadro 2 - Curvatura do terreno e níveis de fragilidade

Classes de curvatura	Níveis de fragilidade
Retilínea	3- Média
Convexa	4- Forte
Côncava	5-Muito forte

Fonte: Ferreira, Ferreira e Moroz-Caccia Gouveia (2016)

Da mesma maneira, os atributos identificados nos demais mapas que foram produzidos (Mapa pedológico e Mapa de Uso e Cobertura da Terra) receberão níveis de fragilidade, conforme exemplificado nos Quadro 3 e 4.

Quadro 3 – Classes de Solos e níveis de fragilidade

Classes de solo	**Níveis de fragilidade**
Latossolos	1- Fraca
Nitossolos	3- Média
Argissolos	4- Forte
Gleissolos	5-Muito Forte face às inundações e instabilidade do terreno

Fonte: Ross (1994)

Quadro 4 - Uso e Cobertura da terra e níveis de fragilidade:

Classes de uso	Níveis de fragilidade
Cobertura florestal	1 - Muito Fraca
Silvicultura	2 - Fraca
Áreas urbanizadas	3 - Média
Cana	4 - Forte
Pastagem	4 - Forte
Cultura temporária	4 - Forte

Fonte: Ross (1994)

Resultados e discussões: Mapas físicos do município de Anhumas -SP

A seguir, apresentam-se os mapas elaborados na pesquisa.

A figura 1 corresponde ao mapa de fragilidade do relevo do município de Anhumas-SP, resultante do cruzamento do mapa clinográfico e do mapa de curvatura do terreno. Observa-se a predominância da classe de fragilidade Fraca. Na figura 2 apresenta-se o mapa dos tipos de solos do município de Anhumas-SP. Observa-se a predominância dos Argissolos.

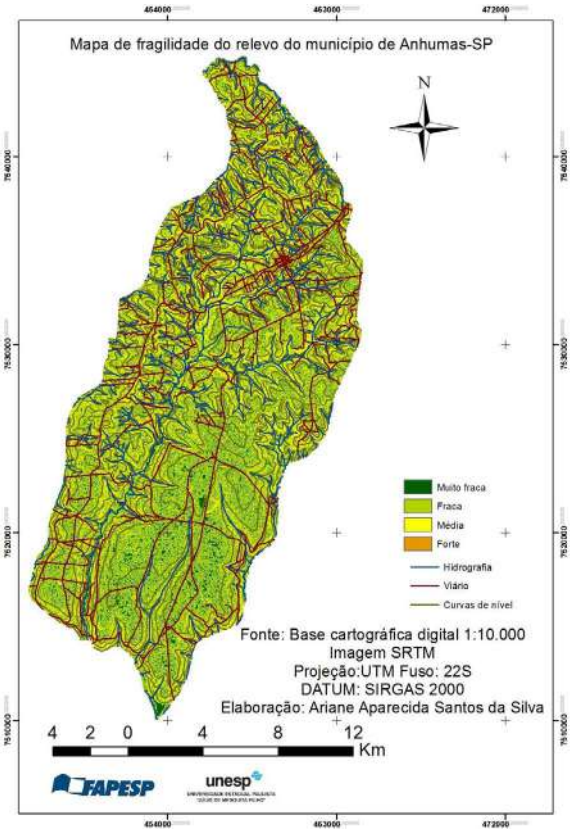


FIGURA 01: Mapa de fragilidade do relevo do município de Anhumas – SP

Fonte: Elaborado pela autora, 2018

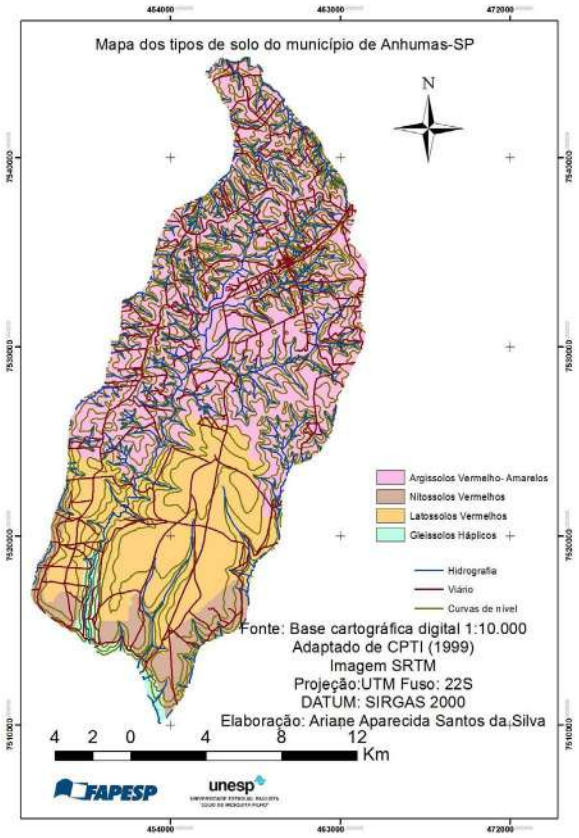


FIGURA 02: Mapa dos tipos de solos do município de Anhumas – SP

Fonte: Elaborado pela autora, 2018. Fonte: Pedologia CPTI. Relatório da situação dos recursos hídricos da bacia do Pontal do Paranapanema. São Paulo, 1999, atualizado com a nomenclatura mais recente da Embrapa, 2012 1:600.000.

Ao correlacionar o Mapa de Fragilidade do Relevo, com os níveis de fragilidade de cada um dos tipos de solos, obtém-se o Mapa de Fragilidade Potencial. Esse produto cartográfico identifica na área de estudos níveis de fragilidade natural aos processos lineares.

A Figura 3 apresenta o Mapa de Fragilidade Potencial. Conforme se observa, prevalecem na área níveis médios de fragilidade potencial. Ou seja, em função das características do relevo e dos solos, a área apresenta susceptibilidades entre muito fraca a média aos processos erosivos lineares, embora uma parte apresente fragilidade forte.

A figura 4 apresenta o mapa do Uso e Cobertura da terra do município de Anhumas-SP. Observa-se a predominância da pastagem e secundariamente, do cultivo de cana de açúcar.

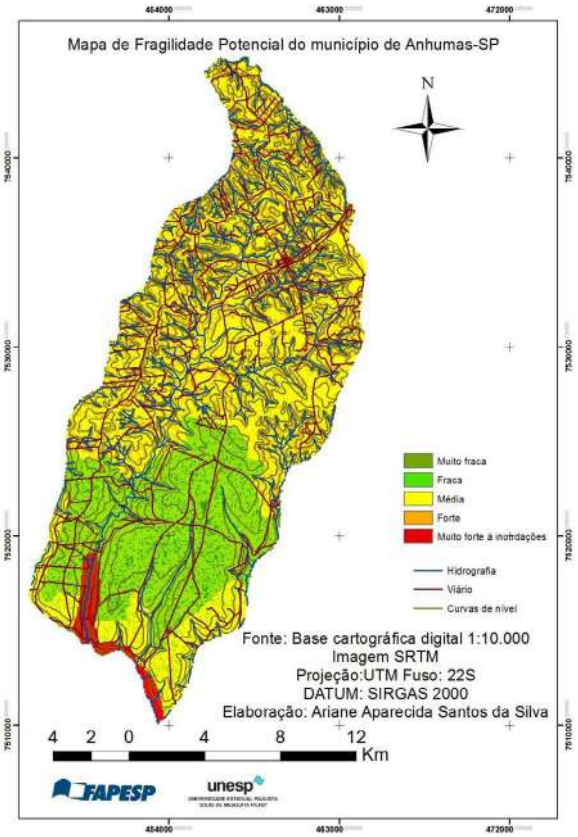


FIGURA 03: Mapa de Fragilidade Potencial
Fonte: Elaborado pela autora, 2018

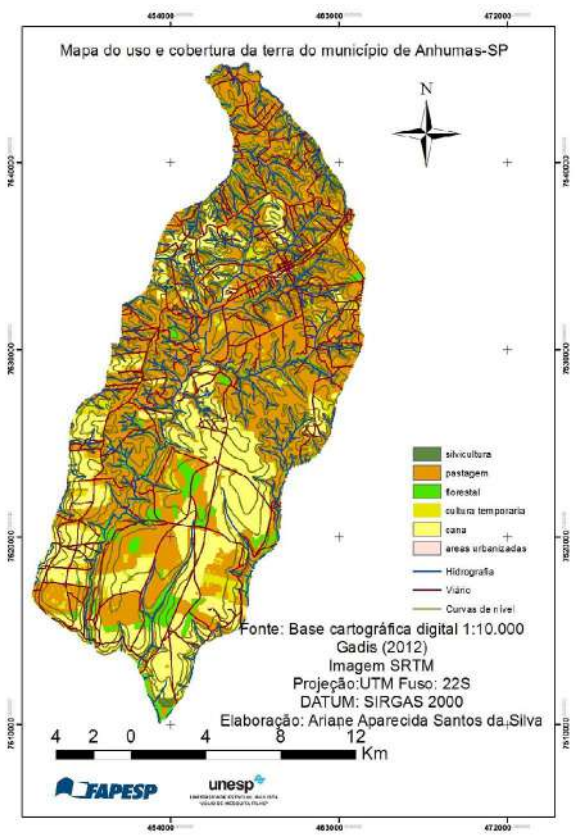


FIGURA 04: Mapa do uso e cobertura da terra do município de Anhumas-SP
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.
Uso e Ocupação das Terras 2012 Gadis, 2012.
1:250.000

A Figura 5 corresponde ao Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Anhumas - SP, resultante da análise multicriterial ponderada dos mapas intermediários (Fragilidade Potencial e Uso e Cobertura da Terra).

A análise do mapa de Fragilidade Ambiental permite verificar que na área de estudo predominam as classes de fragilidade ambiental Forte e Média. Ao comparar com o Mapa de Fragilidade Potencial, observa-se que em função dos usos e coberturas da terra, os níveis de fragilidade média e alta aumentaram significativamente, o que indica que tais usos aumentam a susceptibilidade à erosão linear.

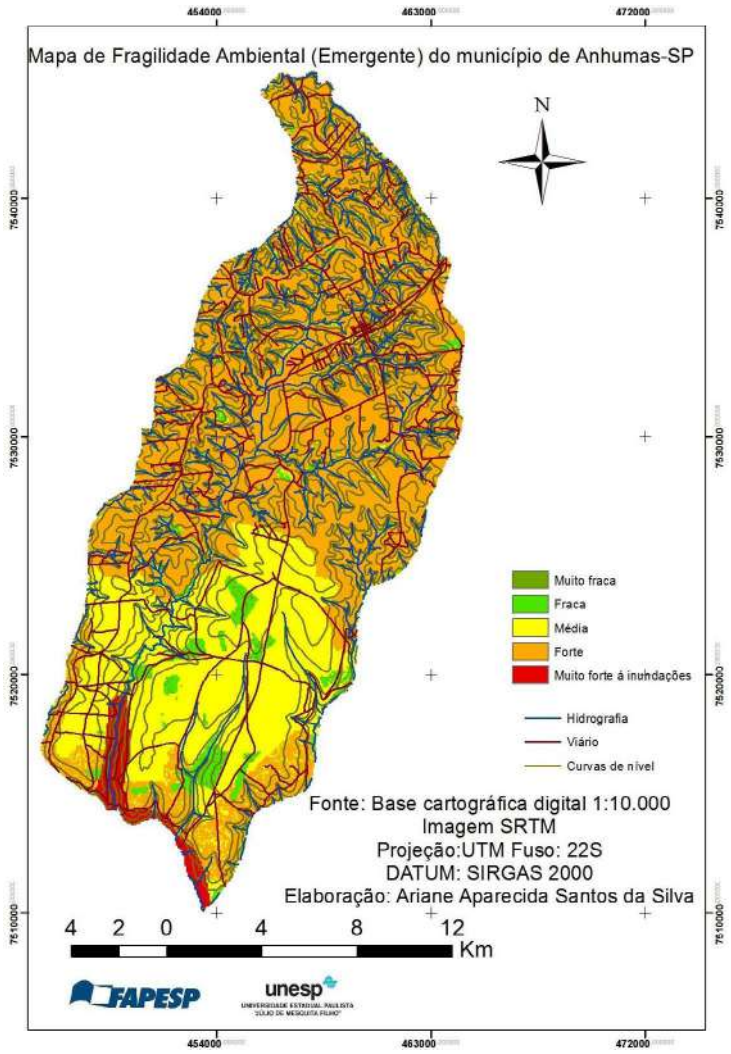


FIGURA 05: Mapa de fragilidade ambiental do município de Anhumas – SP
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo principal o entendimento de quais variáveis que contribuem para a ocorrência de processos erosivos na área de estudo através da aplicação do modelo de fragilidade ambiental de Ross (1994). Para a produção do mapa de fragilidade ambiental (emergente) foram elaborados mapas temáticos.

A partir dos mapas temáticos pudemos perceber que a variável uso e cobertura da terra, sobretudo em função da presença de pastagens, plantio de cana e culturas temporárias, possui importância significativa na deflagação de processos erosivos lineares. Esses resultados foram expres-

sos no mapa de fragilidade ambiental emergente, cujo resultado foi a predominância do nível de fragilidade ambiental Forte, enquanto o mapa de fragilidade potencial apontou a predominância de níveis de fragilidade Média.

Acredita-se que o Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente fornecerá subsídios a ordenamento territorial que considere as fragilidades e potencialidades da área do município, promovendo o uso racional do relevo e dos solos e possibilitando a identificação de áreas prioritárias para aplicação de diretrizes referentes ao planejamento com intuito de preservar e/ou restaurar o equilíbrio ambiental.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, N. H.; FERREIRA, C. A. B. V.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Mapa de Fragilidade Ambiental como auxílio para o Planejamento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos**, FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, vol. 12, ANAP, Tupã, 2016, p. 44-58. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1411/1433.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2018.

IPT – **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**. 2015.

IPT – **Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo**, RELATÓRIO TÉCNICO 131.057 – 205 Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, 2012.

IPT- **INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO** Programa Orientações Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, 1997

LAL, R. Soil management in the developing countries. Soil Science, v. 165, n. 1, p. 57-72, 2000.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia nº 8, São Paulo, 1994. p. 63-74.

ROSS, J. L. S. **Análise e Síntese na Abordagem Geográfica da Pesquisa para Planejamento Ambiental**. Revista do Departamento de Geografia, nº 9, São Paulo, 1995. p. 165-175.

ROSS, J.L.S., SPORL, C. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

SARQUIS, S. **Modificações antrópicas do solo: influência na dinâmica econômica e populacional do município de Martinópolis**. Dissertação (Mestrado em Geografia/ Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e T ecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1996.

SILVEIRA, H. **Modificações resultantes da ação antrópica no solo- uso e manejo e reflexos no meio rural do município de Cidade Gaúcha-PR**. Dissertação (Mestrado em Geografia/ Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1997.

TOMINAGA, L. K.: SANTORO, J. & AMARAL, R. do (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir, Instituto Geológico**, São Paulo, 2009, 196 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

Identificação de Áreas de Recarga de Água Subterrânea da Bacia Hidrográfica Ribeirão Paraíso, GO

Kássio Samay Ribeiro Tavares[1]
João Batista Ferreira Neto[2]
Mariana Santos Freitas[3]
Carlos Eduardo Félix da Silva[4]

Resumo: Este trabalho buscou identificar as áreas com maior potencial de recarga de água subterrânea na bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso, localizada na porção Sudoeste de Goiás. Para a identificação das áreas de recarga, bem como atingir os objetivos esperados, a metodologia foi estruturada em três etapas. A primeira etapa, refere-se a revisão literária o que embasou a escolha do método aplicado. A segunda etapa se deu a partir do levantamento e processamento dos dados, em que foi realizada a aquisição de dados provenientes da base de dados SIG. Já terceira etapa referiu-se à comparação e análise dos resultados das áreas de potencial a recarga de águas subterrâneas com o uso e cobertura das terras. Como resultado, as áreas com potenciais de recarga se dividiram em cinco classes: muito baixo potencial (1), baixo potencial (2), moderado potencial (3), alto potencial (4) e muito alto potencial (5). A bacia hidrográfica Ribeirão Paraiso, apresenta em sua maioria um moderado potencial a recarga de águas subterrâneas, compreendendo mais de 75% da área. Com quase 15%, a classe com maior potencial de recarga, seguida da de baixo potencial, com 8% e muito baixo potencial com 0,02%. Correspondendo ao uso do solo local nota-se que há conflitos entre as áreas de recarga e locais utilizados para pastagem, bem como algumas regiões de agricultura. O mapeamento realizado, atrelado a análise do uso e cobertura, mostrou-se de extrema importância, tendo em vista que o mesmo pode ser usado como subsídio para o manejo correto e ações de conservação.

Palavras-chave: recarga de águas subterrâneas; bacia hidrográfica; uso e ocupação das terras; gestão ambiental.

1 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - kassiosamayribeiro@gmail.com.

2 Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ joaoseventhing@hotmail.com.

3 Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ santos.mari.freitas@hotmail.com.

4 Universidade Federal de Goiás – carlos_eduardo93@discente.ufg.br.

Abstract: This article sought to identify the areas with greater potential for groundwater recharge in the Ribeirão Paraíso watershed, located in the southwestern portion of Goiás. For the identification of the recharge areas, as well as to reach the expected goals, the methodology was structured in three stages. The first stage refers to the literature review, which supported the choice of the method applied. The second step was the survey and data processing, in which the acquisition of data from the GIS database was performed. The third step referred to the comparison and analysis of the results of the areas of potential groundwater recharge with the use and coverage of land. As a result, the areas with recharge potential were divided into five classes, (1) very low potential, (2) low potential, (3) moderate potential, (4) high potential and (5) very high potential. The hydrographic basin Ribeirão Paraiso, presents mostly a moderate potential for groundwater recharge, comprising more than 75% of the area. With almost 15%, the class with the highest potential of recharge, followed by the low potential, with 8% and very low potential with 0.02%. Corresponding to the local land use, it is noted that there are conflicts between the recharge areas and places used for pasture, as well as some agricultural regions. The mapping carried out, coupled with the analysis of use and coverage, proved to be extremely important, given that it can be used as a subsidy for correct management and conservation actions.

Keywords: groundwater recharge; watershed; land use and land cover; environmental management.

1. Introdução

Com o crescimento da população brasileira e a transformação econômica do país, o consumo de água tornou-se tema de inúmeras reflexões e debates em toda a sociedade desde a segunda metade do século XX. As discussões sobre o uso desses recursos mostram que houve avanços na construção de um modelo de desenvolvimento sustentável (GONÇALVES, 2007).

Embora as pessoas tenham chegado a um consenso sobre a importância dos recursos hídricos subterrâneos, especialmente no abastecimento urbano, industrial e agrícola, ainda existem algumas atividades humanas que o impactam negativamente. A falta de zoneamento, planejamento e políticas de ordem territorial resultaram em áreas de abastecimento natural impermeáveis, fluxo concentrado de águas superficiais, inundações e outros problemas. Associado a falta de recarga, causada pela impermeabilização, encontramos a sobre-exploração da água subterrânea, que

pode causar o esgotamento do recurso inviabilizando-o para posterior utilização (SERAPHIM e BEZERRA, 2018, 2019).

Segundo Favarin (2017), a água subterrânea, mais especificamente com relação aos condicionantes de sua forma de ocorrência para fins de gerenciamento hídrico, é parte integrante do sistema aberto do ciclo hidrológico. E como tal, deve estar no planejamento da utilização dos recursos hídricos de uma região, em todos os níveis de desenvolvimento. Estudos que tangem essa temática se apresentam de importância fundamental, tendo em vista o acelerado crescimento demográfico e econômico municipal, caracterizado majoritariamente pela conversão de áreas naturais em uso agropecuário, como é a realidade das regiões do Cerrado e com maior intensidade no Sudoeste do estado de Goiás (TAVARES, 2021; FARIA, 2006; CASTRO, 2005).

Neste sentido, reveste-se de fundamental importância o conhecimento das características do sistema hídrico, e em especial suas áreas de recarga subterrânea, possibilitando assim procedimentos gerenciais que visem proteger, planejar e utilizar de modo sustentado as disponibilidades existentes, além de adequar e planejar de acordo com as vocações naturais dos seus diferentes compartimentos (SANTOS e KOIDE, 2016).

De acordo com Philippe Gombert (1997), o estudo de recarga de águas subterrâneas pode ser útil face às necessidades futuras de desenvolvimento econômico e social que possibilitará bombeamentos mais profundos, sendo necessário, entretanto, a proteção das zonas de recarga. O uso contínuo do bombeamento dos poços artesianos aliados a estação de estiagem afeta o lençol freático, que juntamente com o uso da água de superfície para a irrigação de produtos hortigranjeiros, reduz a disponibilidade das águas superficiais.

O armazenamento e a recarga subterrânea de água são processos complexos, influenciados por muitas variáveis, de ordem geológica, geomorfológica e de uso do solo, além do âmbito climático. Nessa perspectiva, o trabalho proposto tem como objetivo o desenvolvimento de um instrumento cartográfico para identificar as áreas de recarga de águas subterrâneas na bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso, sendo posteriormente realizada a análise da conservação das áreas mapeadas, frente ao uso e cobertura das terras.

2. Metodologia

Para a identificação das áreas de recarga, bem como atingir os objetivos esperados, a metodologia foi estruturada em três etapas. A primeira etapa, refere-se a revisão literária o que embasou a escolha do método aplicado, fazendo-se uso de artigos e produções literárias sobre o tema em questão e a área de estudo. A segunda etapa se deu a partir do levantamento e processamento dos dados, em que foi realizada a aquisição de dados provenientes da base de dados SIG (Sistemas de Informações Geográficas), bem como a escolha do software para a manipulação e geração dos dados finais do mapeamento. Já terceira etapa referiu-se à comparação e análise dos resultados das áreas de potencial à recarga de águas subterrâneas com o mapeamento do uso e cobertura das terras realizado para o ano de 2020.

2.1 Área de estudo

Dentre os dois municípios que integram a área de estudo (Caiapônia e Doverlândia), o primeiro está inserido majoritariamente na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso. Essa bacia faz parte dos limites hidrográficos do rio do Peixe, que é uma sub-bacia do alto curso do Rio Araguaia, em Goiás. O Ribeirão Paraiso abrange cerca de 90% do município de Caiapônia e seu restante de área engloba o segundo município mencionado, compreendendo aproximadamente uma área de 1 832,2 km^2.

Conforme evidenciado no mapa de localização (Figura 1), o Ribeirão Paraíso nasce nas porções leste e oeste de Goiás, com suas nascentes localizadas nas imediações da vertente norte da Serra Caiapó, desaguando na porção norte do rio do Peixe, cuja área apresenta fitofisionomias de Cerrado de aparência mais adensada, identificadas como componentes de formações savânicas ou florestais (TAVARES, 2021).

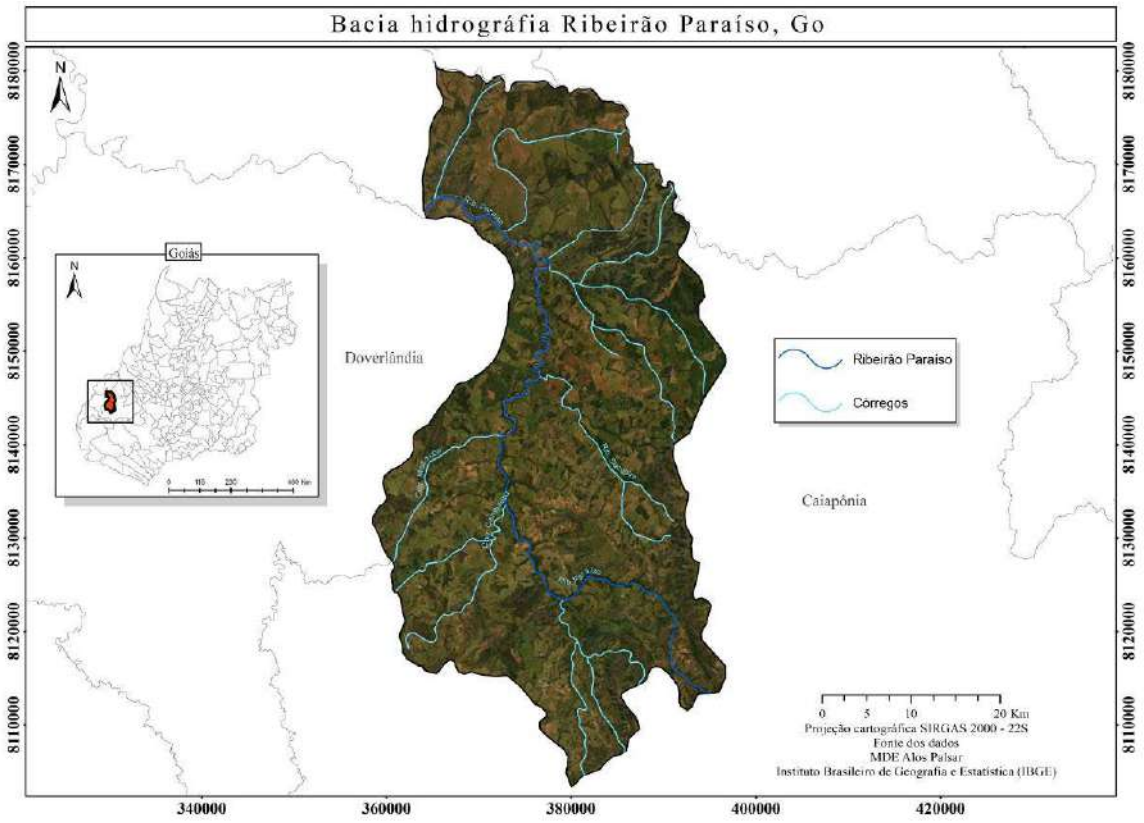


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso
Fonte: IBGE (2021). Elaborado pelos autores, 2021.

2.2 Procedimentos metodológicos

O método utilizado foi uma adaptação de Gonçalves (2007), Zancopé (2012) e Seraphim e Bezerra (2019). A metodologia de Gonçalves (2007), foi utilizada como base para a reclassificação da base de dados e a de Zancopé (2012) utilizada para a atribuição de peso as bases de dados reclassificadas. O método de Seraphim e Bezerra (2019) subsidiou a relação entre as os dois métodos citados anteriormente, auxiliando tanto na definição das variáveis de análise, quanto na atribuição dos pesos para cada classe.

De acordo com a metodologia adotada, foi realizada uma classificação do meio físico para que se possa ter um comparativo e adequação a se cruzar os dados. A metodologia aplicada faz uso dos atributos do meio físico, sendo eles a Porosidade, Clinografia, Solos, Geomorfologia e Fratura de Rochas. Também foi elaborado o mapa de uso do solo, a partir da base de dados do MapBiomas (2021) correspondente a última coleção disponibilizada (coleção 6), para posteriormente ser usado como ferramenta de análise ambiental e determinar a conservação das áreas mapeadas como potenciais de recarga.

Para o cruzamento e elaboração dos mapas temáticos a serem utilizados no procedimento metodológico, utilizou-se o software Arcgis 10.7/ ESRI. Para o mapa de solos e de geomorfologia, foram utilizados os dados digitais do Banco de dados e informações ambientais (BDIA, 2021). Os dados e mapas referentes a porosidade e fratura das rochas foram subsidiados pelos dados de geodiversidade do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2021), e por fim, o mapa clinográfico foi elaborado com base no modelo digital de elevação Alos Palsar, o qual apresenta resolução de 12,5 metros.

A partir desses dados citados, foram processadas as informações no software de geoprocessamento e assim atribuídos os pesos de 1 a 5 para cada classe analisada, sendo que 1 representa o menor e 5 o maior potencial para a recarga. Os valores empregados para cada classe de variáveis, a saber, solos (Tabela 1), geomorfologia (Tabela 2), porosidade (Tabela 3), fratura das rochas (Tabela 4) e clinográfico (Tabela 5), estão expressas nas tabelas abaixo.

Tabela 1: Pesos das classes de solos

Classe de solos	Pesos
Argissolo Vermelho-amarelo	4
Cambissolo Háplico	1
Latossolo Vermelho	4
Latossolo Vermelho-amarelo	4
Neossolo Litólico	1
Neossolo Quartzarênico	5

Fonte: adaptado de Gonçalves (2007), Zancopé (2012) e Seraphim e Bezerra (2019), organizado pelos autores.

Tabela 2: Pesos das classes geomorfológicas

Classe de geomorfologia	Pesos
Agradações	1
Estruturais	2
Morros e Colinas	2
SRAII	5
SRAIII	4
SRA IV	3

Fonte: adaptado de Gonçalves (2007), Zancopé (2012) e Seraphim e Bezerra (2019), organizado pelos autores.

Tabela 3: Pesos das classes de porosidade

Classe de porosidade	Pesos
Baixa: 0 a 15%	1
Moderada: 15 a 30 %	2
Variável: 0 a >30%	4
Alta: >30%	5

Fonte: adaptado de Gonçalves (2007), Zancopé (2012) e Seraphim e Bezerra (2019), organizado pelos autores.

Tabela 4: Pesos das classes de fraturas das rochas

Classe de fraturas das rochas	Pesos
Não fraturada	1
Pouco a Moderadamente Fraturada	2
Moderadamente a Intensamente Fraturada	4
Intensamente Fraturada	5

Fonte: adaptado de Gonçalves (2007), Zancopé (2012) e Seraphim e Bezerra (2019), organizado pelos autores.

Tabela 5: Pesos das classes de clinográfia

Classe de clinografia	Pesos
0 -8%	5
8 – 15%	4
15 – 30%	3
30 – 55%	2
>55%	1

Fonte: adaptado de Gonçalves (2007), Zancopé (2012) e Seraphim e Bezerra (2019), organizado pelos autores.

3. Resultados e Discussão

Como resultados desse estudo, apresenta-se na figura 2 o conjunto dos mapas das variáveis analisadas, bem como sua caracterização envolvendo as características de cada tema. Com a junção das variáveis, foi realizado o mapeamento de áreas com potencial a recarga de águas subterrâneas, em

que foi possível uma visão ampla de sua distribuição na bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso. Por fim, para um melhor entendimento da situação desses locais mapeados, será apresentado o mapa de uso e cobertura das terras, assim, sendo possível uma análise da conservação desses locais e identificação de possíveis conflitos de uso e recarga.

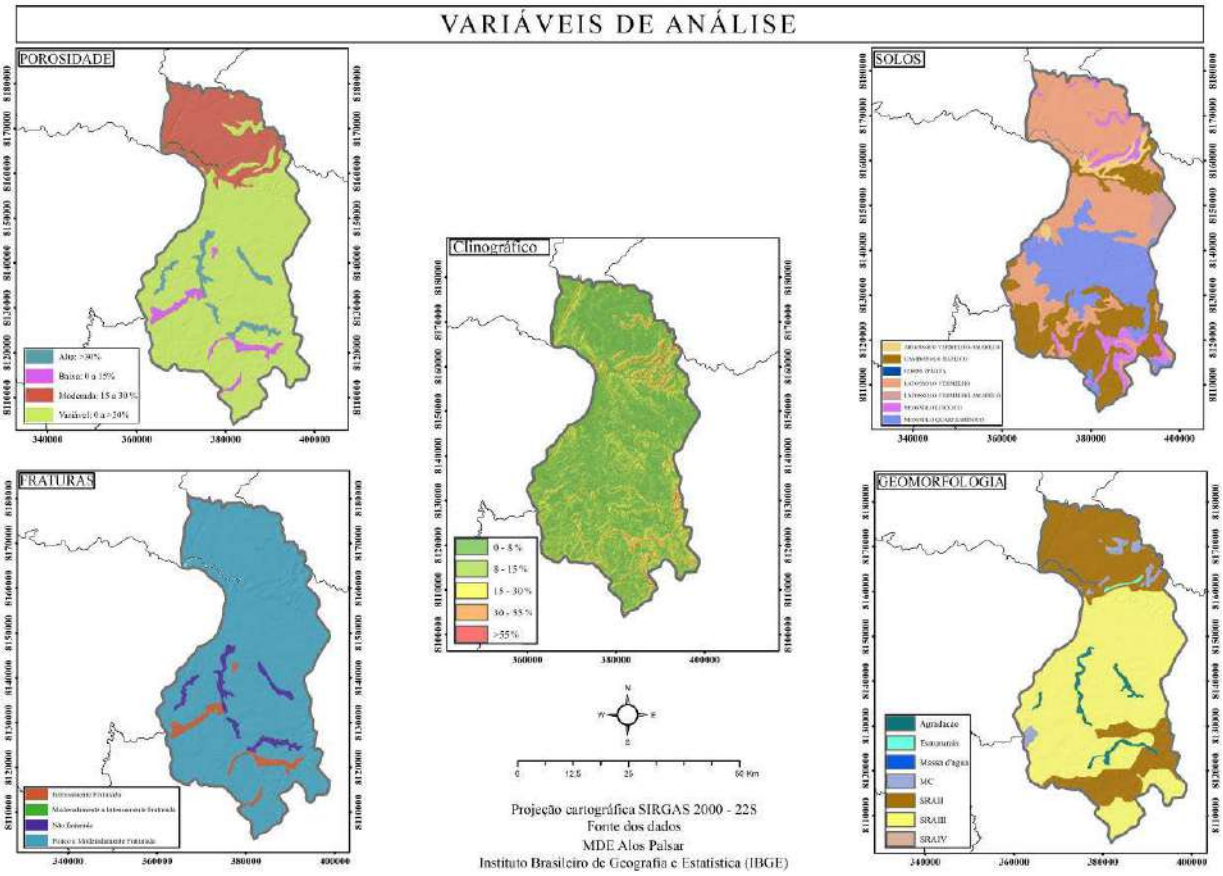


Figura 2: Mapas das variáveis de análise para o mapeamento de potencialidade de recarga
Fonte: BDIA; CPRM; ALOS PALSAR (2021). Elaborado pelos autores, 2021.

3.1 Caracterização das variáveis

No caso dos solos, a bacia apresenta maior quantidade de área composta por Latossolos, com os quais podem ser divididos em Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho. Também são encontrados pelos Neossolos, que estão divididos em Litólico e Quartzarenico, majoritariamente encontrado na região Central da bacia, e por fim os Cambissolos e Argissolos. Os Argissolos compreendem poucos polígonos de área na referida bacia hidrográfica, enquanto os Cambissolos estão nas porções Sul e Nordeste.

Devido as características de relevo plano e de solos de textura argilosa, como o caso dos Latossolos, a região sofre grande influência de uso agropecuário, sendo usada na maioria das vezes para pastagens e cultu-

ras agrícolas, por favorecerem o trabalho com maquinários. É também é identificado que estes consistem em solos bem desenvolvidos, profundos, que apresentam textura granular, com predomínio de agregações, considerados solos mais maduros, cuja porosidade é alta. (EMBRAPA, 2018).

A geomorfologia local é caracterizada pelas Superfícies Regionais de Aplainamento II e III, em maiores quantidades, compreendendo juntas quase a área total da bacia hidrográfica. As agradações encontram-se basicamente ao Centro e os Morros e Colinas aparecem ao Norte e Sudoeste, onde estão localizadas regiões topográficas mais altas. As classes Estruturais e Superfície Regional de Aplainamento IV contemplam pequenos polígonos de área na bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso, na região Norte e extremo Sul.

A porosidade é a razão entre o volume de vazios e o volume de solo, ou seja, é uma propriedade física utilizada para medir a quantidade de espaços vazios (poros) de um material (MEDEIROS, 2015). A porosidade é uma propriedade adimensional e pode ser apresentada na forma de porcentagem ou na forma decimal. Para os valores e locais com maior índice de porosidade, foi realizada o tratamento dos dados geológicos da região, gerando os resultados que expressaram a porosidade alta (>30%), baixa (0 – 15%), moderada (15 – 30%) e variável (0 - >30%). Em área, a porosidade de 0 a >30% representam a maior parte da bacia, concentrada na região Central e de forma contínua para o Sul da bacia.

A variável clinográfica interfere de maneira direta no escoamento superficial, sendo função inversa da infiltração da água no solo, ou seja, quanto maior a declividade menor a taxa de infiltração. Na área de estudo, foram encontradas majoritariamente declividade suave, representada por classes de 0 – 8%, em que a taxa de infiltração chega a 95%. A classe de 8 – 15% possuem taxa de infiltração de 70%, e declividades com maior porcentagem, representam áreas onde a energia potencial é maior, dificultando o processo de infiltração, como por exemplo a classe com valores de 15 – 30%, 30 – 55% e > 30%, que remete a áreas com relevo movimentado e montanhoso, com taxa de infiltração entre 15 e 5%.

A bacia hidrográfica apresenta em grandes áreas rochas pouco a moderadamente fraturadas, representando permeabilidade moderada. Seguido de rochas intensamente fraturadas e da classe de rochas não fraturadas que são encontradas nas porções Central e Sul da bacia hidrográfica, ressalta-se que a classe moderadamente a intensamente fraturada corresponde a pequenos polígonos que é sobreposto a classe intensamente fraturada.

3.2 Mapeamento de áreas com potencial à recarga de águas subterrâneas

Como resultado da junção das variáveis citadas anteriormente, apresenta-se o mapa de áreas com potencial à recarga de águas subterrâneas. Foram atribuídas cinco classes para o mapeamento realizado, muito baixo potencial (1), baixo potencial (2), moderado potencial (3), alto potencial (4) e muito alto potencial (5), entretanto, o mapeamento apresentou apenas quatro dessas classificações para a bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso, sendo a muito alto potencial não encontrada na área. O mapeamento é apresentado na figura 3.

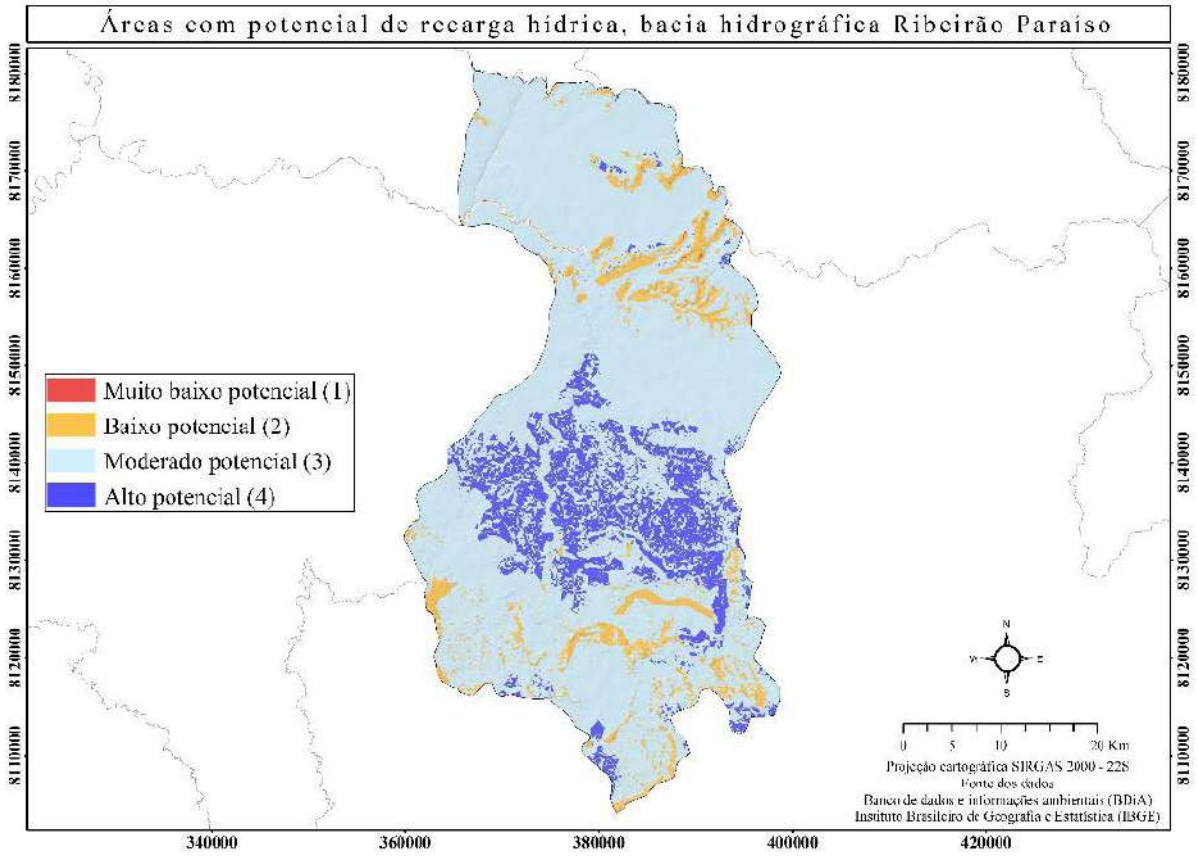


Figura 3: Mapeamento de potencialidade de recarga de águas subterrâneas
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A bacia hidrográfica Ribeirão Paraiso, apresenta em sua maioria um moderado potencial à recarga de águas subterrâneas, compreendendo mais de 75% da área de estudo, conforme pode ser evidenciado nos valores quantitativos de área para cada nível mapeado na tabela 6. Com quase 15%, a classe considerada com maior potencial de recarga, ocupa em quantidade de área a segunda maior extensão da bacia, seguida da de baixo potencial, com 8% e por fim, muito baixo potencial com 0,02%.

Tabela 6: Valores de área para as classes de potencialidade à recarga

Classes	Km²	%
moderado potencial (3)	1422,574425	78%
alto potencial (4)	250,115732	14%
baixo potencial (2)	150,835013	8%
muito baixo potencial (1)	0,433408	0,02%

Fonte: organizado pelos autores, 2021.

As áreas de alto potencial de recarga estão majoritariamente concentradas na porção central da área de estudo, apresentando alguns poucos polígonos representativos das mesmas classes no extremo Sul, as bordas da bacia hidrográfica e também ao Nordeste, vistos em regiões caracterizadas por interflúvios.

A classe de moderado potencial é vista em toda a extensão da bacia, representada principalmente pelas áreas de relevo suavemente ondulado e plano, superfícies regionais de aplainamento e basicamente latossolos. O baixo e muito baixo potencial encontram-se em áreas de maiores altitudes, localizadas no nordeste da bacia e em alguns polígonos ao Sul. Essa característica de baixo potencial, é condicionada principalmente pelas elevadas declividades, caracterizadas pelos morros e colinas, em que a percolação da água é maior e mais intensa, dificultando a infiltração.

Como observamos, de modo geral a bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso possui interessantes áreas de recarga que contemplam grandes extensões. Diante disso, surgem questões relacionadas principalmente com a conservação dessas áreas, tendo em vista que a bacia hidrográfica possui fortes indicadores de usos agropecuários e conversões de vegetação natural (CARNEIRO, 2012). A partir dessa informação, apresenta-se o mapa de uso e cobertura das terras da bacia (Figura 4), esse mapeamento é referente ao ano de 2020 e apresenta classes de uso como de vegetação em que são englobados subclasses de florestas, campos alagados e remanentes de vegetação; pastagem; agricultura (culturas perenes, soja, café, cana, dentre outras); outras coberturas naturais, caracterizadas por afloramentos; outros usos antrópicos (mineração e área urbana) e corpos hídricos.

Inicialmente nota-se que há conflitos entre as áreas de recarga e locais utilizados para pastagem, bem como algumas regiões de agricultura. Desde 1985 a região vem sofrendo com o crescimento desordenado da agropecuária e consequentemente as transformações da vegetação natural em pasto para o gado e plantações (TAVARES, 2021). Decorrente disto e jun-

tamente com outros atributos, ou seja, a partir de uma visão integrada a região apresenta probabilidades de suscetibilidades ambientais.

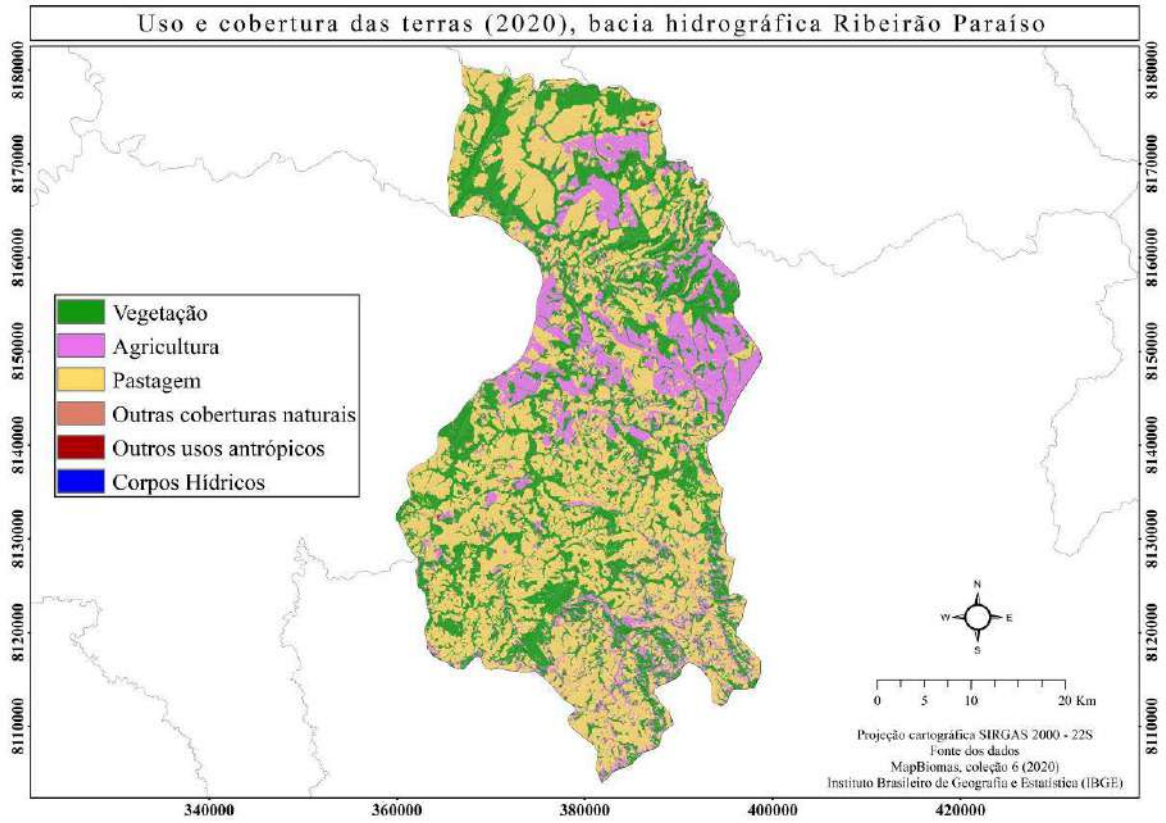


Figura 4: Uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso
Fonte: Mapbiomas (2021). Elaborado pelos autores, 2021.

Essas atividades agropecuárias aliadas com mal uso ou com o emprego de metodologias de manejo inadequadas podem oferecer riscos a integridade dos recursos hídricos, bem como gerar outros danos ambientais como por exemplo a perda de solos, além da possibilidade de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Como já salientado, ressalta-se a suscetibilidade à contaminação das águas subterrâneas, uma vez que as atividades agropecuárias da região sobrepõem as grandes áreas de maior potencial à recarga de água subterrânea, consequentemente as grandes quantidades de agrotóxicos e processos de correção do solo, aumentam essa probabilidade.

Em termos de quantidade de água infiltrada, o aumento da impermeabilização do solo e a diminuição da cobertura vegetal são particularmente proeminentes (MARSALEK *et al.*, 2013). A porcentagem de água que penetra no solo após a precipitação varia entre 50%, 30% e 15% do ambiente natural, dependendo do tipo de ocupação atual (MOTA, 1981; HOUGH, 1985).

4. Considerações Finais

A partir de todas as observações e resultados apresentados, conclui-se que a metodologia adaptada para identificar áreas de potencial de recarga cumpriu o proposto, tendo em vista que mediante a análise integrada das variáveis de solos, geomorfologia, porosidade, fraturas e dados clinográficos foi possível o mapeamento dessas áreas, conforme proposto nos objetivos do trabalho.

A metodologia utilizada neste estudo mostrou-se de fácil aplicação, permitindo resultados coerentes com as características da região, sendo o emprego de ferramentas SIGs fundamental para a eficiência e a obtenção de resultados uteis ao manejo da bacia e do uso racional da água. Ressalta-se, que o emprego dessas ferramentas com dados mais refinados, bem como análises das propriedades físicas *in loco*, possibilitaria ainda mais acurácia nos resultados obtidos, sendo aconselhado a futuros estudos a realização de trabalhos de campo e o uso de dados atuais com alto nível de detalhamento.

A bacia hidrográfica Ribeirão Paraíso possui em sua maioria áreas com moderado potencial a recarga de águas subterrâneas, com cerca de 78% de extensão em área. As áreas com maior possibilidade de ocorrer recargas foi identificada na porção Central da bacia, bem como em algumas poucas regiões nos extremos Sul e Norte. Com pouco mais de 8% as áreas com menores potenciais foram mapeadas em regiões as quais a declividade é maior, a exemplo a Nordeste da área de estudo.

Com o mapeamento realizado, foi de extrema importância a realização da análise e comparação de usos das terras com as áreas potenciais de recarga, tendo em vista que é necessário a realização de ações e medidas para a conservação dessas áreas, tendo em vista que grande parte das regiões com maiores potenciais encontram-se em uso por pasto e culturas agropecuárias. Essas atividades com mal uso ou com o emprego de metodologias de manejo inadequadas podem oferecer riscos a integridade dos recursos hídricos, bem como gerar outros danos ambientais como por exemplo a perda de solos, além da possibilidade de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

5. Referências

BANCO DE DADOS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS - **BDIA**. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/. 2021.

CARNEIRO, G. T. **Processo de fragmentação e caracterização dos remanescentes de cerrado: análise ecológica da paisagem da bacia do rio dos peixes (go).** Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, p. 136. 2012.

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na Alta Bacia do Rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 38-60, 2005.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5º ed. Brasília, DF. 2018.

FARIA, K. M. S. de. **Caracterização dos remanescentes de Cerrado e suas relações com o uso e ocupação das terras da Alta bacia do rio Araguaia**. 2006, p. 177. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

FAVARIN, V. J. **Mapeamento da temperatura das águas subterrâneas em área do Sistema Aquífero Bauru na estação ecológica de Santa Bárbara-SP**. 2017. 2017. 63 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Câmpus Experimental de Ourinhos, 2017.

GOMBERT, P. Variabilité spatiale de la productivité aquifère du socle sahélien en hydraulique rurale. IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-**Intern Assoc Hydrological Sciences**, 241, 113-122. 1997.

GOMBERT, P. **Variabilité spatiale de la productivité aquifère du socle sahélien en hydraulique rurale.** IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences, 241, 113-122. 1997.

GONÇALVES, T. D. **Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal**. 2007, 101 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) -Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

HOUGH, M. **Cities and Natural Process: towards a new urban vernacular.** 1. ed. [S.l.]: Croom

MARSALEK, J. CISNEROS, B. J., KARAMOUZ, M., MALMQUIST, P. A., GOLDENFUM, J. A., & CHOCAT, B. **Urban Water Cycle Processes and Interactions**. International Hydrological Helm. 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. Dowloads. 2021. Acesso em : 14 de setembro de 2021. Através do link: https://downloads.ibge.gov.br/. 2021.

MEDEIROS W.B.B. **Estudo da permeabilidade de meios porosos com solução polimérica.** Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Química – UFRN, Natal. 2015.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e preservação ambiental**. Fortaleza, CE: Edições UFC. 1981. Programme (IHP). Paris, France: [s.n.], 2013.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 15 de setembro de 2021, através do link: < https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>.

SANTOS, R. M. D., & KOIDE, S. **Avaliação da recarga de águas subterrâneas em ambiente de Cerrado com base em modelagem numérica do fluxo em meio poroso saturado**. RBRH, 21, 451-465. 2016.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – **CPRM**. Acesso em: 17 de set. 2021. Disponível em: https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html. 2021.

SERAPHIM, A. P. A. C. C., BEZERRA, M. D. C. **Cidade e água: relações entre tipologias de ocupação urbana e recarga de aquíferos**= City and Water: relations between urban occupation typologies and aquifer recharge. Cuadernos de Investigación Urbanística, (126). 2019.

TAVARES, K. S. R. **Proposta de adaptação na definição do fator geomorfológico na metodologia de mapeamento da vulnerabilidade à perda de solos**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia-GO, 100 p. 2021.

ZANCOPÉ, M. H. C.; BAYER, M. **Proposta metodológica para avaliar o potencial de transferência de sedimentos de bacias hidrográficas a partir de índices morfométricos**. *In:* SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9, Rio de Janeiro, 2012, Anais.... Rio de Janeiro: UFRJ/UGB, 2012. p. 1-3.

Mapeamento das Nascentes de Drenagens da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti

Débora Maciel Castelo Holanda[1]
Marta Celina Linhares Sales[2]

Resumo: Dentro do sistema hidrológico, as nascentes são ecossistemas de fundamental importância, uma vez que, fornecem a água provedora dos cursos d'água. Diante de um cenário global, em que, para algumas regiões, a água já é considerada um recurso escasso, proteger e conservar as fontes hídricas são estratégias que devem ser priorizadas na gestão e planejamento ambiental. A identificação e mapeamento das nascentes do rio Pacoti, se insere, portanto, nessa discussão buscando contribuir com levantamento de informações ambientais e proporcionar uma maior visibilidade sobre a temática. Por apresentar uma grande extensão territorial, o número de nascentes mapeadas neste trabalho destaca-se como amostras que refletiram observações importantes acerca do uso e ocupação no alto curso do rio Pacoti e os impactos gerados na malha hídrica da região.

Palavras-chave: Nascentes, Planejamento, Água.

Abstract: Within the hydrological system, springs are ecosystems of fundamental importance, since they provide the water supply of the waterways. Given a global scenario, in which, for some regions, water is already considered a scarce resource, protecting and conserving water sources are strategies that should be prioritized in environmental management and planning. The identification and mapping of the sources of the river Pacoti, is therefore part of this discussion seeking to contribute to survey environmental information and provide greater visibility on the subject. Because it has a large territorial extent, the number of sources mapped in this study stands out as samples that reflected important observations about the use and occupation of the upper course of the Pacoti river and the impacts generated in the region's water network.

Keywords: Springs; Planning; Water.

1 Universidade Federal do Ceará – debholand@alu.ufc.br.

2 Universidade Federal do Ceará - mclsales@uol.com.br.

1. Introdução

O gerenciamento hídrico ambiental ainda é um desafio para competências governamentais, seja aquelas diretamente comprometidas com a conservação do meio ambiente ou com outras frentes da sociedade. O uso múltiplo da água, requer esforços de salvaguarda não só da quantidade, mas também a qualidade do recurso.

A princípio, no Brasil, a legislação acerca do recurso hídrico teve cunho utilitarista com vistas ao uso da água para produção de energia e desenvolvimento industrial. A preocupação ambiental com a água é uma mudança de paradigma recente, oriunda do estabelecimento de diretrizes voltadas a conservação e proteção dos recursos hídricos.

Inserido em um contexto de desenvolvimento regional, o sistema de bacias hidrográficas foi tomado como uma unidade territorial importante para o planejamento. Proporcionando a integração das questões ambientais, econômicas e sociais, o recorte espacial de uma BH une componentes naturais e sociais, proporcionando uma melhor compreensão da realidade local.

A compreensão sistêmica de uma bacia hidrográfica, permite englobar tanto os aspectos relacionados ao comportamento hidrológico como também os fatores que influenciam na oferta e produção de água e a manutenção do volume hídrico. Levando em consideração a dinâmica integrada dos ecossistemas, além dos fatores naturais como relevo, solos, flora e a variação pluviométrica, também influenciam os usos e as intervenções antrópicas causadas, por exemplo, pelos setores da agricultura, indústria e urbanização.

A implementação das bacias hidrográficas como área estratégica para desenvolvimento de estudos e planejamento vem apresentando resultados importantes para a compreensão das potencialidades e fragilidades dos sistemas naturais.

Dentro da discussão sobre a gestão de bacias hidrográficas, as nascentes, ainda que ocupando uma posição fundamental dentro desse ecossistema, possui uma carência de informações de detalhe que possam auxiliar, com maior eficiência, a elaboração de estratégias de conservação. A valorização desses ambientes é de fundamental importância no contexto de análise das bacias hidrográficas, uma vez que, são fontes estratégicas para a recarga hídrica de toda área de contribuição.

As nascentes são responsáveis pela formação da malha hidrográfica de todas as regiões do mundo. Com a capacidade de fornecer água o ano inteiro, essas fontes desempenham um papel essencial para o ecossistema e para o desenvolvimento das atividades e a própria sobrevivência da espécie humana. Iniciativas que colaborem para o levantamento de informações desses mananciais devem ser estimuladas visando, estrategicamente, garantir a qualidade e quantidade das águas.

Diante disso, o presente artigo pretende contribuir para a discussão através do mapeamento e identificação dos ambientes de nascentes de drenagens, uma vez que são responsáveis pela produção e manutenção da água. Seja pela rasa discussão dos sistemas de nascentes na legislação ou mesmo pela dificuldade em mapear esses ambientes, observa-se uma significativa carência de informações ambientais acerca dos altos cursos dos rios.

As nascentes mapeadas nesse trabalho contribuem para bacia hidrográfica do rio Pacoti, importante recurso hídrico que integrado a outros sistemas são responsáveis pelo abastecimento público. Foram levantadas nascentes de drenagens situadas no alto curso do rio Pacoti, na região do maciço de Baturité. Por localizarem-se no em altitudes elevadas do relevo, parte dessas fontes encontram-se nos limites (cota de 600 metros) da unidade de conservação – Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité.

No mapeamento foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, com a extração de informações de imagens de satélite a partir da execução do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), para geração de estimativas. Somado a checagem de campo foi possível identificar uma amostra das nascentes existentes na região.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Pacoti abrange uma área de 1273,44 km², compreendendo total e/ou parcialmente os municípios de Mulungu, Pacoti, Guaramiranga, Palmácia, Redenção, Acarape, Guaiúba, Maranguape, Pacatuba, Horizonte, Itaitinga, Pacajus, Aquiraz e Eusébio. (Figura 1) A presente BH engloba importantes reservatório de água, a saber o açude Acarape do Meio, construído entre os anos de 1909 e 1924 para o abastecimento público de Fortaleza a época. Atualmente, o sistema integrado en-

tre os açudes Pacoti-Riachão localizados bacia hidrográfica do rio Pacoti e o açude Gavião pertencente a bacia hidrográfica do rio Cocó, contribuem para o abastecimento da capital, juntamente com a transferência de água do açude Pacajus.

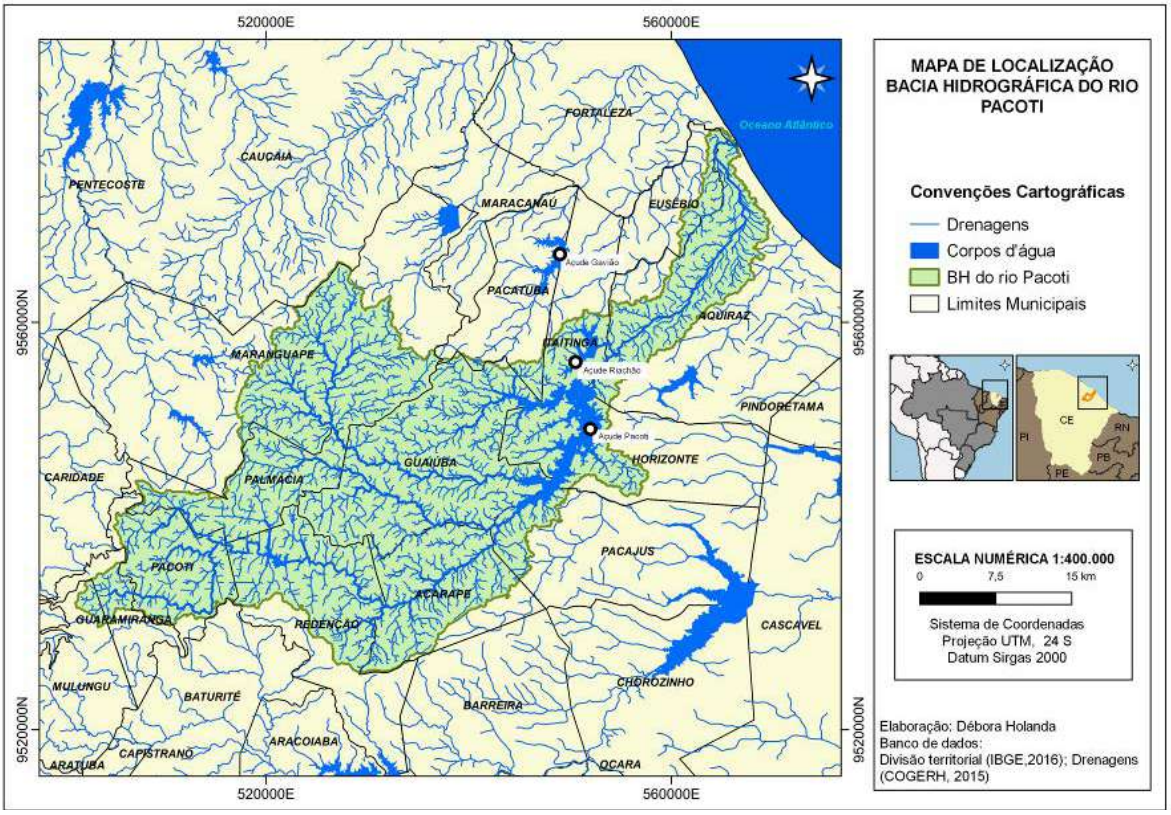


Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do rio Pacoti
Fonte: Holanda (2021)

Por abranger uma significativa extensão territorial, identifica-se nos limites da BH os sistemas ambientais da depressão sertaneja (sertão), maciços residuais (serras secas e serras úmidas) e planície fluvial (litoral). O alto curso do rio localiza-se, predominantemente, sobre a área úmida, com ocorrências de nascentes de drenagens nas vertentes sotavento e barlavento do relevo.

2. Metodologia

O arcabouço de referencial sobre nascentes de drenagens ainda é limitado, principalmente, quando comparados a outros setores de uma bacia hidrográfica. O acesso ao alto curso dos rios, de modo geral, são restritos por uma condição natural do relevo ou mesmo pelo estabelecimento de residências particulares.

Para a identificação e mapeamento das nascentes do rio Pacoti, recorreu-se a duas etapas sequenciais que se complementaram e reduziram os desafios encontrados em campo. Na primeira etapa, utilizando-se das técnicas de geoprocessamento, foi processado o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG).

O procedimento foi realizado através do *software* QuantumGIS (Qgis) versão 2.18.(Figura 2). Para gerar o MDEHC foi utilizado o modelo de elevação do Alos Palsar, missão de radar de abertura sintética (SAR) operando com informações detalhada entre os anos de 2006 a 2011, disponibilizada gratuitamente pela plataforma Alaska Satellite Facility (ASF).

A execução desse procedimento, permitiu a geração automática, com base em informação coletadas por imagens de satélites, de vetores hidrológicos contendo dados sobre fluxo hídrico, microbacias, ordem dos canais e nascentes de drenagens. (Figura 2)

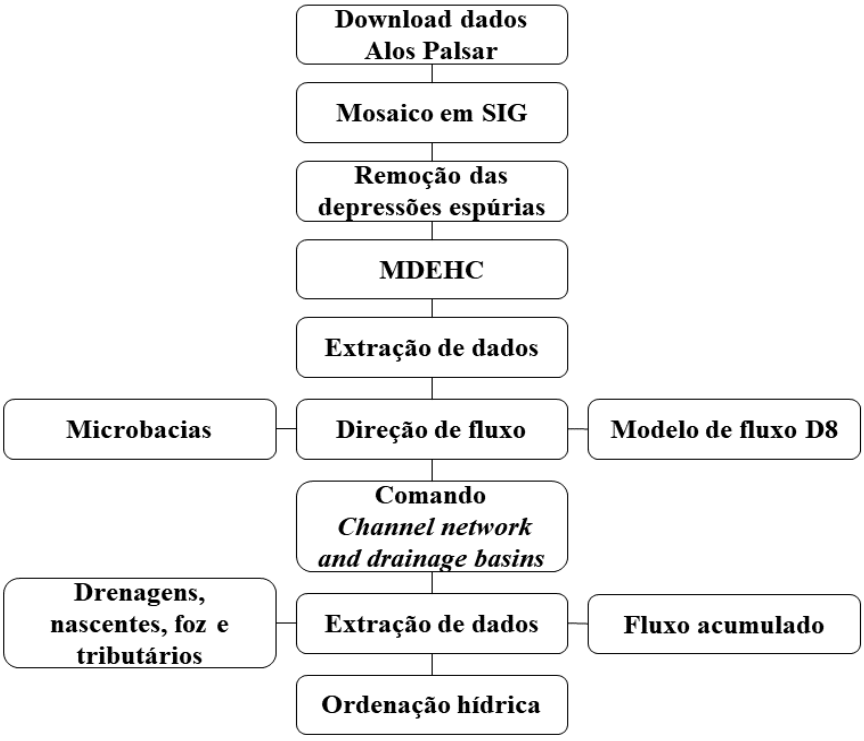


Figura 2: Fluxograma para geração do MDEHC
Fonte: Holanda (2021)

Após análise computacional, e identificação das coordenadas das nascentes coletadas de modo remoto, foram selecionadas amostragens de nascentes com objetivo de orientação e conferência em campo. A segunda etapa, consistiu da execução do trabalho de campo com auxílio de um prévio mapeamento do canal principal do rio Pacoti.

A parceria com moradores locais foi imprescindível para a realização do mapeamento e identificação das nascentes. Por estar localizada em uma área de exceção com características paisagísticas e climatológicas serranas, a região vem passando por um processo intenso de especulação imobiliária, contribuindo para que boa parte das áreas a serem visitadas estejam sobre domínio privado de acesso restrito.

Todas as nascentes mapeadas situam-se em terrenos privados, essa condição marca uma característica importante para a discussão acerca da conservação e proteção desses ambientes. O levantamento ocorreu no segundo semestre do ano, período com menor ocorrência de chuvas, o que favoreceu uma identificação quantitativamente maior de nascentes perenes.

3. Resultados e Discussão

Em razão do elevado número de ocorrência de nascentes, proporcional a grande extensão territorial da área da bacia estudada, o mapeamento refletiu apenas uma parcela das nascentes de drenagens situadas no alto curso do rio Pacoti. A experiência de identificação dessas fontes, permitiu constatar observações relevantes acerca do uso e ocupação da região. Em termos quantitativos, foi possível mapear um maior número de nascentes no setor do sotavento do relevo (27) em comparação as localizadas no barlavento (9). (Figura 3)

Essa diferenciação quantitativa, é reflexo do uso e ocupação da serra, a qual, de modo geral, se configura com a porção barlavento dominada, predominantemente, por propriedades particulares que compreendem grandes extensões de terra pertencentes a uma classe populacional de maior poder aquisitivo e, portanto, com maior controle restritivo ao acesso interno. A sotavento do relevo percebe-se o estabelecimento de residências mais simples com menores barreiras quanto a visitação da área para levantamento de estudos.

A identificação das nascentes apontou para um elevado número de intervenções nesses ambientes. No total, foram levantados dados de 42 nascentes, onde 6 foram desconsideradas por restrição ao acesso direto. Das 36 consideradas, 20 encontram-se em estado natural ou com pouca alteração e 16 possuem intervenção estrutural com modificação total do fluxo hídrico.

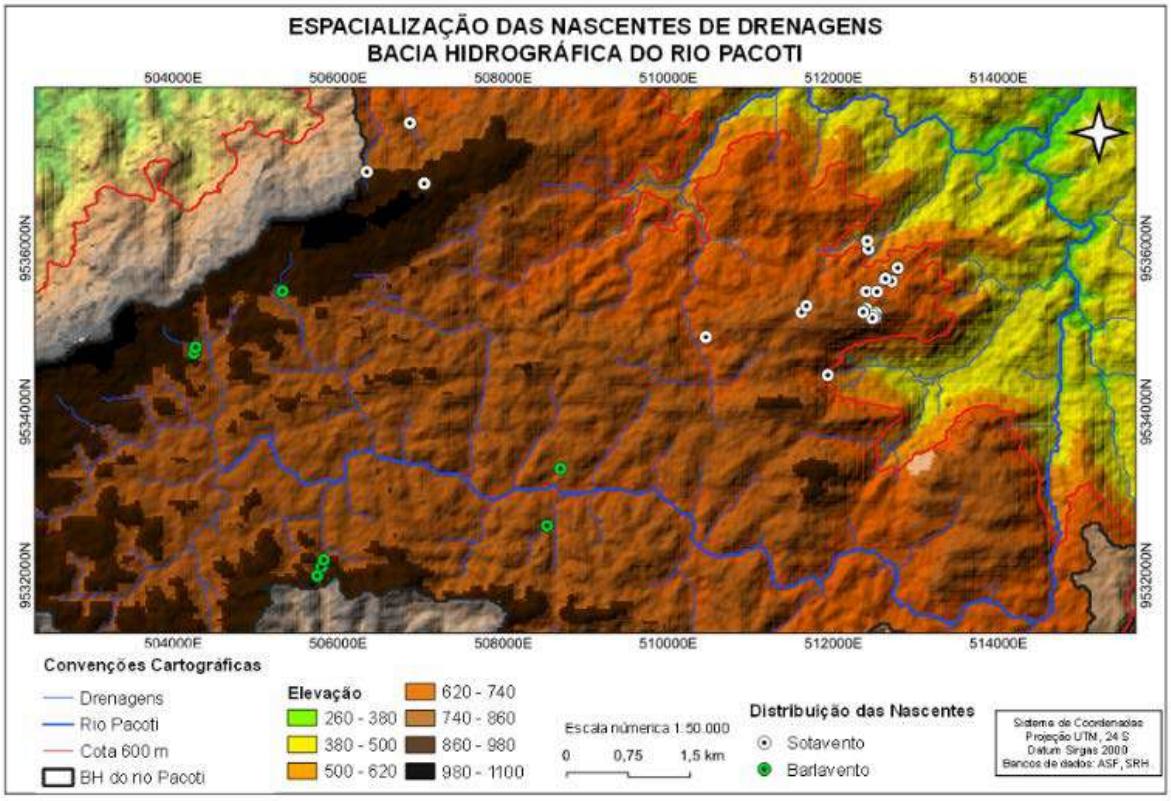


Figura 3: Mapa de identificação das nascentes de drenagens
Fonte: Holanda (2021)

As intervenções estruturais, refere-se à instauração de manilhas para captação hídrica diretamente dos pontos de exfiltração das nascentes. Essas estruturas impedem o fluxo natural da água, rompendo o escoamento e consequentemente, reduzindo o abastecimento de córregos, rios e outros corpos d'águas situados a montante.

As manilhas captam diretamente a água proveniente do solo, sendo bastante comum na região as nascentes com fisiografia do tipo "olho d'água" que possuem características de afloramento vertical. (Figura 4) Quase em todas as propriedades visitadas foram encontradas esse tipo de intervenção, não sendo contabilizadas o quantitativo total nesse estudo, uma vez que, pretendeu-se levantar um quantitativo de fontes com aspectos naturais e que devem ser englobadas por uma gestão hídrica ambiental mais eficiente. O elevado número desse tipo de intervenção, somado ao crescimento de perfuração de poços profundos, tem alertando para consequências do rebaixamento do lençol freático e redução das vazões das nascentes da região.

Figura 4: Nascente com intervenção estrutural
Fonte: Holanda (2021)

Outro fator que implica na distribuição e fluxo da água é a construção de barragens. Mesmo sendo constatado estruturas de pequeno a médio porte, o grande número desse tipo de construção espalhada por toda a serra, desperta uma preocupação para o gerenciamento hídrico. Os usos dessas barragens são, principalmente, voltados para atender o mercado imobiliário, fazendo parte do paisagismo dos empreendimentos e residências de luxo.

Todas essas interferências vêm sendo apontadas como fatores que estão contribuindo para a diminuição da oferta hídrica da região. Infere-se que o aumento desregrado da perfuração de poços tem sido a causa direta na redução de nascentes que, de acordo com relatos de moradores mais antigos, eram fontes com grande volume de vazão.

A diminuição da oferta hídrica, provocou a busca dos proprietários, por maneiras de recuperar nascentes em situação de baixa ou nenhuma vazão. Em campo, algumas iniciativas foram encontradas, como a prática de reflorestamento com vegetação nativa da serra. As plantas folha-da-fonte, bambu, palmeira-açaí, inganzeira, mugumbeira e flor-borboleta foram algumas das espécies relatadas pelos proprietários locais, como vegetação eficiente para manutenção, conservação e maior exfiltração de água pelas nascentes.

As intervenções estruturais nas nascentes colocam em evidência a discussão acerca do uso e a gerência desses ambientes em propriedades particulares, uma vez que, rompem o fluxo natural da água, reduzindo a distribuição do recurso. Perante a legislação, as nascentes ainda são tratadas de maneira generalistas, contribuindo para um escasso entendimento sobre a degradação ambiental dessas fontes. De acordo com Magalhães Júnior et al (2014), existem lacunas e contradições na legislação ambiental brasileira relacionadas a não consideração sobre a complexidade fisiográfica e topográfica das nascentes, o que corroborou com ações ineficientes quanto aos objetivos de proteção destas áreas.

Com a promulgação da Lei 9.433/1997 que dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos, foi implementado políticas descentralizadas e um gerenciamento integrado sobre a gestão dos recursos hídricos no país. No âmbito da lei e das competências deliberadas quanto a outorgas, compreende-se que nascentes são um recurso que deve ser monitorado, uma vez que, seu uso está condicionado a cobrança e fiscalização.

A Resolução no 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, assim como no Código Florestal de 2012, consideram as nascentes como Áreas de Preservação Ambiental. Em ambos os instrumentos legais, as nascentes são conceituadas como um local onde aflora naturalmente água subterrânea mesmo que de forma intermitente.

Para Felippe et al (2009), os principais problemas envolvendo os conceitos de nascentes estão sujeitas ao entendimento sobre estes ambientes como sendo apenas uma localização pontual, não distinguindo as surgências e equívocos entre os termos cabeceiras e nascentes, além de desconsiderar as descargas hídricas em diferentes períodos sazonais.

As nascentes são ecossistemas sensíveis as intervenções, uma vez que, compreendem um contexto ambiental integrado entre o comportamento da superfície e subterrâneo. Ikematsu et al (2016), identificaram como resultado de impactos nas nascentes de drenagens: 1. Redução na oferta de água, 2. Impermeabilização das áreas de recarga, 3. Redução do lençol freático e 4. Redução das vazões. Para os autores, a maximização dos benefícios ambientais poderia suceder de investimentos públicos e privados em áreas prioritárias para a conservação com a devida caracterização e recuperação de nascentes.

O gerenciamento de recursos hídricos, prevê o levantamento de informações detalhadas acerca dos processos hidrológicos e dos fatores que influenciam diretamente na dinâmica ambiental do sistema. Da Silva et

al, (2021) consideram que a elaboração do plano de manejo de bacias hidrográficas colabora com o uso potencial dos recursos hídricos, atendendo as diferentes demandas da sociedade através do comprometimento com as diretrizes estabelecidas nas políticas ambientais vigentes.

Entretanto, as nascentes devem ser tomadas como prioridade para a gestão hídrica ambiental, inserida no contexto das bacias hidrográficas, com o levantamento de informações cartográficas e ambientais desses ecossistemas. A carência de atuação da legislação, tem contribuído para a deliberado uso das nascentes, sem um planejamento ou manejo que regule e conserve essas fontes.

4. Considerações Finais

Em um cenário com reduzidos estudos sobre nascentes, o mapeamento e identificação das nascentes do rio Pacoti teve como propósito averiguar a ocorrência, comportamento e gerência desses ambientes. O estudo pretendeu colaborar com a discussão acerca da conservação e preservação de nascentes e contribuir com uma maior visibilidade sobre o tema.

No contexto de estudos de bacias hidrográficas, os sistemas de nascentes são ambientes, por vezes, generalizados, discussões ainda isoladas acerca do comportamento, ocorrência e surgimento dessas fontes. Apesar de serem estratégicas diante das mudanças climáticas, o incentivo para o desenvolvimento de pesquisas, programas e projetos para identificação e recuperação de nascentes ainda ocorrem de formas pontuais.

A carência de informações sobre nascentes pode ser uma resposta congruente a fragilidade encontrada na legislação ambiental, uma vez que, as diretrizes legais não dispõem de uma compreensão alinhada com a dinâmica ambiental, reduzindo todo um complexo ecossistema a termos técnicos e classificações gerais.

Por situar-se em uma área protegida em regime de unidade de conservação, a construção de pesquisas e levantamento de dados sobre essas fontes, devem contribuir para uma melhor gestão da unidade, favorecendo o manejo e monitoramento das nascentes, além de viabilizar ações eficientes para recuperação desses mananciais.

A intensa presença do mercado imobiliário, o crescimento desregrado de perfuração de poços profundos e os barramentos artificiais do fluxo hídrico, são fatores que merecem um detalhamento maior sobre os danos e a geração de impactos sobre produção e recarga hídrica das drenagens, sobretudo, as que contribuem diretamente para o rio Pacoti.

Pelos impactos de uso e ocupação da área, destaca-se a necessidade de um gerenciamento hídrico ambiental, em que possa favorecer a elaboração de estratégias para manejo das nascentes contribuindo para a salvaguarda desses ambientes compreendendo as condições hidrológicas e subterrâneas da região. A amplitude da discussão, deve contribuir para elaboração de programas e projetos que auxiliem na salvaguarda dos recursos hídricos, reduzindo a ocorrência de desaparecimento de nascentes, melhorando o volume de água para toda região e para o abastecimento público.

O despertar da consciência para o uso adequado dos recursos hídricos, assim como, o investimento na preservação dos mananciais podem evitar transtornos no abastecimento público e gastos excessivos com técnicas para recuperação de ecossistemas e/ou tecnologias para extração de água

5. Referências

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília, Diário Oficial da União - Seção 1 - 16/9/1965, Pág. 9529. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal--1-pl.html. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRASIL. **Lei no 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Aprova a Política Nacional de Recursos Hídricos. Presidência da República. Casa Civil, Brasília, 1997. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em 10 de ago. 2020

CONAMA. **Resolução no 303/2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, Diário Oficial da União, 2002. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299. Acesso em: 10 ago. 2020.

DA SILVA, Fabio Leandro *et al.* Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1626-1653, 2021.

FELIPPE, Miguel *et al.* Espacialização e caracterização das nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS. Anais em CD-ROM**. 18p, 2009.

IKEMATSU, Priscila *et al.* Aspectos técnicos para priorização de recursos em recuperação e conservação de nascentes. Águas Subterrâneas. ISSN (2179-9784), 2016. DOI: https://doi.org/10.14295/ras.v0i0.28740. Disponível em: file:///C:/Users/Cliente/Downloads/28740-105869-1-PB.pdf. Acesso em: 15. jul. 2020.

Monitoramento da Vazão do Ribeirão Santo Antônio (Iporá-GO), no Período de Estiagem do Ano de 2020

Derick Martins Borges de Moura[1]
Marcos Alves de Sousa[2]

Resumo: Considerando a importância da compreensão do comportamento hidrológico do Ribeirão Santo Antônio no período de estiagem, já que este é o único manancial fornecedor de água para abastecimento público da cidade de Iporá-GO, o objetivo desse artigo é monitorar a vazão deste manancial na estação seca do ano de 2020. Para isso foi utilizado o método de medição de vazão em vertedor retangular, conforme Francis (1868). Foi utilizada a régua linimétrica instalada no vertedor retangular da captação de água da empresa de Saneamento de Goiás – Saneago S/A para medir as cotas do nível d'água e calcular a vazão. As medições foram feitas semanalmente, ao longo do período de estiagem, entre maio e outubro do ano de 2020. Para análise hidrológica das vazões medidas foi utilizado o Sistema Computacional para Análise Hidrológica SisCAH 1.0. Os resultados das medições de vazão bem como a curva de permanência mostram que no começo do período de estiagem as vazões reduzem mais acentuadamente, tendo uma redução de 282 l/s na primeira semana, uma média de 151,5 l/s nas doze primeiras semanas e 45,4 l/s nas últimas doze semanas do período mensurado. Através do monitoramento, foi possível estimar a vazão total do período de estiagem, que foi de 12,37 milhões de metros cúbicos de água que chegou ao exutório da bacia. Esse valor corresponde a 6,1% do acumulado anual de chuva que precipitou na área da bacia. Os resultados do trabalho servirão para comparações e previsões de anos com déficit ou excedente hídrico.

Palavras-chave: Comportamento hidrológico; Vazão de estiagem; Vertedor retangular.

Abstract: Considering the importance of understanding the hydrological behavior of the Ribeirão Santo Antônio during the dry season, since this is the only source of water for public supply in the city of Iporá-GO, the objective of this article is to monitor

1 Universidade Estadual de Goiás – derickmartins@hotmail.com.

2 Universidade Estadual de Goiás - marcosalvesdesousa275@gmail.com.

the flow of this source in the dry season of the year 2020. For this, the method of measuring the flow in a rectangular weir was used, according to Francis (1868). The linimetric ruler installed in the rectangular water catchment spillway of the Saneamento de Goiás company – Saneago S/A was used to measure the water level and calculate the flow. Measurements were taken weekly, during the dry period, between May and October of 2020. For the hydrological analysis of the measured flows, the Computer System for Hydrological Analysis SisCAH 1.0 was used. The results of the flow measurements as well as the permanence curve show that at the beginning of the dry period the flows reduce more sharply, having a reduction of 282 l/s in the first week, an average of 151.5 l/s in the first twelve weeks and 45.4 l/s in the last twelve weeks of the measured period. Through monitoring, it was possible to estimate the total flow during the dry period, which was 12.37 million cubic meters of water that reached the basin's outlet. This value corresponds to 6.1% of the accumulated annual rainfall that precipitated in the basin area. The results of the work will be used for comparisons and forecasts of years with a water deficit or surplus.

Keywords: Hydrological behavior; Drought flow; Rectangular Weir.

1. Introdução

A diminuição das vazões dos mananciais existentes no domínio morfoclimático do Cerrado vem causando preocupação a cada ano. Desde o ano de 2015 a escassez hídrica para abastecimento público se tornou um problema agravado em diversas cidades brasileiras. O regime das chuvas tem ficado abaixo da média, enquanto as temperaturas apresentam valores acima desta média (MOURA *et al*., 2016; ANA, 2017).

É importante que seja monitorado a vazão dos mananciais de abastecimento público no período de estiagem (TUCCI, 2002; TUNDSI, 2013), que representa a disponibilidade hídrica superficial em uma bacia hidrográfica, sendo seu conhecimento de fundamental importância para a correta gestão de recursos hídricos (SMAKHTIN, 2001; BARBOSA *et al*., 2005; MARTINS *et al.,* 2011; GASQUES *et al.,* 2018).

Nas bacias hidrográficas onde existem captação de água para abastecimento público das cidades, que é um uso prioritário segundo a lei das águas (lei federal nº 9.433/94), o cuidado na gestão dos recursos hídricos deve ser maior para que não haja problemas de desabastecimento e conflitos pela água (PORTO e PORTO, 2008; MOURA, 2021). Sendo assim, é

necessário monitorar as vazões do manancial fornecedor, tendo em vista a compreensão do regime hidrológico para subsidiar os conflitos pelo uso da água e para dar manutenção na vazão mínima remanescente (vazão ecológica), que por sua vez, corresponde ao volume mínimo que deve ser mantido à jusante de um ponto de captação de água.

A avaliação do regime hidrológico em um manancial de superfície pode ser feita através do monitoramento da vazão, que consiste em medir com certa frequência o volume de água que passa no canal em um determinado tempo, isto é, o volume de água que passa pela seção do canal, geralmente expresso em litros por segundo (l/s) (BRASIL, 1977; CARVALHO, 2008).

O método de medição de vazão pelo vertedor retangular é um dos mais baratos e precisos (COSTA, BACELLAR e SILVA, 2007). A dificuldade consiste em instalar um vertedor retangular em grandes canais. Porém, onde já existam vertedores construídos, a implementação do método fica facilitada, necessitando apenas de uma régua linimétrica, uma trena para medir a largura do vertedor e a equação matemática para calcular.

Para o monitoramento da vazão em canais hidrográficos, o clima regional deve ser considerado. Em Goiás, por exemplo, o clima sazonal do Cerrado deve ser levado em consideração já que o bioma apresenta dois períodos distintos: um com abundância hídrica no período chuvoso (verão), e outro de escassez no período de estiagem (inverno).

Um levantamento feito pela Saneago no ano de 2018 a pedido do ministério público de Goiás, diagnosticou 67 cidades goianas com risco de desabastecimento hídrico no período de estiagem (MOURA, 2021). Entre essas cidades está Iporá, que de acordo com Moura *et al*., (2020), tem apresentando de forma recorrente o problema de escassez dos recursos hídricos para abastecimento público, devido ao aumento no consumo, que por sua vez, a demanda e reduz a disponibilidade hídrica devido às degradações ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio (RSA), que é a fonte fornecedora de água.

Em Iporá-GO, no final do período de estiagem do ano de 2017, houve escassez hídrica no RSA, gerando desabastecimento público (MOURA *et al*., 2020). O RSA é a única fonte para a captação de água pela Saneago – Saneamento de Goiás/SA, e abastecimento público da cidade. Portanto, o conhecimento do regime de vazão do RSA no período de estiagem é de extrema importância para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Sendo assim, o trabalho se justifica pela ausência de registros de monitoramento de vazão com uma frequência semanal no período de estia-

gem. As medições semanais fornecerão dados para compreensão do comportamento hídrico do manancial a montante do ponto de captação, o que é importante para tomada de decisão futuras relativas à escassez hídrica do manancial. Neste sentido, o intuito do monitoramento das vazões neste período é para compreender a redução da vazão nessa estação, ou seja, quando não há contribuição da chuva para manutenção do volume de água do manancial, já que o RSA nesse período é alimentado apenas pelas águas armazenadas nos aquíferos existentes na bacia.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo se refere ao RSA, que é o curso hídrico principal da alta Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio (BHRSA). O referido manancial é de 5ª ordem hierárquica e integra a bacia hidrográfica do Rio Caiapó, que faz parte da bacia hidrográfica do Rio Araguaia/Tocantins. A BHRSA possuí área de 127 km^2 e encontra-se inserida no município de Iporá, à noroeste da zona urbana, entre as coordenadas geográficas 51° 04’ 00” e 51° 14’ 00” de longitude oeste, e 16° 18’ 00” e 16° 26’ 00” de latitude sul, correspondendo à área de drenagem à montante da captação de água (exutório) que abastece a cidade (Figura 1).

O município de Iporá está localizado na Região de Planejamento denominada como Oeste Goiano, a uma distância de 218km da capital estadual, Goiânia. Segundo estimativas apresentadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, sua população para 2021 é de 31.471 habitantes.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger (1961), a posição do município repercute a tipologia climática Aw, caracterizada por clima tropical com chuva de verão, com duas estações bem definidas: outono/inverno seco (maio a setembro) e primavera/verão chuvoso (outubro a abril), e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. A precipitação anual média histórica, segundo dados do posto pluviométrico nº 1651001 da ANA, instalado em Iporá e referentes ao período de 1974 a 2020 (47 anos), é de 1.581,2mm.

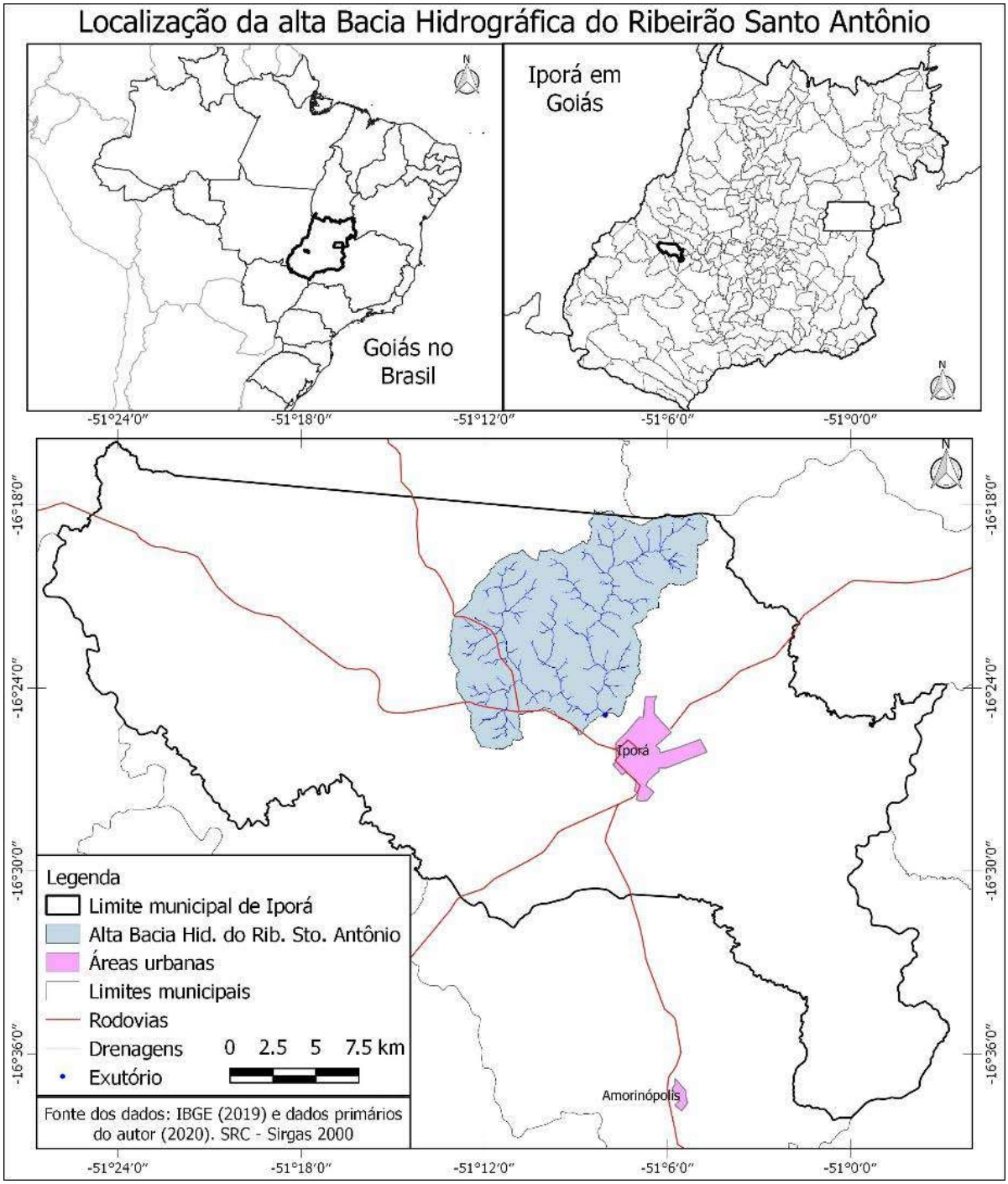


Figura 1 – Mapa de localização da alta Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio.
Fonte: galeria dos autores.

Conforme os dados contidos na Figura 2, o período chuvoso, referente a sete meses (outubro a abril), concentra 1.491mm, o que representa 94% da média de precipitação anual. Por sua vez, o período seco, de cinco meses (maio a setembro), perfaz apenas 90mm, cerca de 6% das chuvas anuais (Figura 2). Já a figura 3 ilustra os totais anuais de precipitação (mm) no posto pluviométrico da ANA código 1651001.

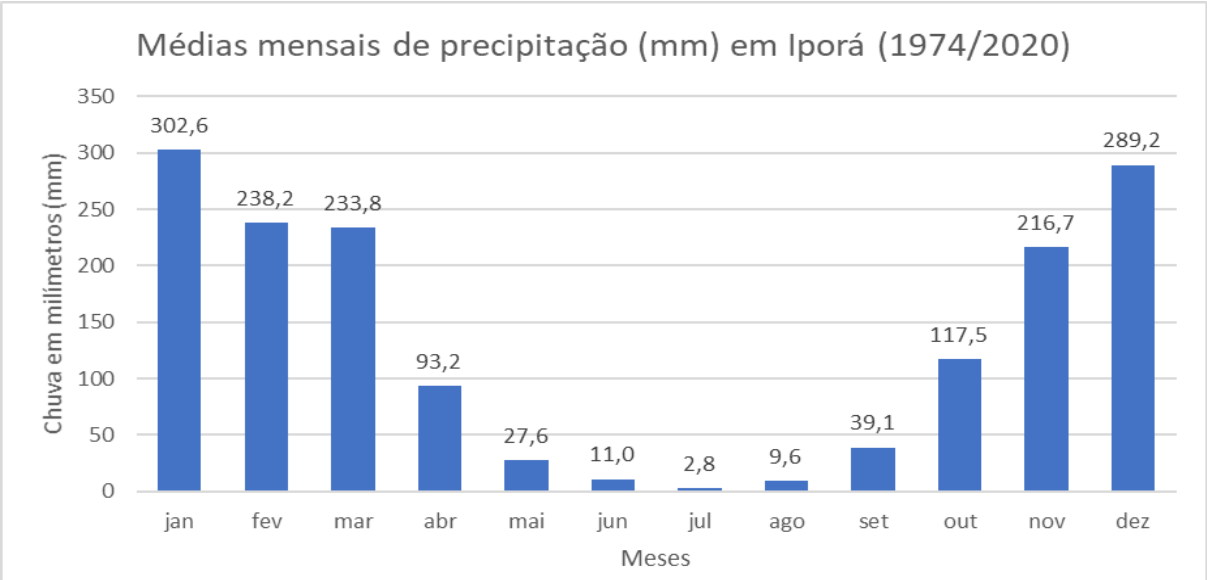


Figura 2: Médias mensais de precipitação em Iporá de 1974 à 2020.
Fonte: Organizado pelos autores conforme os dados de ANA (2021).

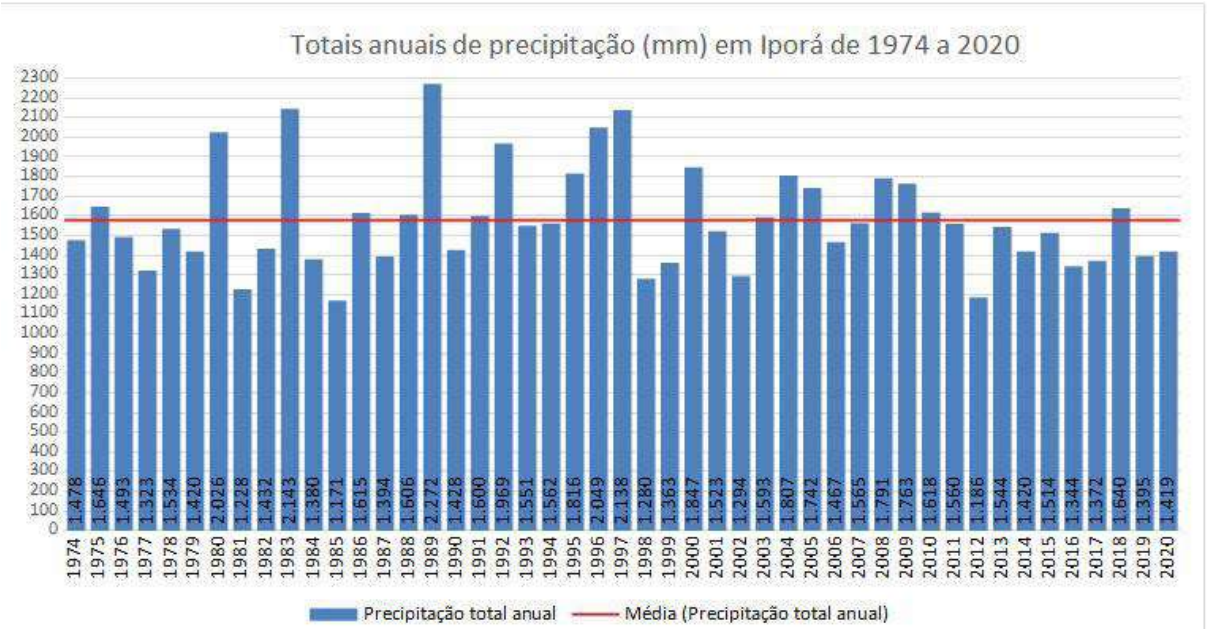


Figura 3: Totais anuais de precipitação (mm) no posto pluviométrico da ANA código 1651001.
Fonte: Organizado pelos autores conforme os dados de ANA (2021).

2.2 Medições de vazão

Para medir a vazão foi utilizado o método do vertedor retangular, que emprega a fórmula de Francis (1868), determinando a vazão (Q), a partir da medição da altura da lâmina d'água (H), que passa por determinada largura do vertedor (L), conforme a equação 1.

$$Q = 1,838 \times L \times H^{1,5}$$

Equação 1

O local escolhido para as medições de vazão no manancial foi a barragem de nível da Estação de Captação de Água (ECA) da Saneago, que é um vertedor retangular. O local foi escolhido devido ser o ponto de captação de água para abastecimento da cidade, ou seja, é o exutório da área de drenagem. Foram feitas medições de vazão semanalmente, todos os sábados desde o dia 02 de maio de 2020 até o retorno da estação chuvosa, prevista para o mês de outubro do mesmo ano.

A largura do vertedor de captação da Saneago é de 10,8 metros, dessa forma, a etapa posterior consiste em medir a altura da lâmina de água que atravessa o vertedor, com uso de uma régua linimétrica. A régua está instalada na parede lateral do vertedor, a uma distância de 2 metros do vertedor. A finalidade desta régua é medir a altura do nível d'água do manancial para calcular a vazão. A figura 4 ilustra as fotografias da régua linimétrica e do vertedor retangular.

Figura 4: régua linimétrica e vertedor retangular
Fonte: galeria dos autores.

A captação de água da Saneago ocorre um pouco à montante do vertedor, por isso, ao valor da vazão encontrado no vertedor pela fórmula de Francis (1868) foi preciso somar também a vazão captada pela Saneago, que foi obtida pelos registros arquivados e fornecidos pela empresa. Assim, foi possível a obtenção da vazão total do manancial que chega no ponto exutório.

Para análise hidrológica das vazões medidas e elaboração da curva de permanência, foi utilizado o Sistema Computacional para Análise Hidrológica SisCAH 1.0 desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

3. Resultados e Discussão

Primeiramente é importante analisar os dados de precipitação do ano hidrológico de 2019/2020, tendo esse período influência direta pela entrada de água da chuva na bacia hidrográfica e sua conversão em vazão no manancial. A figura 5 ilustra a precipitação mensal do ano hidrológico de 2019/2020.

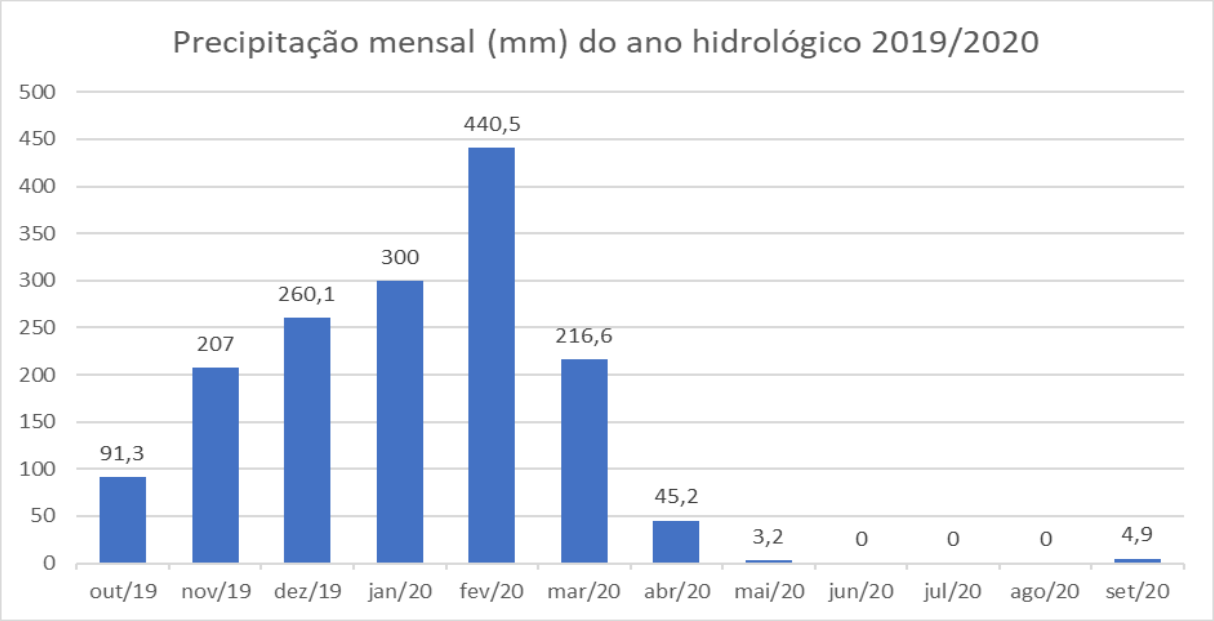


Figura 5: Precipitação mensal do ano hidrológico de 2019/2020.
Fonte: Organizado pelos autores conforme os dados de ANA (2021).

O acumulado de precipitação do ano hidrológico 2019/2020 foi de 1.568,8mm, que é um valor bem próximo da média anual histórica de precipitação de 1.581,2mm, o que evidencia ser um ano hidrológico dentro do padrão habitual. A diferença dos valores mensais do ano hidrológico 2019/2020 com a série histórica de precipitação é que no mês de fevereiro se concentrou os maiores volumes de chuva, ficando os outros meses abaixo da média, principalmente o mês de março e abril. Isso significa uma má distribuição das chuvas nos meses do período chuvoso. Porém conforme visto na figura 3, excluindo o ano de 2018, as precipitações nos anos civis têm ficado abaixo da média desde 2011, que por sua vez, pode contribuir com a redução das vazões que suscitaram em 2015 e agravaram em 2017.

Com relação a captação feita pela Saneago, a empresa retirou entre 107 l/s e 122 l/s de água do RSA, como constatado nos registros arquivados, bem como verificado no macromedidor de água bruta captada, em visita

técnica na data de 28 de setembro de 2019 feita na Estação de Tratamento de Água (ETA) da Saneago de Iporá, conforme figura 6.

Figura 6: Macromedidor demonstrando a vazão captada no RSA.
Fonte: galeria dos autores.

Os dados contendo todas as medições e suas respectivas datas, altura da lâmina d'água, vazão no vertedor, vazão captada, vazão total, percentual da vazão captada, redução da cota, redução da vazão e percentual de redução da vazão foram tabuladas e podem ser visualizadas no quadro 2.

Quadro 2: Medições da vazão no vertedor retangular da Estação de Captação de Água no Ribeirão Santo Antônio em Iporá-GO

Data 2020	Altura da Lâmina D'agua (Cm)	Vazão no Vertedor (L/S)	Vazão Captada (L/S)	Vazão total (L/S)	% da vazão captada	Redução da cota (Cm)	Redução da vazão (L/S)	% de redução da vazão
02/05	23,5	2.261	109	2.370	4,6	-	-	-
09/05	21,5	1.979	109	2.088	5,2	2	282	11,9
16/05	20	1.775	122	1.897	6,4	1,5	190	9,1
23/05	19	1.644	109	1.753	6,2	1	144	7,6
30/05	17,5	1.453	109	1.562	7,0	1,5	191	10,9
06/06	16	1.270	109	1.379	7,9	1,5	183	11,7
13/06	14,5	1.096	122	1.218	10,0	1,5	161	11,7
20/06	13,5	985	109	1.094	10,0	1	124	10,2
27/06	12,5	877	109	986	11,1	1	107	9,8
04/07	12	825	109	934	11,7	0,5	52	5,3
11/07	11	724	109	833	13,1	1	101	10,8

Data 2020	Altura da Lâmina D'agua (Cm)	Vazão no Vertedor (L/S)	Vazão Captada (L/S)	Vazão total (L/S)	% da vazão captada	Redução da cota (Cm)	Redução da vazão (L/S)	% de redução da vazão
18/07	9,5	581	122	703	17,3	1,5	130	15,6
25/07	9	536	108	644	16,8	0,5	59	8,4
01/08	8	449	107	556	19,2	1	88	13,6
08/08	7,5	408	119	527	22,6	0,5	29	5,3
15/08	7	368	107	475	22,5	0,5	52	9,9
22/08	5,8	277	108	385	28,0	1,2	89	18,8
29/08	5,5	256	107	363	29,5	0,3	22	5,8
05/09	5	222	108	330	32,7	0,5	33	9,1
12/09	4	159	122	281	43,4	1	49	14,9
19/09	3,5	130	109	239	45,6	0,5	42	14,9
26/09	3	103	108	211	51,1	0,5	28	11,6
03/10	2,5	78	122	200	60,9	0,5	11	5,1
10/10	1,5	36	122	158	77,0	1	42	21,0

Fonte: autoria.

A vazão no vertedor corresponde a vazão remanescente no manancial, após a captação feita pela Saneago. No final do mês de setembro de 2020 a vazão remanescente possuía volume de menos da metade da vazão total, ficando prejudicado os usuários, a fauna e flora aquática a jusante. A vazão de captação corresponde a demanda captada no manancial para abastecimento da cidade de Iporá.

A partir da data de 26/09/2020 a Saneago já consumia mais da metade da vazão total, estando agindo de forma irregular. A vazão total é a soma da vazão do vertedor e a vazão captada pela Saneago. A cada semana a vazão do manancial reduziu em média 96 litros por segundo, o equivalente a 11%, que é o percentual de redução da vazão em relação a medição anterior. Em relação as cotas da régua linimétrica, equivale a uma redução média de 1cm por semana, correspondente a 0,14cm por dia.

O percentual da vazão captada se refere ao volume captado em relação ao volume total de água do manancial. No período de 26 de setembro à 10 de outubro, o percentual captado consumiu mais da metade da vazão do RSA. Ou seja, quando a régua linimétrica atinge 3cm, significa que a Saneago está captando mais de 50% da vazão do RSA.

A redução da cota é referente a diminuição do nível d'água na régua linimétrica em relação a medição anterior. A maior redução da vazão se deu na primeira semana de monitoramento, onde a cota na régua linimétrica reduziu 2 cm, o equivalente a 282 L/s. A menor redução da vazão foi na penúltima semana, onde a régua abaixou 0,5 cm correspondentes a 11 L/s. A Curva de permanência da vazão do RSA no período de estiagem de 2020 é mais acentuada no começo da estação seca e mais suave no final do período de estiagem (Figura 7).

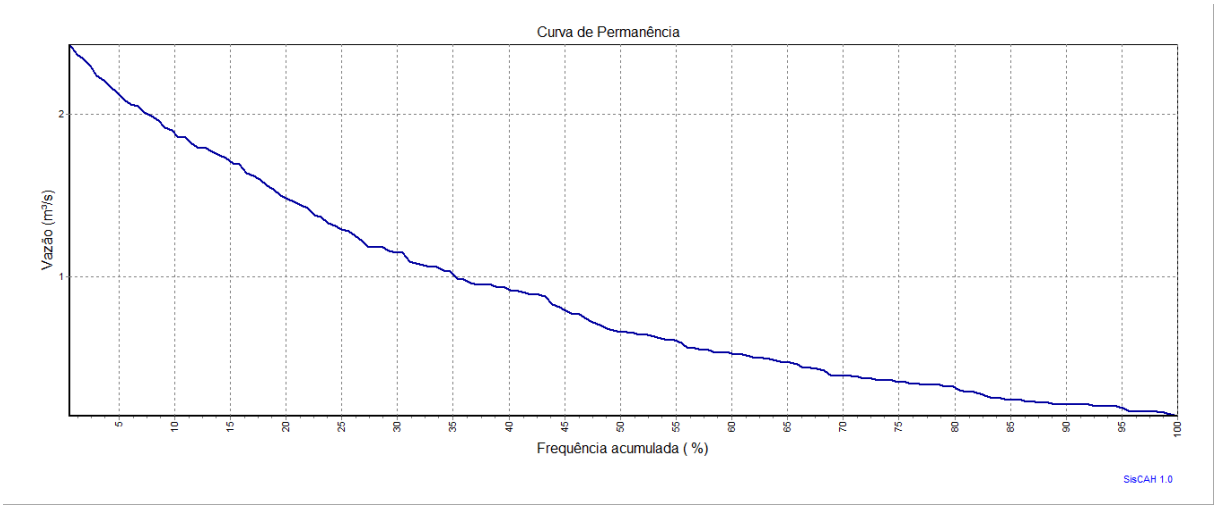


Figura 7: Curva de permanência da vazão do RSA no período de estiagem de 2020.
Fonte: galeria dos autores.

Os dados das medições de vazão bem como a curva de permanência mostram que no começo do período de estiagem as vazões reduzem mais acentuadamente, tendo uma redução de 282 l/s na primeira semana, em média 151,5 l/s nas doze primeiras semanas, e de 45,4 l/s nas últimas doze semanas do período mensurado. A tabela 1 ilustra as vazões médias dos meses de estiagem.

Tabela 1: Vazões médias dos meses de estiagem

Mês	Vazão em L/s	Dias
Maio	1930	31
Junho	1200	30
Julho	760	31
Agosto	450	31
Setembro	260	30
Outubro	170	10

Fonte: autoria.

No período de estiagem as vazões são mantidas pelos fluxos de base das nascentes, que drenam as águas armazenadas nos aquíferos contidos na bacia. Ocorre que a vazão de base permanece em constante diminuição e se agrava ainda mais com o aumento das temperaturas nos meses de setembro e outubro, quando é gerado maior evapotranspiração das águas e consequentemente, uma redução ainda maior das vazões. A figura 10 ilustra os registros fotográficos da primeira, intermediária e última medição de vazão do período de estiagem de 2020.

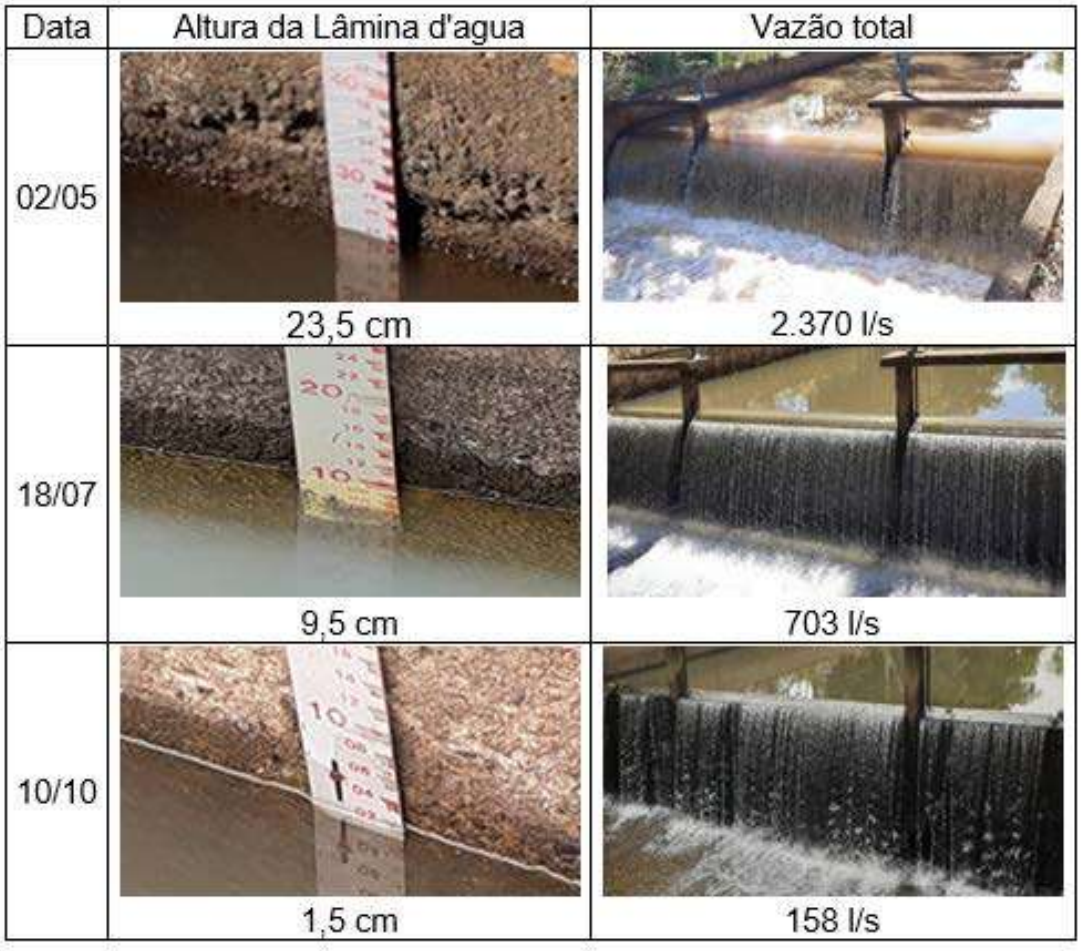


Figura 10: Registros fotográficos da primeira, intermediária e última medição de vazão do período de estiagem de 2020.
Fonte: galeria dos autores.

Foi estimado uma vazão total do período de estiagem de 12,37 milhões de metros cúbicos de água que chegou ao exutório da bacia. Esse valor corresponde a 6,1% do acumulado anual de chuva que precipitou na área da bacia. Obteve uma vazão média de 878 l/s no período monitorado durante os 162 dias de estação seca. A Saneago consumiu 1,59 milhões de metros cúbicos no mesmo período, o que representa 12,8% do total da vazão que atingiu o exutório.

4. Considerações Finais

Durante as 24 semanas (168 dias) de monitoramento, a lâmina d'água começou com a cota de 23,5 cm (2.370 l/s) na primeira medição em 02/05/2020 e atingiu 1,5 cm (158 l/s) na última medição, antes do retorno da estação chuvosa em 10/10/2020, uma redução total de 22 cm (2.212 l/s). A maior redução da vazão ocorreu na primeira semana de monitoramento, onde a cota na régua linimétrica reduziu 2 cm, o equivalente a 282 l/s. A menor redução da vazão foi na penúltima semana, onde a régua abaixou 0,5 cm correspondentes a 11 l/s. A cada semana a vazão do manancial reduziu em média 96 litros por segundo, o equivalente a 11%. Em relação as cotas da régua linimétrica, corresponde a uma redução média de 1cm por semana, ou 0,14cm por dia.

Os dados das medições de vazão bem como a curva de permanência mostram que no começo do período de estiagem as vazões reduzem mais acentuadamente, tendo uma redução de 282 l/s na primeira semana, uma média de 151,5 l/s nas doze primeiras semanas e 45,4 l/s nas últimas doze semanas. No período de 26 de setembro à 10 de outubro, o percentual captado consumiu mais da metade da vazão do RSA.

O trabalho demonstrou a importância de se monitorar a vazão do RSA como forma de compreender o comportamento hidrológico do período de estiagem e promover o planejamento ambiental e manejo adequado da bacia hidrográfica, visando aumentar a infiltração/armazenamento/fornecimento de água na bacia. Os resultados do trabalho poderão ser comparados com anos anteriores e posteriores, e assim compreender melhor o comportamento hidrológico do manancial e prever os anos com possíveis baixas de vazão, contribuindo para o planejamento de ações que visem mitigar a escassez hídrica e os conflitos pela água na bacia. É necessário a continuidade nos estudos de monitoramento de vazão para compor uma série histórica de dados, bem como outros estudos que considerem o balanço hídrico, visando a completa compreensão da dinâmica hídrica na bacia.

5. Referências

ANA, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura recursos hídricos: Brasil 2017.** Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/uso_agua.f9c46ece.pdf. Acesso em: 7 jun. 2021.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Manual para serviços de hidrometria.** DNAEE, Brasília, 1977. 95 p.

BARBOSA, S. E.; BARBOSA JÚNIOR, A. R.; SILVA, G. Q.; CAMPOS, E. N. B.; RODRIGUES, V. C. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 1, – Campo Grande/MS: CBESA, 2005, 64-71 p.

CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.

COSTA, F. M.; BACELLAR, L. A. P.; SILVA, E. F. Vertedores portáteis em microbacias de drenagem. Rem: **Revista Escola de Minas**, v. 60, n. 2, p. 213-218, 2007.

FRANCIS, James B. Lowell **Hydraulic Experiments**. Made at Lowell, Massachusetts. D. Van Nostrand, 1868.

GASQUES, A. C. F.; NEVES, G. L.; SANTOS, J. D.; MAUAD, F. F.; OKAWA, C. M. P. Regionalizações de vazões mínimas: breve revisão teórica. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 2, 2018.

MARTINS, D. M. F.; CHAGAS, R. M.; MELO NETO, J. O.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 9, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2011, 1054-1061 p.

MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA, R. M.; COSTA, J. A.; MATOS, A. J. M.; CARDOSO. J. M.; ALVES, W. S. Medições da vazão do ribeirão santo Antônio, manancial de abastecimento hídrico da cidade de Iporá, Goiás - Brasil. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais.** v. 5, n. 1, p. 255-272, jan./jul., Iporá, 2016.

MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA I. J.; NASCIMENTO, D. T. F.; Monitoramento da vazão do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá (GO) pelo método do vertedor retangular. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais.** v. 9, n. 3, p. 218-232, 2020.

MOURA, D. M. B. Proposta metodológica para avaliação e definição de fontes superficiais de abastecimento público: uma análise comparativa entre duas bacias hidro-

gráficas, visando a segurança hídrica de Iporá (GO). 2021. 247 f. **Tese** (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Indicadores municipais de águas e esgotos.** 2019. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua. Acesso em: 22/09/2020.

SMAKHTIN, V. U. Low flow hydrology: a review. **Journal of hydrology**, v. 240, n. 3-4, p. 147-186, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Regularização de vazões**. 1 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, 2002.

TUNDISI, J. G. Governança da água. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 222-235, 2013.

Mapeamento e Caracterização dos Aspectos Físico-Ambientais das Áreas de Influência Direta dos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas Batalha e Itumbiara

Izaias de Souza Silva
Diego Tarley Ferreira Nascimento
Patrícia de Araújo Romão
Marta Pereira da Luz

Resumo: O conhecimento dos aspectos físico-ambientais possui grande relevância no planejamento ambiental e na gestão territorial, mediante a percepção das potencialidades e restrições de uso e ocupação. Nessa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo mapear e descrever os aspectos físico-ambientais das áreas de influência direta dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas (UHEs) Batalha e Itumbiara, situadas na porção leste e sudeste do estado de Goiás, na divisa com Minas Gerais. A metodologia teve o aporte dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para a compilação, mapeamento, representação e análise dos temas de cobertura e uso da terra, altitude, declividade, geomorfologia e pedologia, tendo como fonte dados secundários provenientes de diferentes órgãos. Os resultados obtidos ressaltam informações relevantes no que diz respeito à intensificação das atividades humanas no entorno das referidas UHEs, corroborando a dinâmica característica do entorno dos reservatórios de UHEs, tendo em vista a disposição dos distintos aspectos físico-ambientais, especialmente dos solos e das condições de relevo.

Palavras-chave: Análise ambiental; Geoprocessamento; Reservatório de Hidrelétricas.

Abstract: The knowledge of physical-environmental aspects has great relevance in environmental planning and territorial management, through the perception of potentialities and restrictions of use and occupation. From this perspective, this study aimed to map and describe the physical-environmental aspects of the areas of direct influence of the reservoirs of the Hydroelectric Power Plants (HPPs) Batalha and Itumbiara, located in the eastern and southeastern portions of the state of Goiás, on

the border with Minas Gerais. The methodology was supported by Geographic Information Systems (GIS), for the compilation, mapping, representation and analysis of land cover and land use, altitude, slope, geomorphology and pedology, using secondary data from different agencies. The results obtained highlight relevant information regarding the intensification of human activities in the surroundings of these HPPs, corroborating the characteristic dynamics of the surroundings of the HPPs reservoirs, in view of the arrangement of different physical-environmental aspects, especially the soil and relief conditions.

Keywords: Environmental analysis; Geoprocessing; Hydropower Reservoir.

1. Introdução

As diversas atividades humanas, sejam elas implementadas em espaços urbanos ou rurais, causam modificações e desequilíbrios ao ambiente natural, reforçando assim a importância do reconhecimento dos aspectos físico-ambientais enquanto potencializadores ou restritivos à ocupação do espaço, servindo, assim, como importante insumo às ações de planejamento ambiental e de gestão territorial (SANTOS, 2004).

No contexto dos reservatórios de usinas hidrelétricas (UHEs), observa-se uma relação intrínseca da implantação dos empreendimentos com a dinâmica de cobertura e uso do solo (CAMAPUM DE CARVALHO *et al*. 2015; NASCIMENTO *et al*., 2017). Tal dinâmica é evidenciada desde a implantação de tais empreendimentos – tendo em vista o enchimento do reservatório e a inundação da área à montante do barramento, assim como pela incorporação de atividades como a agropecuária e a implantação de infraestrutura de estradas, casas, sítios e condomínios – este último caso considerando a utilização do reservatório para lazer e turismo, conforme apontado por Ferreira, Lopes e Araújo (2012).

Uma das maiores preocupações referente à dinâmica do entorno dos reservatórios de UHEs diz respeito aos processos erosivos, desde a geração e o transporte das partículas de solo, até a conseguinte deposição das mesmas no interior dos reservatórios (SALES *et al*. 2017), que podem ocorrer de forma natural, inerentes às características e dinâmicas intrínsecas desses ambientes, mas que geralmente são intensificados e acelerados pelas atividades humanas.

Nesse sentido, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) se destacam enquanto conjuntos de técnicas, métodos, programas, recursos humanos e procedimentos analíticos de situações existentes (diagnóstico) e de possível ocorrência (prognóstico). Sob o aporte de bases de dados georreferenciados em ambiente computadorizado e contribuição das demais geotecnologias (geoprocessamento, sensoriamento remoto, sistema global de navegação por satélite, cartografia digital etc.), os SIGs contribuem no sentido de prover a modelagem e caracterização ambiental, como ainda na previsão de possíveis condições, processos, fenômenos e consequências ambientais (XAVIER DA SILVA; CARVALHO FILHO, 1993), constituindo, assim, importante insumo ao planejamento ambiental e à gestão territorial (CREPANI *et al*., 2001).

Dessa forma, no presente estudo buscou-se analisar os aspectos físico-ambientais das Áreas de Influência Direta (AID) dos reservatórios das UHEs Batalha e Itumbiara, situadas, respectivamente, na porção leste e sudeste do estado de Goiás, na divisa com o estado de Minas Gerais, Brasil.

2. Metodologia

Foram definidas como localidades em estudo, as referidas AID dos reservatórios das UHEs Batalha e Itumbiara. No âmbito do projeto de pesquisa e desenvolvimento do qual faz parte este trabalho, essa delimitação levou em conta as bacias de contribuição de cada reservatório, desconsiderando as partes dessas bacias que estavam à montante de represas ou mesmo de outras barragens, descartadas porque estas podem reter parte dos sedimentos. Desse modo, além do mapeamento das bacias de contribuição, o limite de cada AID foi definido também por meio da identificação das represas e de outras barragens existentes.

A UHE Batalha teve sua construção iniciada em meados de 2008, com operação a partir de 2014, sendo seu reservatório formado a partir do represamento do rio São Marcos. A AID do reservatório da UHE Batalha possui 5.156 km^2 e contempla três municípios: Cristalina-GO, Paracatu-MG e Unaí-MG. Por sua vez, a UHE Itumbiara é mais antiga, tendo sido construída no final de 1974 e sua operação iniciada em 1980 (há mais de 40 anos). O reservatório da UHE Itumbiara se formou a partir do represamento do rio Paranaíba e de vários de seus afluentes, e a AID de seu

reservatório representa uma área de 7.296 km², compreendendo 18 municípios, sendo 13 do estado de Goiás e cinco do estado de Minas Gerais.

O percurso metodológico consistiu, inicialmente, em revisão bibliográfica; e, na sequência, na compilação, organização, processamento, representação, análise e descrição dos dados referentes aos aspectos físico-ambientais das áreas em estudo, sendo utilizados dados secundários de fontes/órgãos distintos: 1) de cobertura e uso do solo a partir do Projeto MapBiomas, atendendo à escala de 1:100.000 e contemplando os anos de 1985 e 2020; 2) de altitude e de declividade oriundos do modelo digital de elevação, disponibilizado pela NASA, NASADEM, advindo do reprocessamento do modelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), 30 m; 3) de unidades do relevo, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em 1:250.000; 4) de solos, tendo como base os mapeamentos da Superintendência de Geologia e Mineração, em 1:250.000, e da GeoMinas, em 1:500.000. Além disso, foi utilizada a base cartográfica contínua do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:250.000.

Os dados concernentes aos fatores físico-ambientais foram dispostos em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo utilizado o *software* livre de código aberto QGIS, versão 3.16 (*Hannover*). O projeto foi organizado sob o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), para o Hem. Sul, fuso 22 para Itumbiara e fuso 23 para Batalha.

3. Resultados e Discussão

3.1 Área de Influência Direta do Reservatório da UHE Batalha

A partir dos mapas da cobertura e uso da terra da AID do reservatório da UHE Batalha (Figura 1), pode-se observar uma rápida transformação na paisagem, por conta da redução das coberturas vegetais naturais e ocupação por meio de atividades agropecuárias, especialmente no tocante à diminuição da formação campestre e incorporação do cultivo de soja, em praticamente toda região.

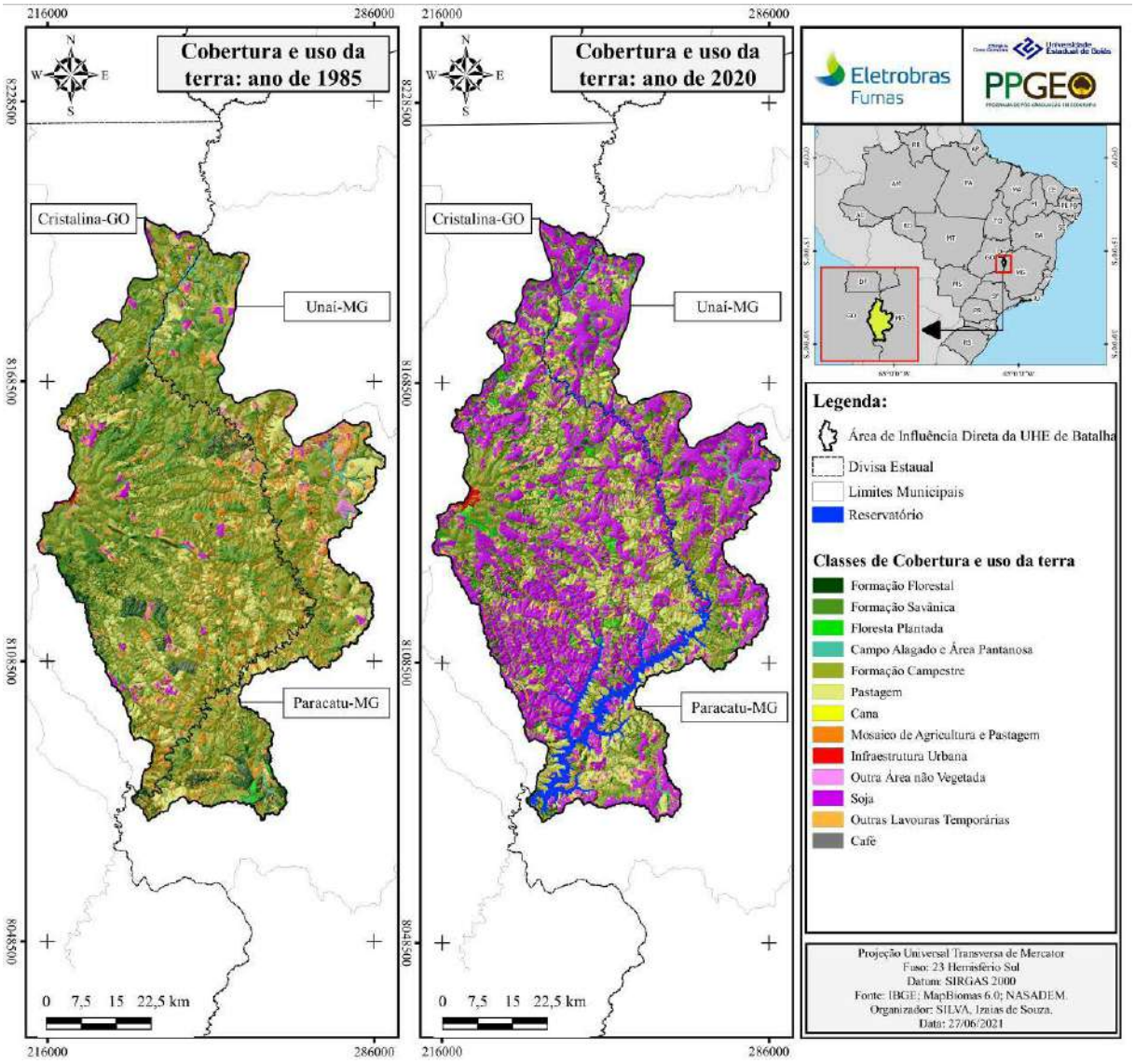


Figura 1: Mapas de cobertura e uso da terra da Área de Influência Direta do reservatório da UHE Batalha (1985 e 2020)
Fonte: IBGE; MapBiomas; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza

No ano de 1985, cerca de 66% da AID do reservatório da UHE Batalha era representada por coberturas vegetais naturais, predominando as formações campestres (37,9%) e savânicas (18,9%). No caso dos usos antrópicos, a pastagem era a mais representativa (15,6%), seguida pela classe de mosaico de agricultura e pastagem (12,5%) – ambas classes, ocorrendo de maneira fragmentada por toda a região. Neste último ano, as formações campestres foram reduzidas para apenas 14,4% da AID, e as formações savânicas para somente 10,8%.

A AID da UHE de Batalha apresenta altitude média de 905 m, com amplitude altimétrica de 482 m, tendo em vista as menores cotas partindo de 771 m, próximo à planície do rio São Marcos e ao próprio reservatório, onde podem suceder inundações sazonais pelo aumento do nível do

reservatório em decorrência de eventos pluviométricos mais intensos (MATAMOROS SEVILLA, 2016), e as maiores alcançando os 1.253 m, na porção oeste da AID do reservatório da UHE Batalha, condizente ao domo de Cristalina, onde se situam as nascentes de importantes afluentes do rio São Marcos, como aquelas associadas ao ribeirão Arrojado e ribeirão Embira – Figura 2.

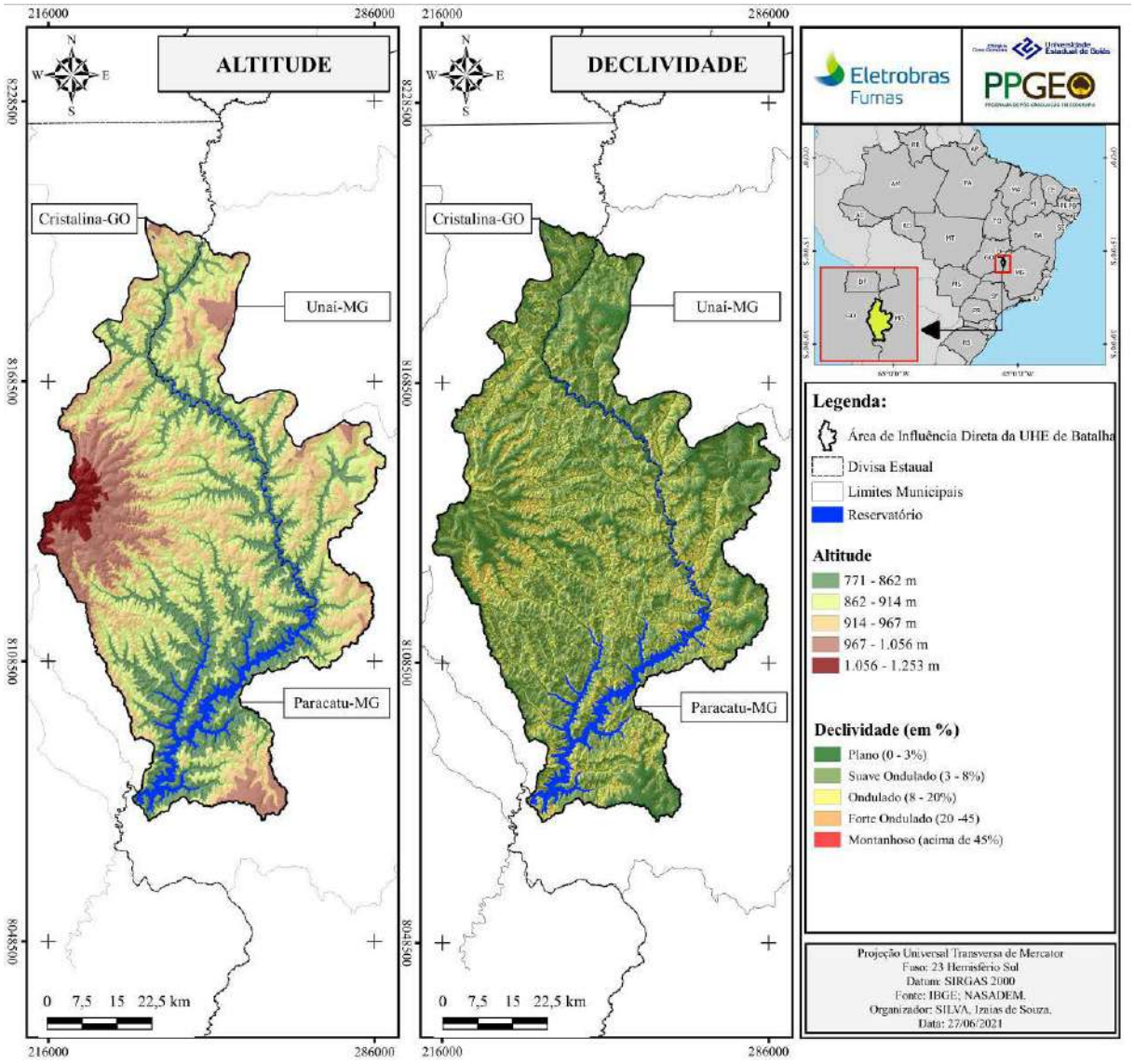


Figura 2: Mapas de altitude e declividade da Área de Influência Direta da UHE Batalha
Fonte: IBGE; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza

Com relação às declividades, a média é de 6,4%, que retrata o predomínio de relevo suave ondulado. Todavia, ainda são consideráveis as áreas de relevo plano (declividade inferior a 3%) – que correspondem às chapadas e planaltos –, da mesma forma que também podem ser vistas localidades com relevos ondulados e fortes ondulados – onde há o domínio de colinas, do domo de Cristalina, de degraus estruturais e de rebordos erosivos.

Uma das principais implicações inerente à dinâmica sazonal do nível do reservatório entre períodos secos e chuvosos, associada às mais elevadas altitudes e declividades, é a instabilidade aos taludes nas suas bordas imediatas, que podem contribuir na deflagração de processos erosivos e de movimentos de massa, gerando sedimentos que são transportados para o manancial, ocasionando seu assoreamento e, consequentemente, comprometendo o sistema de geração de energia (DE JESUS *et al*. 2017).

O primeiro mapa da Figura 3 retrata as unidades do relevo da AID de Batalha, na qual se evidencia domínio de colinas amplas e suaves, recortadas por chapadas e platôs e presença do domo de Cristalina.

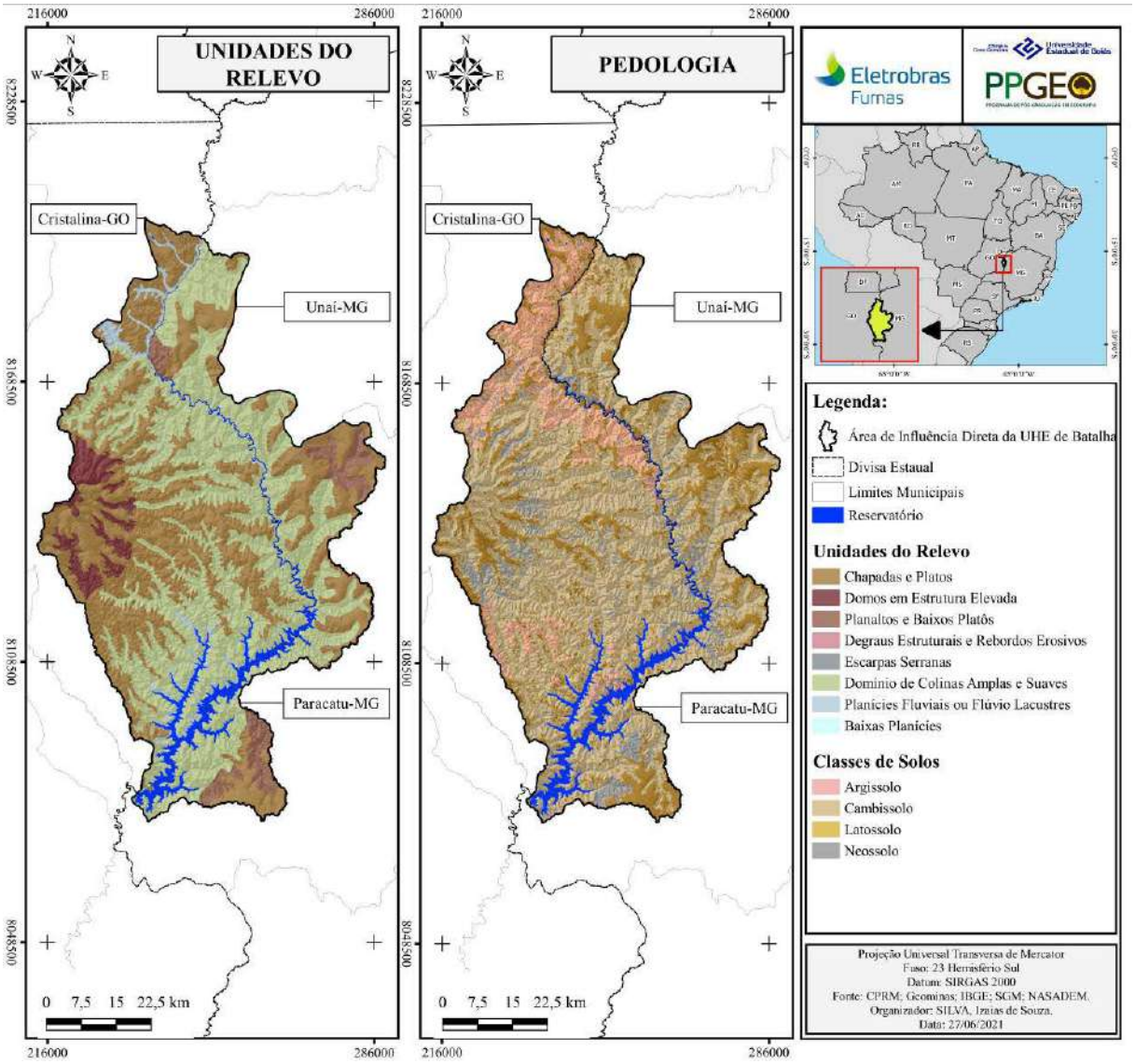


Figura 3: Mapas de unidades do relevo e pedologia da Área de Influência Direta da UHE Batalha
Fonte: IBGE; CPRM; SGM; Geominas; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza

Conforme apontado por Romão e Souza (2017), o substrato geológico do contexto de Batalha consiste principalmente em rochas inconsolidadas

correspondentes a depósitos aluvionares, coberturas detrito-lateríticas ferruginosas e especialmente filitos da Formação Landim, que expostos comumente dão origem no local a fenômenos de empastilhamento, tornando expressiva parte da área muito suscetível aos processos erosivos. Neste sentido, convém o destaque para o fato de que as unidades do relevo e o substrato geológico representam importante fator que pode favorecer ou limitar a ocupação agropecuária, no sentido de apresentarem condições que facilitam ou dificultam a mecanização agrícola e a criação de animais

Associados à condição de relevos suave ondulado e ao domínio de colinas amplas e suaves, prevalecem solos do tipo Cambissolo, constituídos por material mineral com horizonte B incipiente e pouco desenvolvidos – condições que não favorecem o uso agrícola, por causa das limitações de pedregosidade e de profundidade. Em áreas com maiores altitudes, em relevos planos, de planaltos e chapadas, há a ocorrência expressiva de solos do tipo Latossolo, usualmente utilizados para fins agrícolas, sobretudo por serem bem desenvolvidos, profundos e bem drenados.

3.2 Área de Influência Direta do Reservatório da UHE Itumbiara

A Figura 4 apresenta os mapas da cobertura e uso da terra da área de influência direta da UHE de Itumbiara nos anos de 1985 e 2020, pelos quais, diferentemente do que foi observado para a UHE de Batalha, constata-se um uso consolidado. Em 1985 já havia predomínio de atividades antrópicas em 66% da área em apreço, especialmente relacionadas às pastagens (56,1%), enquanto as coberturas vegetais e corpos hídricos totalizavam 34% da área, principalmente associadas à Formação Florestal (18,8%), Corpos Hídricos (10%) e Formação Savânica (4,5%).

Por sua vez, em 2020 há ainda o predomínio de pastagens, representando 44,6% da AID, com pouca alteração na proporção das demais classes, especialmente condicionada à substituição de áreas ocupadas por pastagens para cultivos agrícolas. Isso pode ser corroborado pela redução de apenas 5% das coberturas naturais revestidas por formações, florestal e savânica, e pela diminuição de 11,4% de pastagens, entre o período de 1985 e 2020, sendo estas áreas possivelmente ocupadas por mosaico de agricultura e pastagens ou pelo cultivo de soja, que apresentaram incremento no período observado de 8,4 e 7,4%, respectivamente.

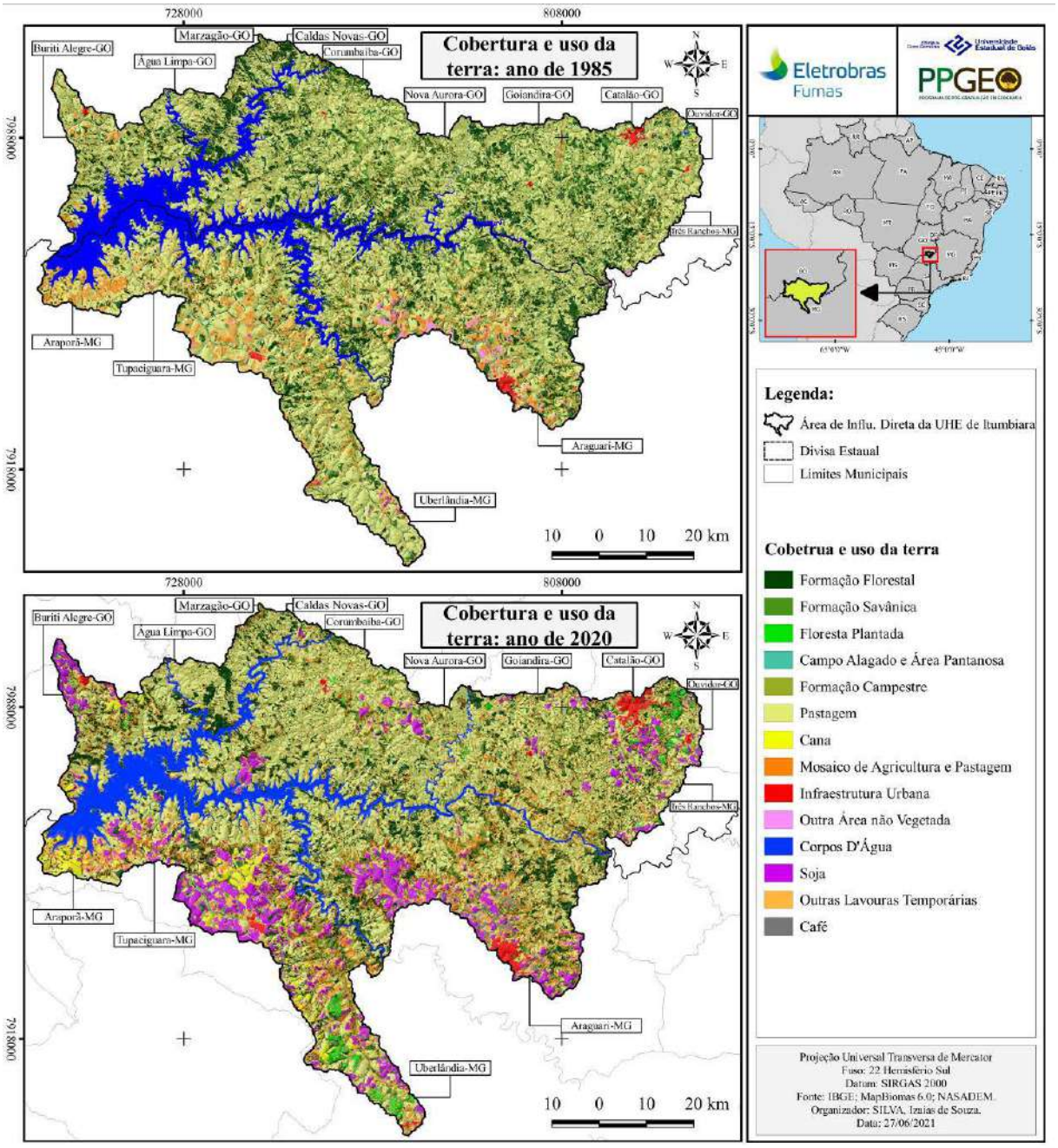


Figura 4: Mapas de cobertura e uso da terra da Área de Influência Direta da UHE Itumbiara (1985 e 2020)
Fonte: IBGE; MapBiomas; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza

Conforme demonstrado pelo primeiro mapa da Figura 5, na AID da UHE Itumbiara a altitude média é de 474 m, com desnível de 628 m, considerando a menor altitude de 503 m, próximo ao reservatório, e a cota máxima que chega ao valor de 977 m. Nota-se que as maiores altitudes ocorrem principalmente ao sul, mas também nos extremos noroeste e nordeste da AID, em áreas de relevo plano (declividade inferior a 3%), que correspondem, de maneira geral, aos planaltos.

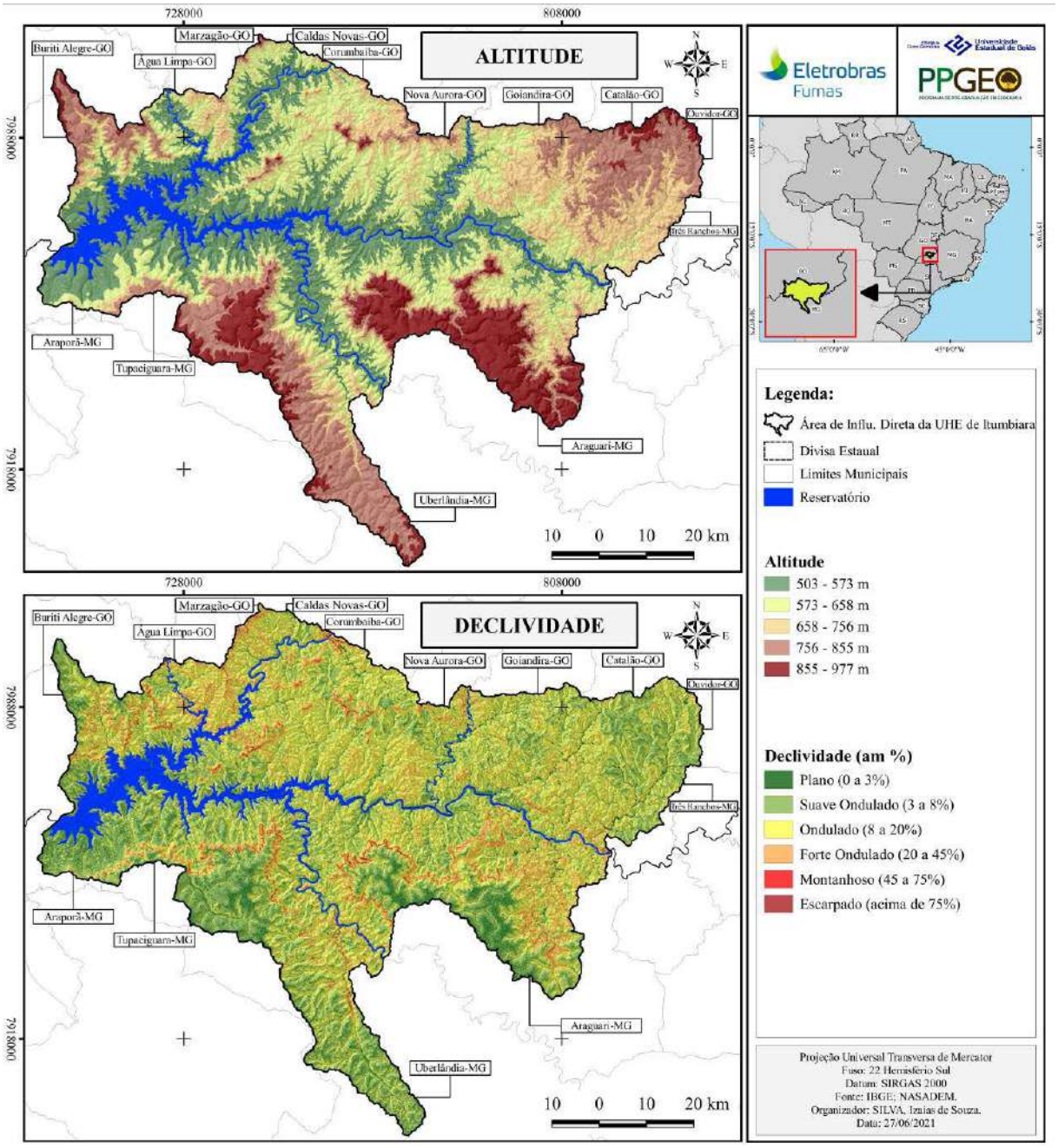


Figura 5: Mapas de altitude e de declividade da Área de Influência Direta da UHE Itumbiara
Fonte: IBGE; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza

Com relação à declividade, a AID da UHE Itumbiara apresenta média de 9,4%, e predomínio de relevo suave ondulado a ondulado – ou seja, variando entre 3 e 20% (Figura 5). Contudo, também são vislumbradas localidades distribuídas por toda a região com declividades forte ondulada (20 a 45%) e alguns trechos com declividade característica de relevo montanhoso ou escarpado (acima de 45%), especialmente ao sul do reservatório, nas bordas dos planaltos e baixos platôs.

Por sua vez, o primeiro mapa da Figura 6 retrata a ocorrência de planaltos e baixos platôs ao sul do reservatório da UHE Itumbiara, que coincidem com as áreas de maiores altitudes. Todavia, o predomínio espacial é para domínio de colinas dissecadas e morros baixos e de colinas amplas e suaves, que podem ser notadas na porção central, leste e ao norte do reservatório.

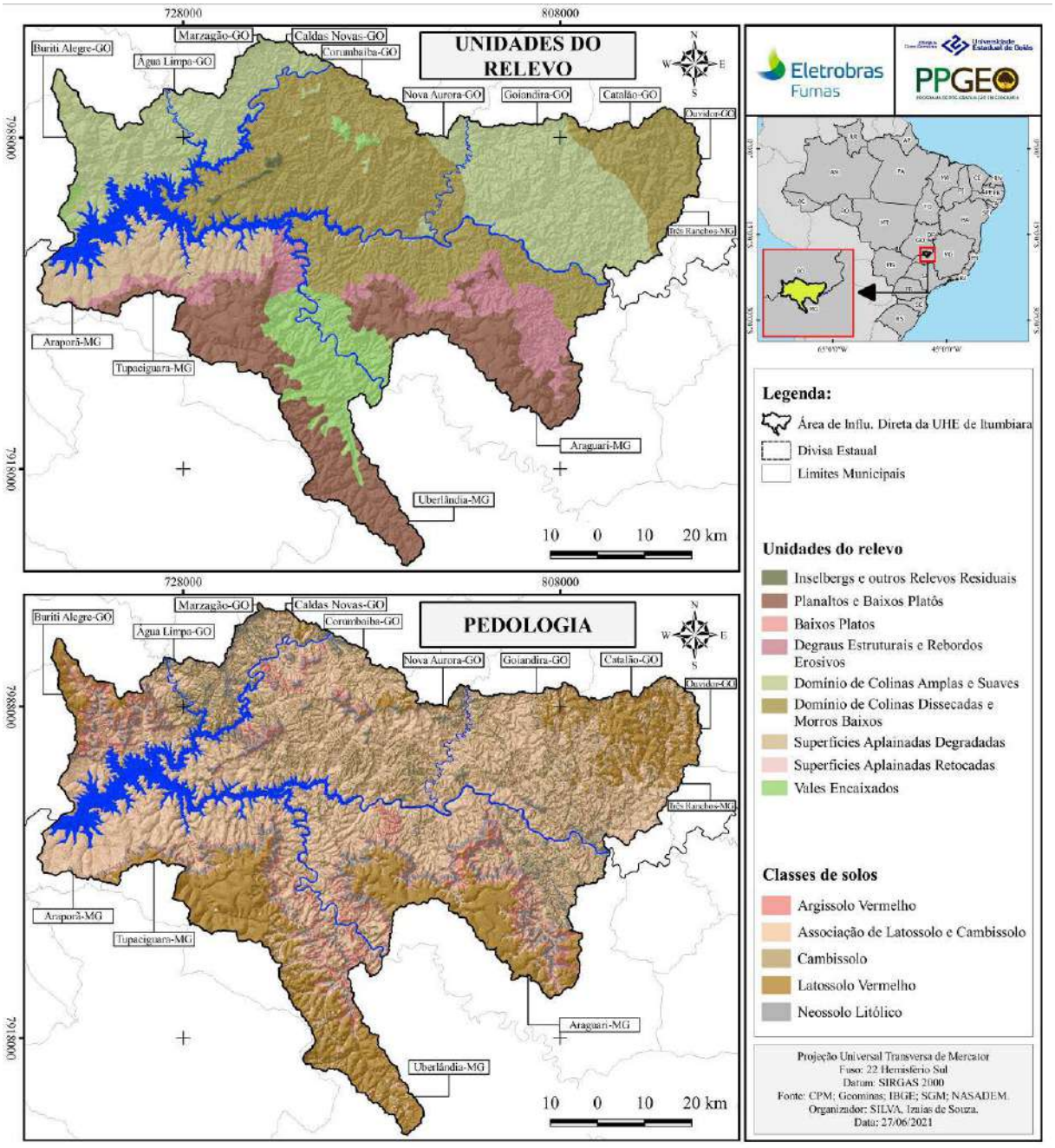


Figura 6: Mapas de unidades do relevo e pedologia da Área de Influência Direta da UHE Itumbiara
Fonte: IBGE; MapBiomas; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza

No caso da pedologia, o segundo mapa da Figura 6 indica o predomínio da associação de latossolos e cambissolos na AID da UHE Itumbiara, relacionados às declividades típicas de relevo suave ondulado e ondulado

respectivamente, e ao domínio de colinas dissecadas e morros baixos, de colinas amplas e suaves e de superfícies aplainadas degradadas. A ocorrência de Latossolo Vermelho é significativa, numa extensa área ao sul do reservatório, mas também ao nordeste e noroeste da AID, no primeiro caso associado às áreas planas de topos de planaltos e no segundo e terceiro, aos domínios de colinas e morros baixos. São justamente nestas localidades que houve maior implantação do cultivo de soja, certamente associada às características de bom desenvolvimento e de boa porosidade e permeabilidade destes solos, que favorecem o desenvolvimento das atividades agrícolas, mediante correção e mecanização. Há ainda na AID da UHE Itumbiara presença notável de cambissolos, e, em menor proporção, de Neossolo Litólico e de Argissolo Vermelho. Esta penúltima categoria de solo não apresenta aptidão agrícola, e a presença da antepenúltima, justifica a manutenção das pastagens na região.

4. Considerações finais

O conhecimento dos aspectos físico-ambientais é um importante insumo para o diagnóstico, prognóstico e ordenamento do uso e manejo do solo, tendo em vista que auxilia na compreensão das potencialidades e restrições dos espaços naturais e artificiais. No caso específico do entorno de reservatório de usinas hidrelétricas, o mapeamento e a descrição da dinâmica da cobertura e uso do das terras, das categorias dos solos e dos atributos do relevo (altitude, declividade e unidades do relevo) permite o reconhecimento das características intrínsecas do ambiente e a dinâmica que se sucede por influência antrópica, especialmente com relação à ampliação de atividades agropecuárias.

Os dados apresentados no presente estudo demonstram distintas características ambientais atreladas à condição do relevo e das categorias de solo que sugerem maior ou menor aptidão agrícola e, sobretudo, uma diferente dinâmica da cobertura e uso das terras entre as áreas de influência direta das usinas hidrelétricas Batalha e Itumbiara. Com relação a este último aspecto, merecido destaque deve ser dado à nítida conversão da cobertura vegetal para atividades antrópicas no entorno da UHE Batalha entre o período de 1985 e 2020, que pode ser associada ao fato deste empreendimento ter sido implementado mais recentemente (2008/2014);

ao passo que no caso da UHE Itumbiara constata-se um uso antrópico já consolidado desde 1985, tendo em vista o empreendimento ter sua construção iniciada em 1974 e sua operação em 1980.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Eletrobras Furnas e à ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) pela coordenação técnica e financiamento, no âmbito do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) intitulado "Modelagem em Diversas Escalas da Geração de Sedimentos em Erosões e o Aporte em Reservatórios de UHEs", P&D ANEEL Sedimentos, código ANEEL PD.0394-1705/2017.

6. Referências

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; LELIS, A. C.; SALES, M. M.; MASCARENHA, M. M. D. A.; ANGELIM, R. R.; PEREIRA, L. M. **Erosão de bordo de reservatório**: cartilha do projeto de pesquisa "Monitoramento e estudo de técnicas alternativas na estabilização de processos erosivos em reservatórios de UEHs". GECOM/UFG, Goiânia-GO, v. 1, 2015, 53 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C.; **Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 101 p.

DE JESUS, A. S.; SOUZA, M. S.; NASCIMENTO, D. T. F.; ROMÃO, P. A.; DE CARVALHO, J. C. A influência de aspectos geomorfológicos, de cobertura do solo e climáticos no surgimento e evolução de processos erosivos no entorno de reservatório. *In:* SALES, M. M.; CARVALHO, J. C.; MASCARENHA, M. M. A. (org.). **Erosão em Borda de Reservatório**. 1ª ed. Goiânia: Gráfica UFG, 2017. 584 p.

FERREIRA, R. C.; LOPES, W. G. R.; ARAÚJO, J. L. L. A água como suporte para atividades de lazer e turismo: possibilidades e limitações da barragem Piracuruca no estado do Piauí (Brasil). **RA'E GA**, Curitiba, v. 25, p. 134-163, 2012.

MATAMOROS SEVILLA, T. M. **Estudo de Processos Erosivos:** Análise Geotécnica das Áreas Degradadas no Entorno do Reservatório de Batalha GO/MG 2016. Dissertação (Dissertação em Engenharia Civil e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF, p. 151. 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; ROMÃO, P. de A.; SALES, M. M.; ALMEIDA, F. de P. Mapeamento da cobertura do solo em bordas de reservatório e processos erosivos associados. *In:* SALES, M. M.; CARVALHO, J. C.; MASCARENHA, M. M. A. (org.). **Erosão em Borda de Reservatório**. 1ª ed. Goiânia: Gráfica UFG, 2017. 584 p.

ROMÃO, P. de A.; SOUZA, N. M de. Aspectos geológicos e hidrogeológicos na deflagração e evolução da erosão hídrica em margens de reservatórios. *In:* SALES, M. M.; CARVALHO, J. C.; MASCARENHA, M. M. A. (org.). **Erosão em Borda de Reservatório**. 1ª ed. Goiânia: Gráfica UFG, 2017. 584 p.

SALES, M. M.; CARVALHO, J. C.; MASCARENHA, M. M. A.; DA LUZ, M. P.; DE SOZUA, N. M.; ANGELIM, R. R. (org.). **Erosão em Borda de Reservatório**. 1ª ed. Goiânia: Gráfica UFG, 2017. 584 p.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M. Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica. *In:* "CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO", 4., 1993, São Paulo. Anais... São Paulo, 1993.

Normal Climatológica da Precipitação e Temperatura na Região Hidrográfica do Paraguai: Google Earth Engine como Ferramenta de Análise

João Batista Ferreira Neto[1]
Mariana Santos Freitas [2]
Kássio Samay Ribeiro Tavares [3]

Resumo: Normal climatológica é o valor médio de uma variável meteorológica equivalente ao período mínimo de 30 anos para determinado local. Uma das dificuldades de se trabalhar com um conjunto grande de dados meteorológicos e em largas escalas é a necessidade de uma boa máquina para processar todos esses dados, assim, este estudo teve como objetivo entender o comportamento da precipitação e temperatura na Região Hidrográfica do Paraguai através de uma metodologia que utiliza os dados de reanálises do CHIRPS e ERA5, processados em nuvem com o *Google Earth Engine*. Os resultados mostraram que a área de estudo possui um regime de chuvas bem definido, de novembro a março temos um período chuvoso com pico em janeiro e de abril a outubro um período seco com pico em julho. A precipitação média variou entre 800 e 2.000 mm, com uma média de 1.368 mm anual. A temperatura varia entre 22,3ºC como mínima para o mês de julho (inverno austral) e máximas de 27,2ºC em outubro (primavera austral). A média anual é de 25,5ºC sem grande amplitude térmica. Dentro da sequência histórica se nota uma relação entre os valores máximos e mínimos de precipitação com os episódios de *La Niña* e *El Niño*. A temperatura muda conforme o tipo de bioma e topografia.

Palavras-chave: GEE; Reanálises; Pantanal; Recurso Hídrico.

Abstract: Climatological normal is the average value of a meteorological variable equivalent to the minimum period of 30 years for a given location. One of the difficulties of working with a large set of meteorological data and on large scales is the need for a good machine to process all this data, so, this study aimed to understand

1 Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ - joaoseventhing@hotmail.com.

2 Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ - santos.mari.freitas@hotmail.com.

3 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - kassiosamayribeiro@gmail.com.

the behavior of precipitation and temperature in the Hydrographic Region of Paraguay using datas from CHIRPS and ERA5 reanalysis, processed in a cloud with Google Earth Engine. The results showed that the study area has a rainfall and dry season, November to March we have a rainy period with a peak in January and from April to October to a dry season with a peak in July. The average precipitation varied between 800 and 2.000mm, with an average of 1.368mm anual. The temperature ranged between 22.3°C as a minimum for the month of July (austral winter) and a maximum 27.2°C in October (austral spring). The annual average is 25.5°C without large thermal amplitude. The historical sequence show that has a relationship between the maximum and minimum precipitation values with the *La Niña* and *El Niño* episodes. The temperature changes depending on the type of biome and topography.

Keywords: GEE; Reanalysis; Pantanal; Water Resources.

1. Introdução

Diversos autores ao longo dos anos já fizeram suas definições do que seria uma bacia hidrográfica, Faustino (1996), Lima e Zakia (2000), Santana (2003), Teodoro *et al.*, (2007), porém esse trabalho vai tomar como definição a clássica proposta de Tucci (1997), onde, uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água que ali se faz através da precipitação, convergindo até um único ponto de saída.

Assim, uma bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema que realiza balanços de entrada proveniente da chuva e saída através de seu exutorio, permitindo também que dentro de uma bacia existam, sub-bacias que vão se conectar através de seus sistemas hídricos (PISSARA; POLITANO; FERRAUDO, 2004).

A escala de uma bacia é algo que sempre pode ser questionada durante os estudos, uma vez que, podemos pegar toda a grande bacia, como por exemplo a do Amazonas e abordar de todos os rios que nascem desde a cordilheira andina até seu ponto final no Oceano Atlântico ou trabalhar apenas com uma sub-bacia que ocorre dentro de uma área urbana, por exemplo. Abordar apenas uma sub-bacia é um tipo de estudo o qual se adapta muito bem na gestão de recursos hídricos e planejamento (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Uma bacia ou sub-bacia pode ser analisada de diversas formas, pois cada uma terá características únicas relacionadas como o seu padrão de

drenagem, e propriedades do terreno, expressando assim uma estreita relação com as componentes geológica, vegetal, animal e hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1969). Como cada propriedade é única, a paisagem gerada não será fruto somente da sua gênese, mas esse resultado irá interagir como seus componentes e moldar uma nova paisagem.

Assim, todo o entendimento de uma bacia hidrográfica acaba sendo extremamente importante uma vez que é sobre essa região que se desenvolvem as atividades humanas, sejam agrícolas, urbana, industrial, ou de preservação, de alguma forma, todo o trabalho irá se fazer dentro de uma bacia.

Porém, todas essas formas de ocupar o solo são oriundas das diversas formas das atividades humanas que acabam gerando impressões no clima. Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), o aquecimento global observado nos últimos 50 anos em sua maior parte é oriundo de gases do efeito estufa, referente a queima de combustíveis fósseis ou das queimadas em florestas, pastagens e áreas agrícolas.

Esse aquecimento global potencializado pelo agente humano está gerando mudanças climáticas. Mudanças que estão respondendo na variabilidade das tendencias de temperaturas do ar e precipitação de determinados locais, apenas essas duas variáveis já são capazes de alterar todo o modelo de circulação atmosférica, o que impacta diretamente no modo de vida e produção dos seres humanos (ASSAD *et al.,* 2004), (AMBRIZZI *et al.,* 2018), (REBOITA *et al.,* 2018) e (FLEURY *et al*., 2019). Assim, entender a variabilidade da precipitação mediante as mudanças climáticas que vem ocorrendo é entender como uma bacia vem se desenvolvendo e poder usar esse conhecimento para uma melhor gestão.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal entender a distribuição da precipitação estimada pelo *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations* (CHIRPS) por toda a região Hidrográfica do Paraguai, utilizando como ferramenta para o processamento dos dados a plataforma do *Google Earth Engine*.

2. Metodologia

Como forma padrão para comparação de dados observados seja de qualquer parte do globo, se definiu as Normais Climatológicas (NC) pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2017). As NC, correspondem às

médias das variações dos registros atmosféricos em períodos de 30 anos, sendo 1° de janeiro de 1901 a 31 de dezembro de 1930, 1° de janeiro de 1931 a 31 de dezembro de 1960, 1° de janeiro de 1961 a 31 de dezembro de 1990 e assim por diante. Esse trabalho fez o recorte temporal referente ao período de 01 de janeiro de 1990 a 31 de dezembro de 2020.

O Serviço geológico Americano (USGS) e o Grupo de estudo de Riscos Climáticos da Universidade da California, Santa Barbara (UCSB), desenvolveram um conjunto de dados de precipitação chamado CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations*), o qual foi usado nesse trabalho. Nesse produto, as estimativas de precipitação são compostas por diversas fontes de informações:

- *The Climate Hazards Group's Precipitation Climatology* (CHPClim);
- Observações de satélites com espectroscopia de infravermelho termal (*Thermal Infrared*, TIR);
- Observações de satélites geoestacionárias quase globais da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA);
- Centro de Previsão Climática (CPC) e o *National Climatic Data Center Climáticos* (NCDC);
- Campos de Precipitação do *Coupled Forecast System* da NOAA, versão 2 (CFSv2);
- Diversas observações de precipitação através de produtos de estações meteorológicas e outros serviços regionais.

Esses dados, chamados de reanálises, estão em uma resolução de 0,05° (5 km aproximadamente). Costa *et al.* (2019), analisaram e compararam os dados do CHIRPS com os de 183 estações meteorologicas do INMET/CPTEC e chegaram a conclusão que os dados são confiaveis para utilização em distintas finalidades relacionadas às pesquisas climáticas no Brasil.

Para os valores de temperatura do ar, também foram usados dados de reanálises, porém de uma outra fonte, vieram do ERA5, produzido pelo *European Center for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF), que disponibiliza os dados de forma horária, diária, ou mensal, todos numa grade de 30 km.

Para analisar e processar todas essas informações diárias de precipitação, foi utilizado o *Google Earth Engine* (GEE), uma plataforma de análise geoespacial baseada na nuvem. O GEE utiliza um sistema de processamento robusto e paralelo em um grande número de máquinas, permitindo que os cálculos e resultados sejam analisados, otimizados e plotados de

forma muito mais rápida que em computadores que não possuam grande poder de processamento, bastando apenas ter um navegador *web* e acesso a *internet* (NOEL *et al.* 2017).

2.1 Área de estudo

Devido ao poder de processamento de dados que o GEE consegue oferecer, este trabalho optou por fazer a análise de toda a Região Hidrográfica do Paraguai (RHP) também chamada de Bacia do Alto Paraguai, a qual pertece a grande Bacia Internacional do Paraguai.

A Bacia Internacional do Paraguai abrange partes do território brasileiro, paraguaio e boliviano (Figura 1). A RHP cobre 61% de sua área total (600.000 km^2) e está presente no lado brasileiro em parte dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A RHP é marcada por uma clara macrocompartimentação física de duas grandes unidades de relevo: uma planíce com cotas médias de 200 m de altitude e um planalto podendo atingir mais de 1.100m. É nessa planíce que se encontra a maior área úmida do mundo, o pantanal, que é o segundo maior bioma existente dentro da bacia, ficando atrás do Cerrado e á frente da Amazônia. (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL), 2018).

Segundo os dados do IBGE para 2016, toda essa área comporta uma população de aproximademnte 2,4 milhões de habitantes, distribuidos em 86 municípios cuja a pecuária bovina e agricultura extensiva são as prinpais fontes de desenvolvimento econômico na região.

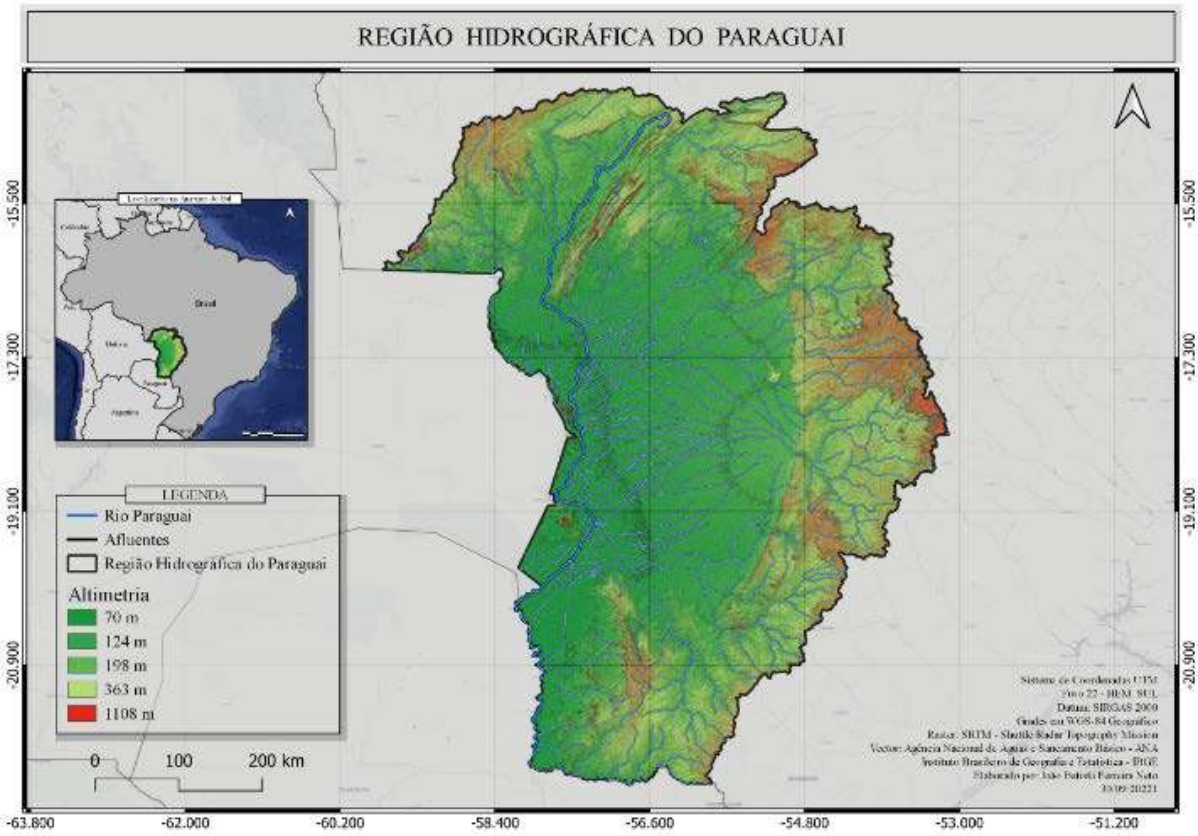


Figura 1: Localização da Região Hidrográfica do Paraguai
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

2.2 Procedimentos Metodológicos

A plataforma GEE utiliza a linguagem *JavaScript*, um método que permite um desenvolvimento interativo entre os dados e algoritmos. Assim o *script* final para o processamento e gerar os dados pode ser esquematizado da seguinte forma:

Definir o intervalo de análise através das funções:

```
var ano_de_inicio = 1990;
var ano_de_fim = 2020;
var meses = ee.List.sequence (1 , 12);
var data_de_inicio = ee.Date.fromYMD (ano_de_inicio , 1 , 1 );
var data_de_fim = ee.Date.fromYMD (ano_de_fim , 12 , 31 );
var anos = ee.List.sequence (ano_de_inicio , ano_de_fim );
```

Definir a área de estudo, que nesse caso, foi através do upload do shapefile da Agência Nacional de Águas (ANA):

```
var area_de_estudo = ee.FeatureCollection('Regioes_Hidrograficas_bacias_')
.filter(ee.Filter.eq('Bacia' , 'PARAGUAI'));
```

Carregando os dados de reanálise do CHIRPS para a análise da região nos tempos definidos anteriormente:

```
var Preciptação = ee.ImageCollection('UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY')
 .select('precipitation')
 .filterDate(data_de_inicio , data_de_fim)
 .filterBounds(area_de_estudo);
```

Para as temperaturas foi usado o mesmo descritor acima, porém em *select*, se buscou as camadas que tinham como nome *'mean_2m_air_temperature'*. E o nome da variável em Temperatura.

Os dados disponibilizados de temperatura estavam em Kelvin, para conversão em Celsius, se usou o seguinte código:

```
var Temperatura_Celcius = Temperatura.map(function(img) {
return img
.subtract(273.15)
.copyProperties(img, ['system:time_start']);});
```

Para as médias dos dados desse estudo foram usados as funções '*.sum()*' e '*ee.reducer.mean()*'.

Por fim, para o gráfico de balanço hídrico, se adotou o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), o qual se baseia na relação do que precipita, a temperatura, o excedente e o déficit hídrico entre o que o solo absorve e o que é perdido para o sistema.

Nesse procedimento, o balanço hídrico obedeceu a algumas etapas, tais como:

1. Assumindo a capacidade de água disponível do solo igual a 100 mm.

2. Para chegar no valor da evapotranspiração potencial (ETP) referente aos meses,

se utilizou o nomograma de *Thornthwaite* – Camargo.

3. Diferença de precipitação (P) e a ETP como fator regulador para a

evapotranspiração real (ETR).

4. Cálculo para negativo acumulado sendo o somatório dos valores de P-ETP<0.

5. A coluna de armazenamento (ARM) com valores de alteração da quantidade de

água que varia no solo (VAL) com a quantidade alterada (ALT).

6. Para o ETR, todos os meses com valores >0 em P=ETP, foram calculados em relação com a P-ALT.

7. Deficiência hídrica (DF) presente nos meses com P-ETP<0 sendo ETP-ETR.

8. O excedente hídrico (EXC) para todos os meses com P-ETP>0 sendo ETP-ALT.

9. O escoamento correspondendo o valor do mês anterior multiplicado pelo EXC do mês atual pela constante de 0,5.

3. Resultados e Discussão

O regime de chuvas pode claramente ser bem definido em duas estações. Um período chuvoso que ocorre de novembro a março e varia até o mês de abril (primavera/verão austral), e um segundo período, o de seca, que varia entre o fim de abril até outubro (outono/inverno austral). O mês de julho possui a menor média de precipitação (17,24 mm) em contrapartida, o mês de dezembro é o que concentra a maior média de precipitação (191,50 mm), a espacialização das médias dessas precipitações podem ser observadas na Figura 2.

O menor registro na média de preciptação para a área ocorreu em agosto de 2010 com 4,52 mm e a maior foi a de 314,07 mm ocorrido no mês de janeiro de 2008. Ambos os períodos de máximos e mínimos se relacionam com os perídos de *La Niña* e *El Niño*, assim, como todos os outros valores em máximos e mínimos comparados em 0,25 quantil superior com a média. Os maiores valores de preciptação ocorrem nas regiões mais altas (planalto) e no bioma Amazônico, enquanto os menores nas planíces (Pantanal) e bioma Cerrado. A normal climatológica e seus respectivos valores de temperatura e precipitação para a RHP encontram -se no quadro 1.

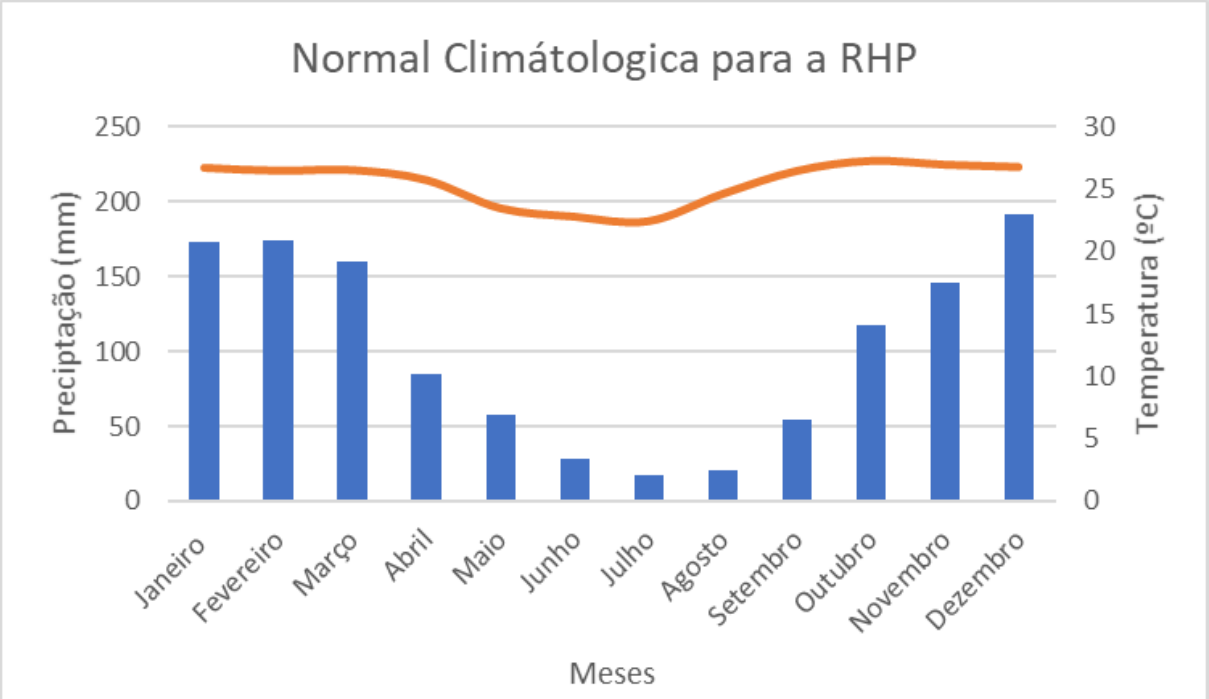


Gráfico 1: Média mensal da precipitação e temperatura de 1990-2020 na RHP.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Marengo *et al.* (2017), ressalta que a disponibilidade de águas em território brasileiro está diretamente ligada ao fator clima, e em especial nos meses de verão e que atrasos no período chuvoso afetam diretamente toda a sociedade.

Como visto no gráfico 1, a região não possui uma grande amplitude térmica, as temperaturas médias variam entre a mínima de 22,39º C no mês de julho (inverno austral) e máxima de 27,26º C em outubro (primavera austral). A média anual é de 25,52º C. Na Figura 3 podemos observar essa espacialização no mapa com as médias de temperatura.

A vegetação desempenha papel importante na distribuição dos elementos meteorológicos, principalmente a temperatura, pois eleva as taxas de umidade reduzindo os valores da temperatura do ar. Assim como, as características geomorfológicas (relevo, altitude), são capazes de influenciar também na temperatura, quanto maior a altitude menor a temperatura devido ao gradiente térmico da atmosfera e por deixar a área mais exposta a ação de correntes de ventos que são mais fortes em maiores altitudes (SILVA *et al.*, 2017).

Assim, temos que fator topografia influencia na espacialização das variáveis, as temperaturas são maiores onde estão as regiões de planícies, principalmente a planície pantaneira em que comporta os maiores valores de temperaturas médias. Temperaturas menores também são mais

proeminentes em locais em que a vegetação nativa pertence ao bioma de Floresta Amazônica, como podemos perceber bem ao noroeste da RHP.

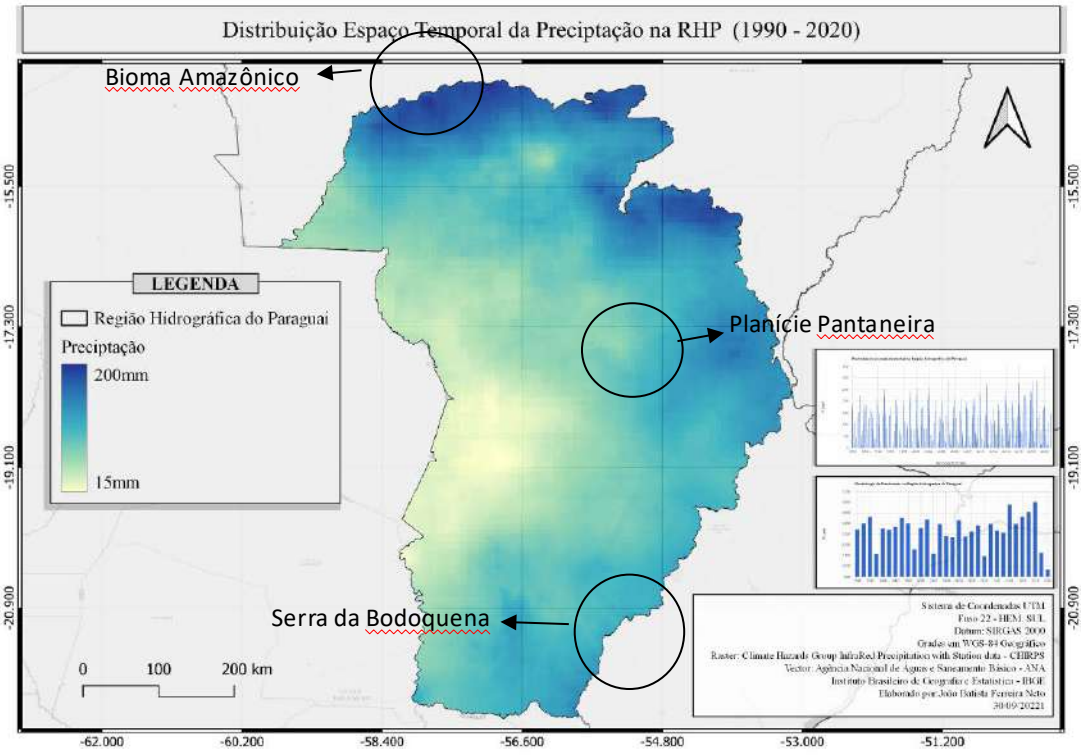


Figura 2: Mapa com a distribuição Espaço-Temporal da Precipitação na RHP. No canto direito grafico1 com o total mensal de precipitação de janeiro de 1990 a dezembro de 2020 e gráfico 2 com a média anual dos 30 anos de precipitação.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

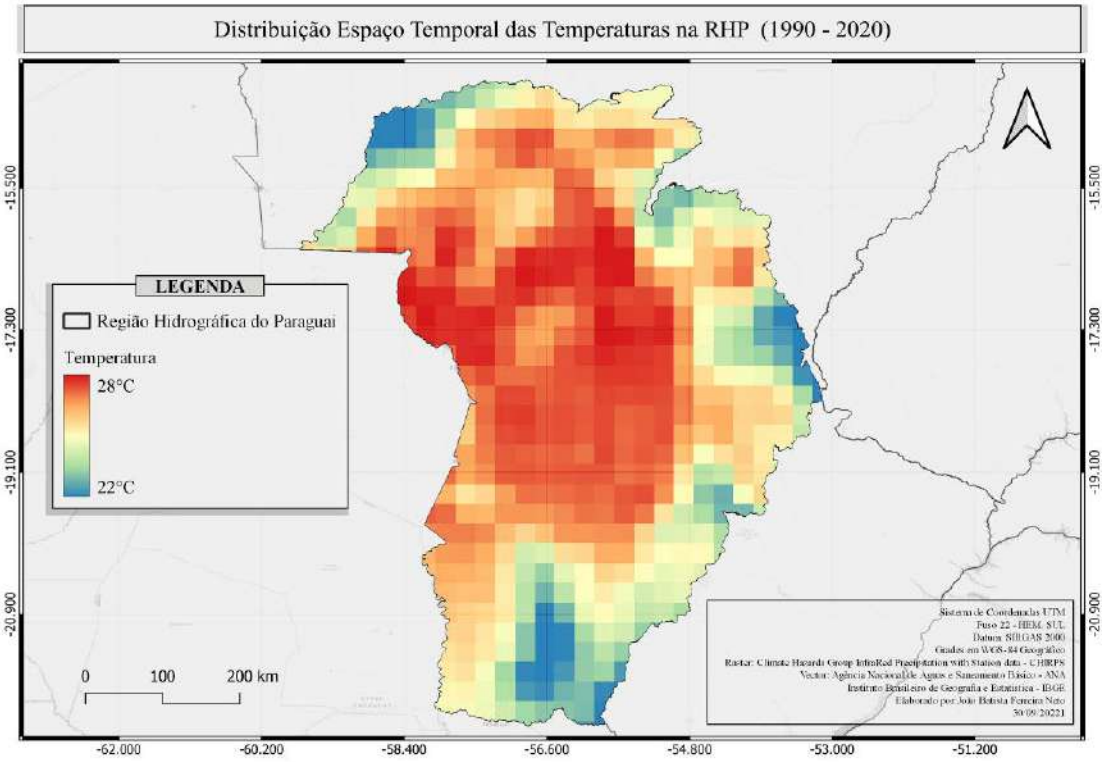


Figura 3: Distribuição da Normal Climatológica na área de Estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Quando analisamos o balanço hídrico, percebemos que os meses de janeiro a março são caracterizados por excedente hídrico, se acumula mais água na RHP do que se perde. Nos meses que vão de abril a setembro, temos uma retirada de água desse sistema ocasionando uma deficiência hídrica. As chuvas que voltam a ser predominantes no mês de novembro têm como única função reabastecer os estoques de água no sistema, essa reposição perdura até o início de dezembro, onde o sistema consegue voltar ao estágio de excedente (Figura 4).

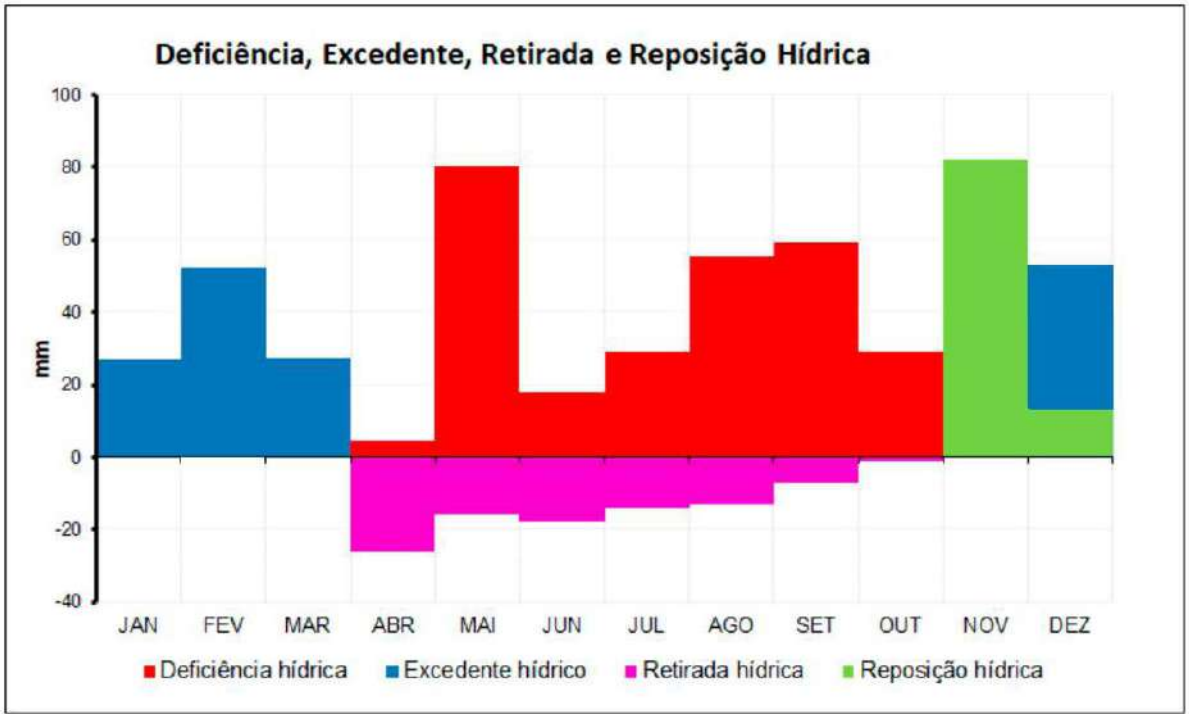


Figura 4: Gráfico de Balanço Hídrico para a RHP.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

4. Considerações Finais

Possuir informações geográficas de determinado local, seja topográfica, de precipitação, temperatura, uso e cobertura da terra é algo primordial para qualquer gestor. São dados que orientam o monitoramento e auxiliam na elaboração de projetos, assim, se garante o entendimento das mudanças climáticas quando ocorrem, da dinâmica dos ecossistemas, possibilita garantia de segurança alimentar, hídrica e preservação ambiental.

Nesse contexto, a tecnologia geoespacial do *Google Earth Engine* é um avanço para monitoramento e análises das mudanças em grandes áreas

geográficas. Não que essa tecnologia substitua as anteriores, mas ela traz vantagens e praticidades da não necessidade de *downloads* de grande quantidade de imagens que individualmente já são arquivos pesados, além de possibilitar o armazenamento e processamento de um volume elevado de dados e em um tempo muito menor.

Por isso, o objetivo desse estudo foi alcançado, se conseguiu obter os resultados de precipitação e temperatura de toda a RHP, além de elaborar um balanço hídrico.

Devido a todas essas vantagens do GEE, sugerimos novos trabalhos que façam a análise da grande bacia, nesse caso toda a Bacia Internacional do Paraguai e com um grau de detalhamento maior. Sabemos que existem muitas diferenças dentro da área de estudo, como o caso de planaltos e planícies, áreas alagadas, e biomas diferentes, assim destacando as particularidades climáticas existentes dentro de cada segmento da grande área.

5. Referências

AMBRIZZI, T.; REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P.; LLOPART, M. **The state-of-the-art and fundamental aspects of Regional Climate Modeling in South America**. Annals of the New York Academy of Sciences, especial edition: Climate Science, 2018.

ASSAD, E. D.; PINTO, HILTON S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL).. **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai – PRH Paraguai:** Resumo Executivo. Brasília: ANA, 2018.

COSTA, J. C. *et al*. **Validação Dos Dados De Precipitação Estimados Pelo Chirps Para O Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], v. 24, jun. 2019. ISSN 2237-8642.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas**. Rev. Geomorfol, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FLEURY, L. C.; MIGUEL, J. C. H.; TADDEI, R. **Mudanças climáticas, ciência e sociedade.** Sociologias [online]. 2019, v. 21, n. p. 18-42. ISSN 1807-0337. https://doi.org/10.1590/15174522-0215101.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da população: classificações e identidades.** Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: Synthesis Report**. ... IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. **Hidrologia de matas ciliares**. *In:* RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 33-43.

MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, C.A. **Climate Change and Water Resources.** Waters of Brazil, p. 171-186, 2017.

Noel Gorelick, Matt Hancher, Mike Dixon, Simon Ilyushchenko, David Thau, Rebecca Moore, **Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis For Everyone**, Remote Sensing of Environment, v. 202, 2017, p. 18-27, ISSN 0034-4257, https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031.

REBOITA, Michelle Simões *et al.* **Cenários De Mudanças Climáticas Projetados Para O Estado De Minas Gerais**. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], nov. 2018. ISSN 2237-8642.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SILVA, Marina & JARDIM, Carlos. (2017). **Influência da Topografia e Uso da Terra na Variação dos Elementos Climáticos em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro – MG: O Segmento Temporal Entre 11 a 23/09/2016.** Geography Department University of Sao Paulo. 48. 10.11606/rdg.v0isp.e.132753.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. **Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP).** Rev. Bras. Ciências do Solo, Viçosa, n. 28, p. 297-305, 2004.

TEODORO, V. L. L. *et al.* **O Conceito De Bacia Hidrográfica E A Importância Da Caracterização Morfométrica Para O Entendimento Da Dinâmica Ambiental Local. Uniara**, p. 137-155, 20 2007.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology,** 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. VIII, n. 1)

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2º. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1997.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals**. Geneva: Chairperson, 2017. ISBN 978-92-63-11203-3.

Análise do Meio Físico da Sub – Bacia Hidrográfica do Riacho Caioca – CE

Clélia Ferreira Rodrigues[1]
Noélia André Diniz[2]
Ernane Cortez Lima[3]

Resumo: Os estudos em bacias hidrográficas vêm ganhando destaque nas últimas décadas, destacando principalmente pesquisas relacionadas às transformações que foram motivadas pelo processo antrópico. Neste contexto, o presente artigo propõe uma análise do meio físico da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca, localizada na porção noroeste do estado do Ceará, precisamente nos municípios de Sobral e Forquilha, possui 849 km² correspondente a 5,48% do total da Bacia Hidrográfica do Acaraú. O suporte metodológico é fundamentado em referências contidas e testadas nos estudos integrados da natureza tendo como base os seguintes autores: Bertrand (1969), Conti (2008), Souza (2000), Leite (1994), Ferreira (1994), Sotchava (1977), Lima (2012).

Palavras-chave: Análise; impactos ambientais; bacias hidrográficas.

Abstract: Studies in hydrographic basins have been gaining prominence in recent decades, highlighting mainly research related to the transformations that were motivated by the anthropic process. In this context, this article proposes an analysis of the environmental impacts of the Caioca stream sub-basin, located in the northwestern portion of the state of Ceará, precisely in the municipalities of Sobral and Forquilha, has 849 km² corresponding to 5.48% of the total Acaraú Hydrographic Basin. The methodological support is based on references contained and tested in integrated studies of nature based on the following authors: Bertrand (1969), Conti (2008), Souza (2000), Leite (1994), Ferreira (1994), Sotchava (1977), Lima (2012)

Keywords: Analysis; environmental impacts; watersheds.

1 Graduanda em Geografia na Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. cleliarodrigues2015@gmail.com.

2 Graduanda em Geografia na Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. noelia5dinniz@gmail.com.

3 Professor doutor da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. ernane_cortez@uvanet.br.

1. Introdução

A água vem sendo o centro das atenções mundiais nos últimos anos, causando diversas discussões sobre a utilização dos recursos hídricos, como por exemplo, uma melhor gestão e uma melhor adequação desses recursos tão escassos. Os sistemas hídricos, apesar de serem importantes para a sobrevivência humana, vêm sofrendo, devido às ações antrópicas, um processo acelerado de deterioração das suas características físicas, químicas e biológicas.

Na Região Nordeste, área de ocupação mais intensa o domínio das depressões interplanálticas semiáridas, que representam quase a metade dessa região, apresenta áreas de alta vulnerabilidade ambiental decorrentes de fatores como: a condição climática, a presença de solos pouco profundos e pedregosos aliado a uma vegetação de caatinga, tornando esses solos bastante suscetíveis aos processos erosivos (AB 'SABER, 2003).

Essa preocupação é gerada pelo fato de tais recursos estarem ligados aos impactos ambientais, como, ocupação do solo indevida, uso indiscriminado da água, desmatamento de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvios de cursos d'água, erosão, salinização, diminuição da matéria orgânica dentre outras degradações, as quais têm contribuído para a descaracterização de rios, riachos e lagos, prejudicando bastante o ciclo da água e o clima.

Nessa perspectiva, os estudos ambientais são ferramentas fundamentais para a identificação das características presentes no sistema, onde compreende-se como uma organização que se atribui a pesquisa para melhor entendimento dos aspectos físicos e sociais que compõem a área em estudo, sendo de extrema importância para a construção de uma análise integrada. Segundo, LIMA (2012), o diagnóstico ambiental é a ferramenta necessária que prioriza a identificação e a caracterização dos sistemas naturais homogêneos presentes na área da pesquisa.

Levando em consideração a ação dos homens sobre determinado ambiente que interfere o seu funcionamento de diversas formas com o uso e ocupação de terras, com isso, faz-se necessário um conhecimento que busca compreender as unidades naturais sobre uma análise de diversos aspectos presentes no espaço geográfico, ressaltando os impactos geoambientais que se fazem presentes na sub-bacia hidrográfica do Riacho Caioca.

Dessa forma o presente trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico do meio físico da Sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca.

Área de estudo

A área de estudo compreende a sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca, localiza-se no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Acaraú, localizada na região noroeste do estado do Ceará compreende o município de Forquilha e parte do município de Sobral (figura 1). Situa-se a uma distância de cerca de 230 km de Fortaleza. A sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca possui um perímetro de 154 km e ocupa uma área de aproximadamente 790 km², correspondente a 5,48% do total da Bacia Hidrográfica do Acaraú. De acordo com o IBGE (2010) a população da área é de aproximadamente 27.594 habitantes, denotando uma densidade demográfica de cerca de 34,9 habitantes por km².

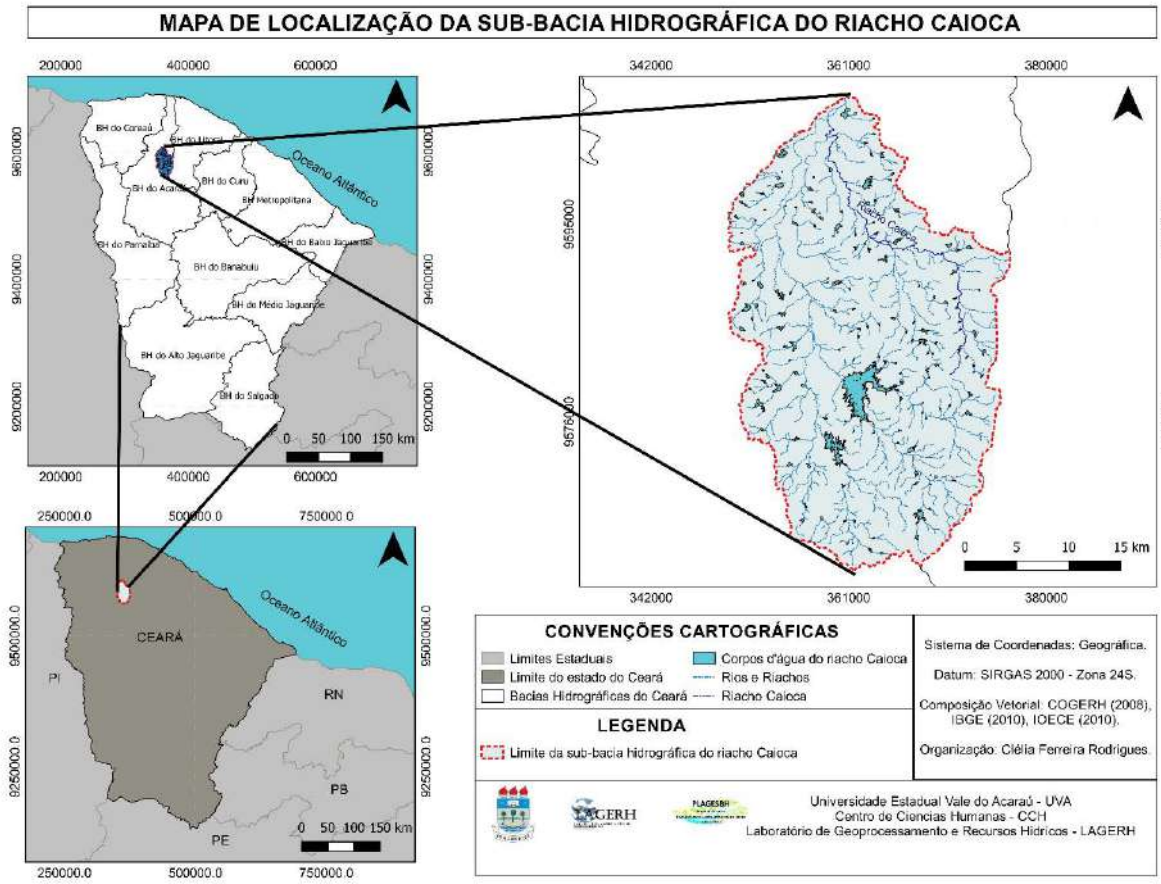


Figura 1: Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca
Fonte: Rodrigues (2021)

2. Metodologia

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico que permeia a temática em análise. Com isso foi adotado os referenciais contidos e testados nos estudos integrados da natureza tendo como base os seguintes autores: Bertrand (1969), Conti (2008), Souza (2000), Leite (1994), Ferreira (1994), Sotchava (1977), Lima (2021).

O procedimento metodológico utilizado foi baseado em Bertrand (1972) no que diz respeito a teoria geossistêmica fazendo a relação do potencial ecológico com a exploração biológica tendo como principais fatores o clima, a hidrologia, a geomorfologia atrelada a ação antrópica, ou seja, os impactos causados pela ação do homem ao ambiente. Para esse artigo também foi utilizado o procedimento de Sochava (1977) em que os geossistemas embora sendo considerados fenômenos naturais, devem ser estudados a luz dos fatores econômicos e sociais que influenciam suas estruturas, logo os geossistemas podem refletir parâmetros sociais e econômicos que influenciam importantes conexões em seu interior.

Com o objetivo de analisar a dinâmica ambiental e o estado de evolução dos sistemas foram estabelecidas grupos de meios ecodinâmicos, com base em critérios de Tricart (1977). Cada grupo de meio está associada ao comportamento e à vulnerabilidade das condições geoambientais em função dos processos degradacionais.

Os procedimentos técnicos fundamentam-se no geoprocessamento através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e na análise de produtos de sensoriamento remoto. Onde inicialmente, determinou-se como área de estudo, toda área inserida no contorno da sub-bacia do riacho do Caioca.

Em seguida realizou-se um levantamento de material bibliográfico e geocartográfico para possibilitar o diagnóstico dos componentes físico-naturais, geológico, geomorfológico, climatológico, pedológico e fitogeográfico, sendo posteriormente levantado o processo de uso e ocupação, diagnosticando os principais impactos ambientais associados ao uso dos recursos naturais.

O processo de uso e ocupação foi empiricamente compreendido através dos trabalhos de gabinete, utilizando fontes como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2010) e o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2013), o que possibilitou diagnosticar, os principais impactos ambientais da área.

3. Resultados e Discussão

Geologia

Conforme o Mapa Geológico do Estado do Ceará – CPRM (2003), em escala 1:500.000, constatou-se que a área da sub-bacia do riacho Caioca é formada por grande variedade de formações litológicas. Em maiores detalhes identificou-se as seguintes unidades geológicas: Depósitos Aluviais; Suíte Granitóide; Unidade Canindé e Unidade Independência.

Os Depósitos Aluviais constituem-se de argilas, areias quartzosas, e cascalhos, com nomenclatura Q2a. Correspondendo a era Cenozóica e ao período Quartenário, localizando-se nas áreas subjacentes ao riacho Caioca.

Suíte Granitóide Meruoca constituem-se de Monzonitos, granodioritos e sienitos. Correspondendo à era Paleozóica e ao Período Cambriano (500-540 M.A), por nomenclatura £y4m.

A Unidade Canindé é representada na era Paleo-Proterozóica, do período Riaciano (2050-2300 M.A) por nomenclatura PPcc, representa um conjunto de litologias de paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcários. A Unidade Independência data da era Paleo-Proterozóica, do período Riaciano. Constituí-se de paragnaisses e micaxistos e metacalcários, sua nomenclatura é PPci.

Geomorfologia

De acordo com as informações obtidas através do levantamento feito na sub-bacia do riacho Caioca, constatou-se três unidades geomorfológicas na área em estudo as quais são definidas, como: Depressão Sertaneja, Planície Fluvial do riacho Caioca, e Inselbergues, havendo predominância da unidade geomorfológica depressão sertaneja, se estendendo por toda a área da sub-bacia.

Conforme Souza (2000), a unidade geoambiental da depressão sertaneja é caracterizada como sendo uma superfície aplainada moderadamente dissecada, sendo um ambiente de transição com tendência à instabilidade e vulnerabilidade moderada a alta. A depressão sertaneja se apresenta como formas deprimidas, com superfícies em processo erosivo, aplainada ou levemente onduladas, revestida de vegetação de caatinga de porte herbáceo-arbustivo e arbóreo, são caracterizadas pelo rebaixamento repentino do

relevo correspondendo, a uma área mais baixa do que as demais, como já mencionado a depressão sertaneja corresponde a unidade geomorfológica predominante na área delimitada da sub-bacia do riacho Caioca.

A planície fluvial segundo Souza (2000) é ambiente de transição com tendência a instabilidade e vulnerabilidade moderada, áreas propícias à prática de lavouras irrigadas, limitações periódicas e sustentabilidade moderada a alta. A planície fluvial é delimitada por vertentes e os processos de deposição superam os de desgaste, apresentam características de acumulação e decomposição de sedimentos dos rios até que se forme uma superfície uniforme, na sub-bacia em questão a planície fluvial vai se encontrar nas imediações do riacho Caioca.

De acordo com Souza (2000), os inselbergues geralmente apresentam áreas retidas de vegetação e a presença de solos rasos, sendo recobertos por uma caatinga de porte arbustivo, inseridos na unidade depressão sertaneja eles destacam os efeitos processuais da erosão durante os períodos geológicos recentes da região. Os inselbergs localizam-se em uma pequena extensão territorial da área da pesquisa.

Características climáticas

No que concerne as condições climáticas, "o clima sobre uma localidade é a síntese de todos os elementos climáticos em uma combinação de certa forma singular[...] Portanto, existe uma variedade de climas ou de tipos climáticos reinantes sobre a superfície terrestre". (AYOAD, 1996, p. 224.). A sub-bacia do riacho Caioca está submetida ao clima Tropical Quente Semiárido, este condiciona chuvas bastantes irregulares, com antecipações, retardamentos, ou até mesmo ausências quase totais desta, apresentando condições de secas, e uma pequena porção está sobre o clima Tropical Quente Subúmido, próximo a serra da Meruoca, que caracteriza-se por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18ºC apresentando uma estação seca de pequena duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação. (figura 2).

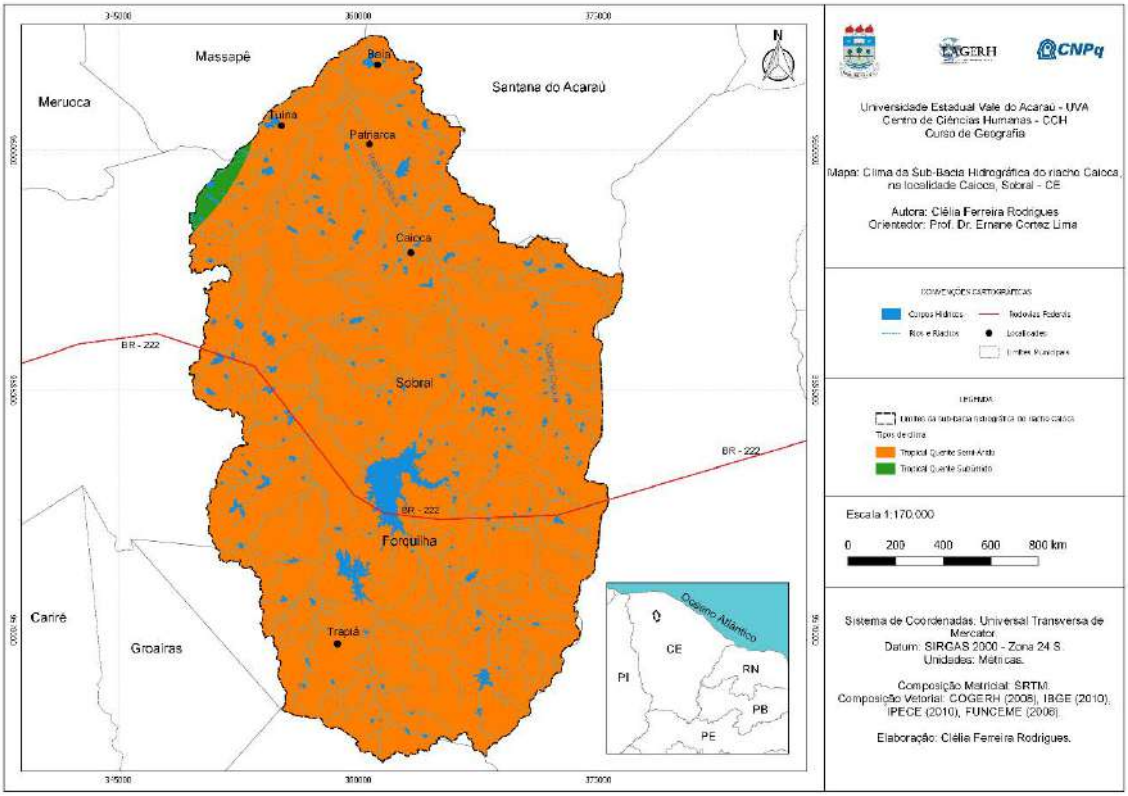


Figura 2: Mapa de clima da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca
Fonte: Rodrigues (2021)

De forma geral é um tipo climático quente e seco, destacadamente no sertão nordestino, apresentando um período de longa duração de secas. Nos gráficos a seguir pode-se observar o total de chuvas que ocorreu no distrito de Caioca - Sobral nos meses de janeiro a março de 2019, período de mais chuvas no ano (Figura 3) e nos meses de setembro a dezembro período de estiagem (Figura 4).

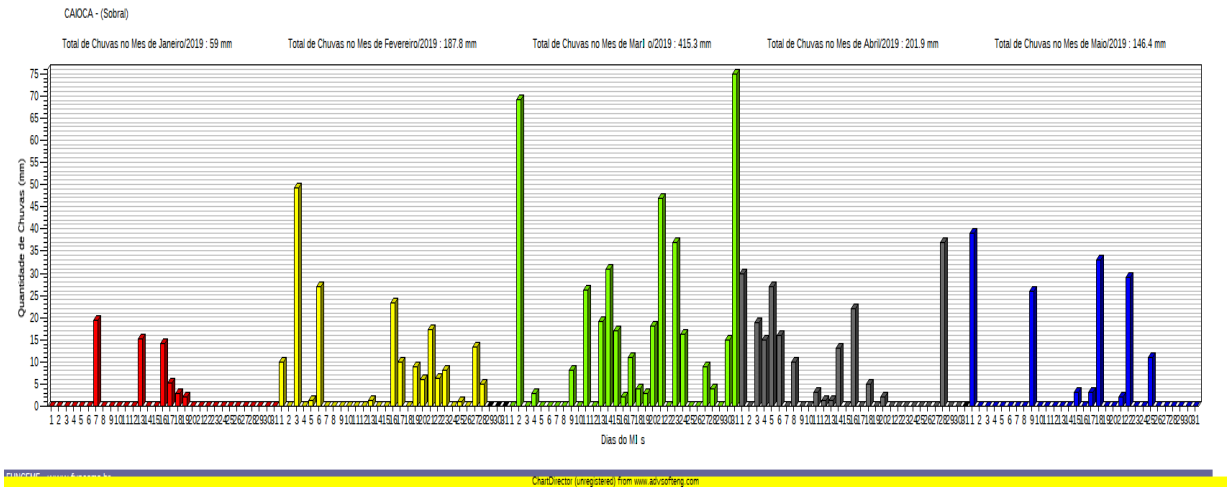
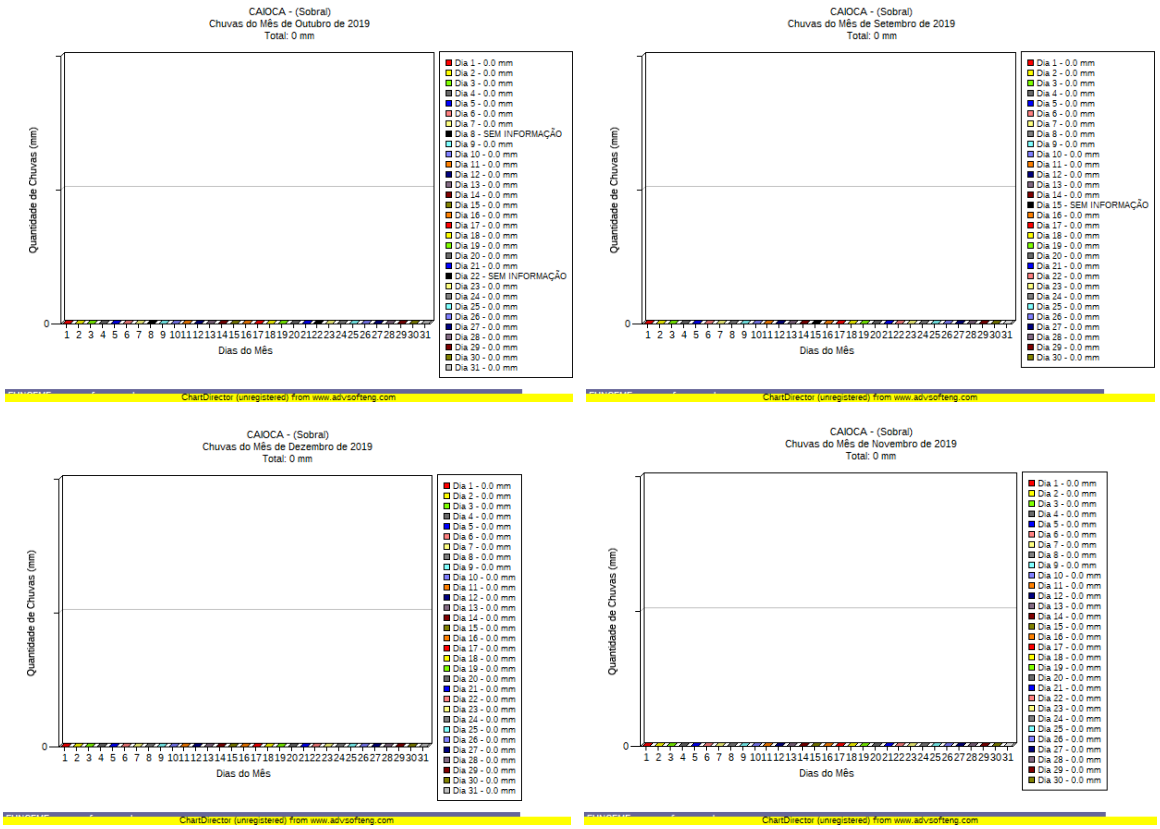


Figura 3: Gráfico de chuvas no Posto Pluviométrico Sobral – Caioca nos meses de janeiro a maio
Fonte: FUNCEME (2019)
Figura 4: Gráficos de chuvas no Posto Pluviométrico Sobral – Caioca nos meses de outubro a dezembro



Fonte: FUNCEME (2019)

Souza (2000) faz uma alerta para o fato de que as mudanças ambientais exibem características alarmantes com sérios prejuízos para os recursos naturais renováveis. Essas mudanças são derivadas de uma ação humana inapropriada que se traduz nos processos de degradação em diferentes níveis.

A instabilidade no regime pluviométrico, acompanhada pelo intenso calor, resulta em elevadas taxas de evapotranspiração potencial e real, as quais reduzem a umidade do solo e a quantidade de água armazenada nos reservatórios. O que ocasiona com a precipitação reduzida e irregular, junto à altas taxas evapotranspiratórias durante todo o ano, é um balanço hídrico negativo.

Solos

Os solos que correspondem à área da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca foram identificados por trabalhos de gabinete, através do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) elaborado pela EMBRAPA (2006), como através da expedição ao campo.

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS, 2006), foram identificadas na área de estudo quatro classes de solos: Os Luvissolos, Planossolos, Neossolos e argissolos.

Os luvissolos são solos minerais não hidromórficos definidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006) pela presença de horizonte subsuperficial diagnóstico textural (Bt) imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, argila de atividade alta e saturação por bases alta. Estes solos em sua normalidade são de pouca profundidade, variando de bem a parcialmente drenados, com nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles, estando normalmente associados às áreas de relevos movimentados (ondulados a forte ondulados). (EMBRAPA, 2006)

Os Planossolos se encontram normalmente em áreas de depressões sertanejas, planas a suave onduladas. De acordo com as suas características são pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média (leve), seguido de um horizonte B plânico, de textura média, argilosa ou muito argilosa, adensado, pouco permeável, com cores de redução, decorrente de drenagem imperfeita, e responsável pela formação de lençol suspenso temporário. Atuam muita das vezes como componentes secundários dos Luvissolos. (EMBRAPA, 2006)

Os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, com insuficiência de manifestação dos elementos que caracterizam os diversos processos de formação dos solos, seja em razão de maior resistência do material de origem ou dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo) que podem impedir ou limitar a evolução dos solos. Apresentam predomínio de características herdadas do material originário, sendo definido pelo SiBCS (Embrapa, 2006) como solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico. Quanto ao material de origem, variam desde sedimentos aluviais até materiais provenientes da decomposição de rochas do cristalino (pré-cambriano). (EMBRAPA, 2006)

Os argissolos são Solos definidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006) pela presença de horizonte diagnóstico B textural, apresentando acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo. Dessa forma, apresentam normalmente, baixa atividade da argila, podendo ser alíticos com altos teores de alumínio, distróficos apresentando baixa saturação de bases ou eutróficos com alta saturação de bases, sendo comumente ácidos. (EMBRAPA, 2006)

Vegetação

A vegetação do Nordeste brasileiro é caracterizada por espécies que tendem a se adaptar a situações de semiaridez, tendo em vista as condições climáticas que influenciam nesse processo, bem como os aspectos socioeconômicos, culturais e ocupação do homem na terra. No estado do Ceará, no qual o Riacho Caioca encontra-se em estudo, é tipicamente uma vegetação da caatinga presente na grande maioria em áreas sertanejas, entretanto outras vegetações também se apresentam na região, tais como a floresta tropical presente em serras e chapadas, uma pequena macha de cerrado e a vegetação litorânea.

Embora a vegetação do Ceará seja dominada pela caatinga, existem outras vegetações ocupando menor extensão territorial como a mata seca, a mata unida e o carrasco que ocorrem nas serras e chapadas (ARAUJO, *et al.*,2005). Figueiredo (1997), classifica o Ceará em oito vegetações, nomeando-as como unidades fitogeográficas.

Tabela 01: Subdivisões da Vegetação do Estado do Ceará

Subdivisões da Vegetação do Estado do Ceará	
Nomes Científicos	**Nomes Populares**
Complexo vegetacional da Zona litorânea	Vegetação litorânea
Floresta subperenifólia tropical plúvio-nebular	Matas unidas serranas
Floresta subcaducifólia tropical pluvial	Mata seca
Vegetação caudocifólia espinhosa	Caatinga Arbórea / Arbustiva
Vegetação caudocifólia não espinhosa	Carrasco
Floresta perenifólia paludosa marítima	Mangue
Floresta mista dicotillo palmácea	Mata ciliar
Floresta subcaducifólia tropical xeromorfa	Cerradão

Fonte: Rodrigues, 2021.

A cobertura vegetal é influenciada de forma expressiva pelas mudanças ocorridas ao longo do tempo sobre determinado território com a intervenção da ação antrópica, acelerando os processos de modificações e muitas vezes de degradação e perda da vegetação. Na região Nordeste e, especificamente no Estado do Ceará predomina o clima semiárido, também sendo um fator de relevância para a cobertura vegetal presente na sub-bacia hidrográfica do Riacho Caioca.

Essas condutas do clima e da ação antrópica influenciam de forma expressiva as condições de cobertura vegetal de uma região, que quando removida ou degradada pode trazer série de outros problemas, como perda dos solos, redução da diversidade em espécies do bioma, sedimentação e até mesmo perda completa de uma região.

Este estudo condiz a sub-bacia do Riacho Caioca, compreende-se que a sua cobertura vegetal é, tipicamente característica do Nordeste semiárido, com árvores arbustiva representando a xerófilas e hiperxerófilas, essa vegetação está presente em grande maioria no clima semiárido do Nordeste, principalmente nas áreas mais rebaixadas como as depressões sertanejas corresp ondendo a 68% do território.

Conforme Viana (2015), a vegetação próxima as áreas mais úmidas do riacho predominam-se a carnaúba como um bio-indicador que configuram um relevo mais aplanado, revelando a cultura da extração de palha pela presença da carnaúba, bem como da macaxeira que veem substituindo a vegetação nativa. A vegetação desenvolve-se por um processo de hierarquização conforme os recursos hídricos próximos, assim subentendido, promovendo matas ciliares em proximidade aos riachos e já nas áreas mais altas uma vegetação abortiva e aberta.

4. Considerações Finais

A degradação ambiental é um dos resultados da utilização dos recursos naturais sem nenhuma conscientização humana, constatados nas formas de uso e ocupação da terra. Isso acarreta a transformação dos recursos renováveis e não-renováveis, provocando impactos ambientais em todo o geossistema.

De acordo com os resultados obtidos durante a pesquisa foi possível caracterizar o meio físico da sub-bacia do riacho Caioca. Diante disso, as marcas da degradação ambiental e dos recursos naturais se apresenta através de condições heterogêneas em que se evidencia o desmatamento indiscriminado, aceleração dos processos erosivos, adelgaçamento dos solos e aparecimento de afloramentos rochosos e a intensificação do assoreamento das nascentes.

Durante a pesquisa foi possível observar que no setor do alto curso da sub-bacia apresenta uma menor atividade humana, com pontos isolados

de exploração e uso do solo, a vegetação. Na parte central da sub-bacia, apresenta um maior índice de ação antrópica na área, devido seu favorecimento no barramento das águas superficiais e a construção de reservatórios, facilitando o desenvolvimento das atividades sócio-econômicas da área, com o uso intensivo do solo, em parte pela agricultura através dos perímetros irrigados e em parte pela ocupação urbana. E por fim, no baixo curso, apresenta uma área mais apropriada para as atividades de pecuária e agricultura de várzea, com a grande oferta hídrica possibilita um uso intensivo e propicia a valorização da terra, causando o uso e ocupação da região, assim, possibilitando uma degradação dos recursos naturais.

5. Referências

AYOAD, J. O. Introdução a climatologia para os trópicos / J. O. Ayoad; Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antonio Christofolleti. – 4. Ed. – Rio de Janeiro; Bertrand Barsil, p. 224-254, 1996.

BERTRAND, G; CRUZ, O. **Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico.** RA'EGA: O espaço metodológico em análise. Curitiba – PR, n. 8, p. 141 – 152, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 9, n. 18, p. 35-64, 1969.

CONTI, J. B; FURLAN, S. A. Geoecologia o clima, os solos e a biota. *In:* ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009. p. 67-208.

CPRM. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Edição 2003 Esc: 1:500.000 CPRM, 2003. 105 p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2006.

FUNCEME. **Compartimentação Geoambiental do estado do Ceará. Fortaleza**,2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico** 2010. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 10 mar. 2021.

LEITE, F.R.B. *et al.* **Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará - Brasil**. FUNCEME, UFC e UFPi. Fortaleza, 1992.

LIMA, E. C. **Análise e manejo ambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas – CE.** (dissertação de mestrado). Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2004.

LIMA, E.C..Análise Geoambiental do Vale do Riacho Boqueirão Sobral/CE.. Revista **Homem, espaço e Tempo,** v. 1,p. 1-17, 2007.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia dedrenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará**. 2012. 271 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012, p. 29

OLIVEIRA, P.J.M; PEREIRA F.T.T; **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: cengage leaming, 2012.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia dedrenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará**. 2012. 271 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012, p.29

KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. **Índice de susceptibilidade de degradação ambiental**.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: contexto, 2010. p.85

SOUZA, M. J. N. **Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Ceará.** *In:* Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: FUNECE, p.5-104, 2000.

SOUZA, B.I & SUERTEGARAY, D.M.A. Considerações sobre a Geografia e o Ambiente. **Revista OKARA: Geografia em debate.** v. I, n. l. João Pessoa, 2007.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p.15-20, nov./dez. 2000.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia.** São Paulo, n. 14, 1978.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

VIANA, F.F; CUNHA, F.S.S. Setorização da sub-bacia do Riacho Caioca Sobral/Forquilha – CE. **Revista da casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 17, n. 1, p. 131-143, mar. 2015, Edição especial, http://uvanet.br/rcgs. ISSN 1516-7712 1999, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Todos os direitos reservados.

Avaliação da Disponibilidade de Água no Solo Arenoso para a Cultura do Milho em Cenários de Mudanças Climáticas para a Região de Gerais de Balsas

Fernando José Pereira Ferreira[1]
Samara Bontempo Alves Silva[2]
Karla Karliane Pereira Silva[3]
Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes[4]

Resumo: Um dos principais fatores pelas instabilidades e insucessos das safras agrícolas no Brasil é o clima. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade hídrica para o cultivo do milho frente a mudanças climáticas para a região de Balsas-MA. Utilizou-se o modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, que é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km. Foram obtidas as informações definidas apenas para o estado do Maranhão, avaliando as simulações do clima presente e analisando suas projeções entre 2020 e 2049, considerando dois cenários de emissão um intermediário (mais otimista), o RCP 4.5 e outro pessimista, o RCP 8.5. Para a determinação da disponibilidade hídrica para a cultura do milho, nos cenários atuais e futuro, utilizou-se o programa computacional SARRAZON - Sistema de Análise Regional de Risco Agroclimático. Foram feitas projeções com 7º datas de plantios, portanto abrangeu os meses de outubro a abril para o solo do tipo arenoso. Os dados de projeção apontam que em um período de tempo a deficiência hídrica será a níveis consideráveis, impedindo o desenvolvimento da cultura, tanto nos cenários otimista 4.5 quanto no pessimista 8.5.

Palavras–chave: Balanço hídrico. Evapotranspiração. Temperatura.

1 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro) – Fernando.ferreirafe@gmail.com.

2 Universidade Estadual do Maranhão) – samarabontempo@gmail.com.

3 Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão) – karlakarliane.ps@gmail.com.

4 Universidade Estadual do Maranhão - rhmenezes@yahoo.com.br.

Abstract: One of the main factors behind the instability and failure of agricultural crops in Brazil is the weather. Thus, the objective of this work was to evaluate the water availability for corn cultivation in the face of climate change in the region of Balsas-MA. The Eta regional model, developed at the University of Belgrade, which is operationally employed by the National Centers for Environmental Prediction (NCEP), with a spatial resolution of 20 km, was used. The information defined only for the state of Maranhão was obtained, evaluating the current climate simulations and analyzing its projections between 2020 and 2049, considering two emission scenarios, one intermediate (more optimistic), RCP 4.5 and the other pessimistic, RCP 8.5. To determine the water availability for the corn crop, in current and future scenarios, the computer program SARRAZON - Regional Analysis of Agroclimatic Risk System was used. Projections were made with 7th planting dates, one date each month, therefore ranging from October to April for clay soil. The projection data indicate that over a period of time the water deficit will be at considerable levels, preventing the development of the crop, both in the optimistic 4.5 and the pessimistic 8.5 scenarios.

Keywords: Hydric balance. Evapotranspiration. Temperature.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família *Poaceae*. Conforme Paterniani *et al.* (2000), determina-se que seja a América Central ou o México a região de origem do milho, desenvolvido há 8 ou 10 mil anos. O Brasil é o terceiro maior produtor de milho no cenário mundial, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos. A estimativa é de que a safra agrícola de 2019 deverá totalizar 105,2 milhões de toneladas, uma alta de 1,0% em relação ao resultado de 2018, conforme o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), (IBGE, 2020).

De acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) as mudanças nas temperaturas globais estão sendo ocasionadas cada vez mais pela ação antrópica, e a combustão ou queimas de todos os combustíveis fósseis, de modo que estes continuam sendo os grandes responsáveis por estas alterações, o que o torna uma problemática de caráter global. O relatório aponta ainda que, para manter o aumento médio da temperatura abaixo de 2°C até o ano de 2100, serão necessárias grandes mudanças na matriz energética dos países com

reduções significativas nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) nas próximas décadas (IPCC 2014).

Segundo Castro (2012), a agricultura nordestina possui grande variabilidade, tanto nas culturas exploradas, quanto na tecnologia empregada para a produção agrícola, o que aliado à irregularidade climática, como os anos de secas e chuvas intensas que se alternam de formas erráticas, dificulta o desenvolvimento, levando à deterioração do solo e da água. Isso evidencia uma melhor compreensão do padrão climático das localidades do Nordeste. O método de estimativa do balanço hídrico climatológico (BHC) proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é uma ferramenta de monitoramento de armazenamento de água no solo, largamente utilizada como instrumento de planejamento estratégico agrícola no âmbito do gerenciamento dos recursos hídricos.

Desta forma, esse estudo, será de grande importância para a agricultura da região, permitindo ao produtor um planejamento mais efetivo das atividades no campo no sentido de minimizar os riscos de quebra de safra agrícola. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade hídrica para o cultivo do milho frente a mudanças climáticas para a região de Balsas – MA, em solos do tipo arenoso.

2. Material e métodos

2.1 Localização Geográfica da área de estudo

O município de Balsas/MA está localizado na região Sul do Estado do Maranhão, como mostra a Figura 1, possui com uma população de aproximadamente 83.528 habitantes e extensão territorial de 13.199,7 km.

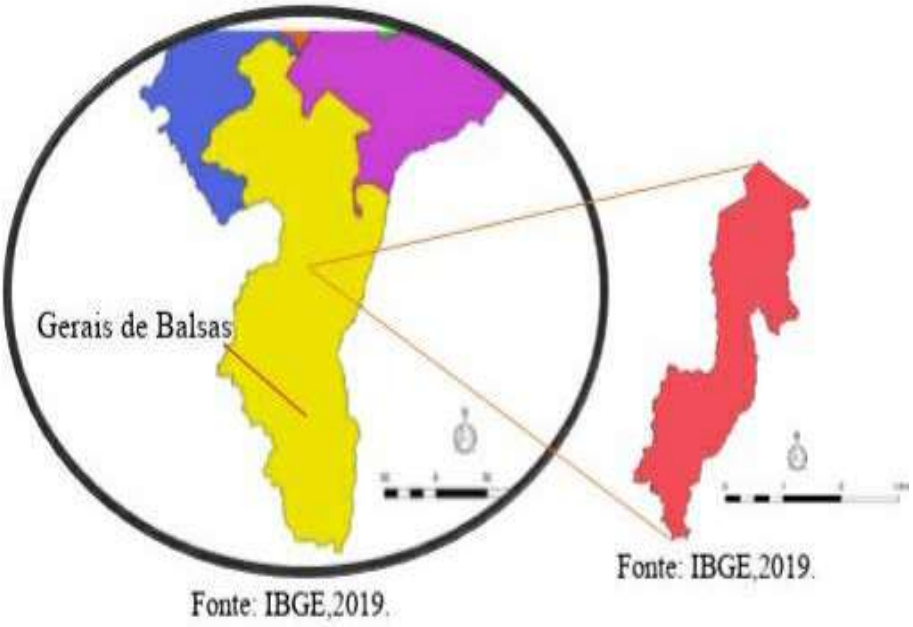


Figura 1. Mapa de localização do município de Balsas/MA

2.2 Projeções de temperatura do ar

Por ser um estudo regionalizado foi utilizado uma versão aprimorada do modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, que é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km lat-lon e 38 níveis verticais, cobrindo a área da América do Sul, América Central e oceanos adjacentes.

O cenário RCP 4.5, aqui considerado como intermediários (mais otimista), compreende uma condição de estabilização da demanda energética mundial, programas de reflorestamento fortes e políticas climáticas rigorosas. Considera ainda, com relação às emissões de gases efeito estufa, a estabilização das emissões de metano, porém com leve aumento das emissões de CO_2 até 2040, com valor máximo atingido de 650 ppm equivalente na segunda metade do século XXI. Por outro lado, o cenário RCP 8.5, aqui considerado como pessimista, considera um futuro com crescimento contínuo da população e desenvolvimento tecnológico lento e acentuadas emissões de CO_2. Em termos de emissões de gases do efeito de estufa, considera a não priorização a redução das emissões, com uma forte dependência de combustíveis fósseis.

2.3 Disponibilidade hídrica para a cultura do milho

Para a determinação da disponibilidade hídrica para a cultura do milho, nos cenários atuais e futuro, utilizou-se o programa computacional SARRAZON - Sistema de Análise Regional de Risco Agroclimático, Baron *et al.*, (1996), que representa um modelo agrometeorológico que interrelaciona clima-solo-cultura. Os principais parâmetros de entrada no programa são:

a. Agroclimáticos: a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial;
b. Solo: Água Disponível - AD e Capacidade de Água Disponível-CAD, determinada pela expressão (1):

$$\mathbf{CAD = AD \times Pe} \qquad (1)$$

Em que Pe corresponde a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do milho. Neste estudo foi utilizado Pe de 40 cm. Foi considerado uma classe textural de solos, segundo (EMBRAPA 2006):

1. Arenoso, com AD = 0,6 mm/cm, o que representa uma CAD = 24 mm;

3. Resultados e discussão

Foi analisada a disponibilidade hídrica para a cultura do milho na classe de solo: Arenoso, para cada data de plantio em diferentes cenários de projeções, além de estabelecer valores de ISNA durante as fases I (semeadura/emergência) em percentual de 45% indicando risco para a cultura e a fase III (floração e enchimento de grãos) com valor de 55% indicando período favorável para a cultura.

3.1 Disponibilidade hídrica para a cultura do milho

3.1.1 Solos de textura arenosa

Para plantios realizados no dia 15 de outubro, conforme mostrado na figura 2 observa-se aumento progressivo da disponibilidade hídrica para o cultivo milho na fase I-semeadura/emergência até o início da fase II-desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo nos três cenários analisados. Entre o início da fase de desenvolvimento vegetativo e o fim da fase de floração e enchimento de grãos há uma estabilidade na disponibilidade hídrica. Na fase IV-Maturação/colheita observa-se aumento da disponibilidade hídrica nos três cenários analisados. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de outubro apresentam restrição hídrica na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, o que pode inviabilizar a semeadura. Haverá também restrição hídrica na fase de floração e enchimento dos grãos considerando a projeção futura para os cenários otimista e pessimista, porém, em relação a climatologia, há disponibilidade hídrica para a manutenção da fase de floração e enchimento de grãos.

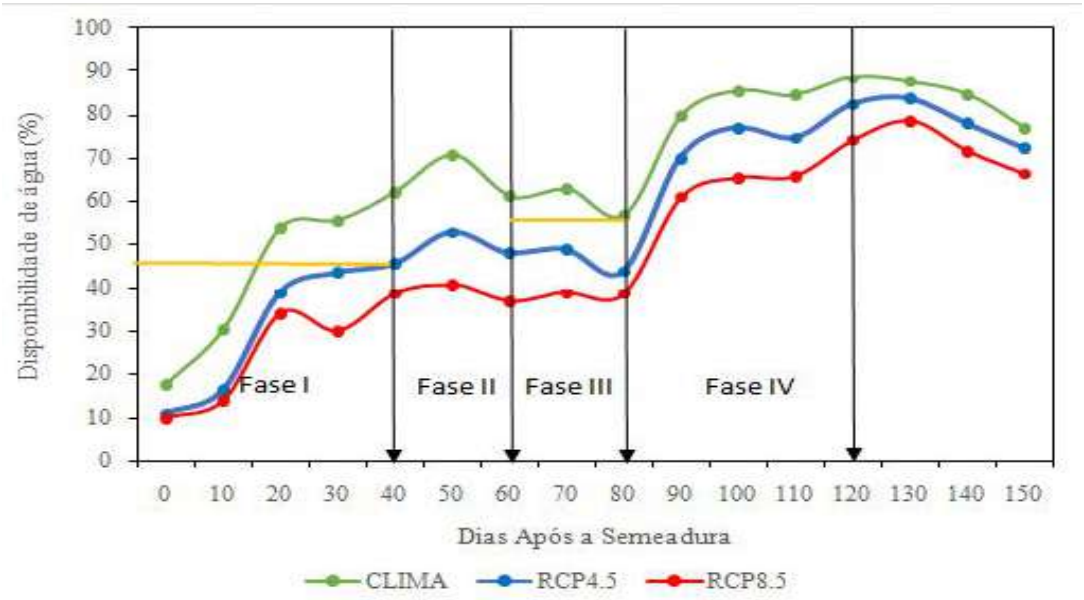


Figura 2 – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de outubro. Fonte: FERREIRA (202

Para plantios realizados no dia 15 de novembro, conforme mostrado na figura 3 observa-se aumento progressivo da disponibilidade hídrica para o cultivo milho na fase I-semeadura/emergência até o início da fase II - desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo nos três cenários analisados.

Entre o início da fase de desenvolvimento vegetativo e o fim da fase de floração e enchimento de grãos percebe-se um declínio na disponibilidade hídrica.

Na fase IV - Maturação/colheita observa-se aumento da disponibilidade hídrica nos três cenários analisados, até o 100° dia após o plantio para os três cenários e novamente observa-se um declínio na disponibilidade hídrica, a medida que avança os dias, não será mais possível o cultivo de sequeiro, portanto pode ser feito o cultivo do safrinha, cujo o ciclo é mais curto. Logo, os plantios realizados no dia 15 de novembro apresentam restrição hídrica na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, nos cenários da climatologia, otimista e pessimista, o que pode inviabilizar a semeadura.

Haverá também restrição hídrica no final da fase de floração e enchimento dos grãos considerando a projeção futura para os cenários otimista e pessimista, porém, em relação à climatologia, há disponibilidade hídrica para a manutenção da fase de floração e enchimento de grãos.

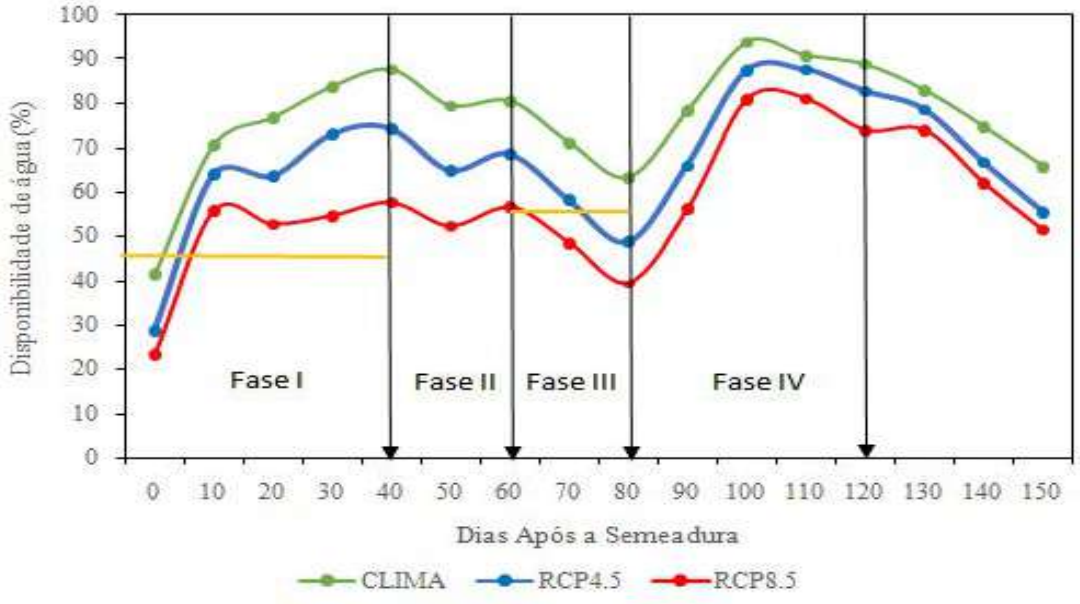


Figura 3 – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de novembro.
Fonte: FERREIRA (2021)

Para plantios realizados no dia 15 de dezembro, conforme mostrado na figura 4 observa-se um aumento da disponibilidade hídrica para o cultivo milho na fase I-semeadura/emergência até o início da fase II - desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo nos três cenários analisados, no entanto no 20º dia após o plantio observa-se um pequeno declínio na disponibilidade hídrica e logo volta a aumentar a disponibilidade hídrica, isso

pode ser explicado como um evento de veranico, faltou água em um dado momento do desenvolvimento da cultura. Entre o início da fase de desenvolvimento vegetativo e o fim da fase de floração e enchimento de grãos há um comportamento de sazonalidade devido à variabilidade temporal das chuvas, o que não afeta os dados de produção do milho para esta data, todavia não seria o ideal para o cenário pessimista.

Na fase IV - Maturação/colheita observa-se aumento da disponibilidade hídrica nos três cenários analisados e depois uma queda na disponibilidade, indicando estiagem. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de dezembro apresentam disponibilidade hídrica na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, o que pode viabilizar a semeadura. Não haverá restrição hídrica na fase de floração e enchimento dos grãos considerando a projeção futura para os cenários otimista e pessimista e, consequentemente, a climatologia também não, porém, já no fim da fase IV a uma queda brusca da disponibilidade hídrica.

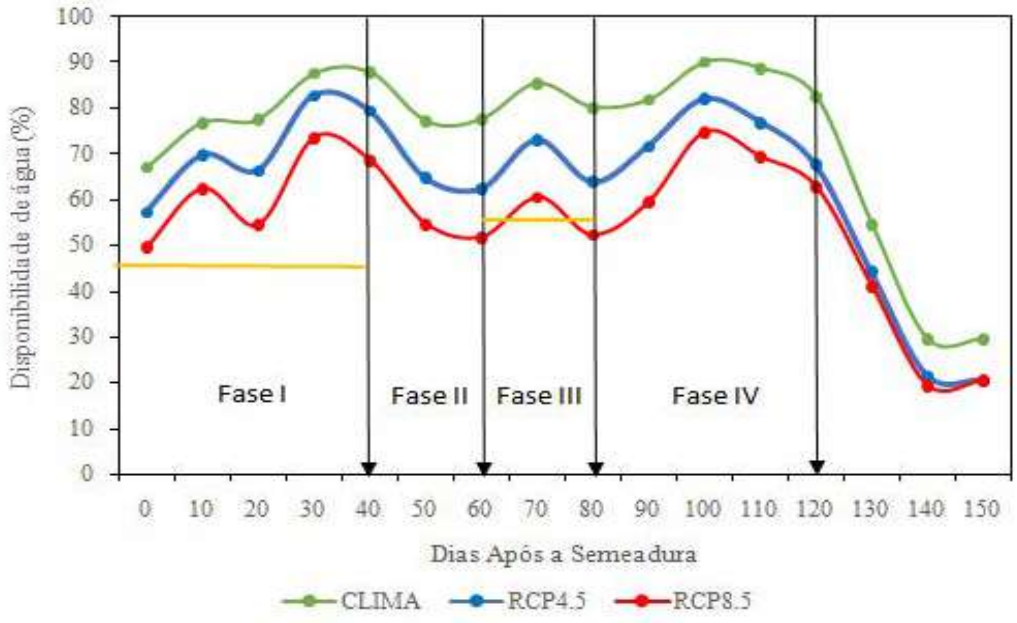


Figura 4 – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de dezembro.
Fonte: FERREIRA (2021)

Para plantios realizados no dia 15 de janeiro, conforme mostrado na figura 5 observa-se um aumento da disponibilidade hídrica para o cultivo milho na fase I-semeadura/emergência até o início da fase II - desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo nos três cenários analisados, no entanto no 20º dia após o plantio observa-se um pequeno declínio na disponibilidade hídrica e logo volta a aumentar a disponibilidade hídrica, isso

pode ser explicado como um evento de veranico faltou água em um dado momento do desenvolvimento da cultura.

Entre o início da fase de desenvolvimento vegetativo e o fim da fase de floração e enchimento de grãos há um comportamento de sazonalidade devido a variabilidade temporal das chuvas, todavia sempre no limite ideal do índice de satisfação das necessidades de água para a cultura. Na fase IV - Maturação/colheita observa-se aumento da disponibilidade hídrica nos três cenários analisados e depois uma queda na disponibilidade, indicando estiagem.

Portanto, os plantios realizados no dia 15 de janeiro apresentam disponibilidade hídrica na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, o que pode viabilizar a semeadura. Não haverá restrição hídrica na fase de floração e enchimento dos grãos considerando a projeção futura para os cenários otimista e pessimista e, consequentemente, para a climatologia também não, porém, já no fim da fase IV a uma queda brusca da disponibilidade hídrica.

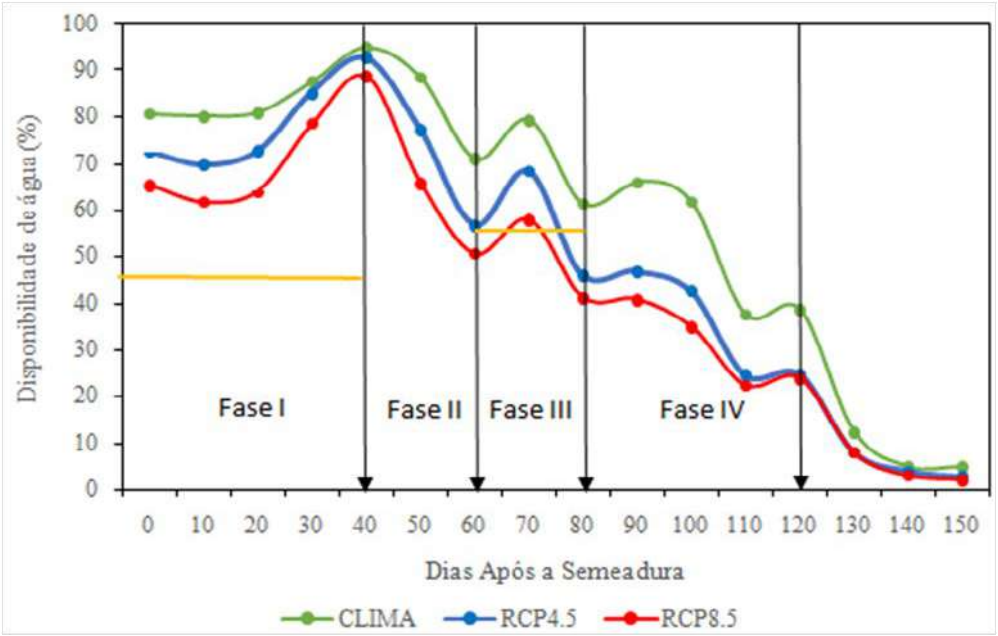


Figura 5 – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de janeiro.
Fonte: FERREIRA (2021)

Para plantios realizados no dia 15 de fevereiro, conforme mostrado na figura 6 observa-se um aumento da disponibilidade hídrica para o cultivo milho na fase I-semeadura/emergência até o início da fase II - desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo nos três cenários analisados, no entanto a partir do início da fase II, nota-se uma queda acentuada da disponibilidade hídrica, tanto na climatologia como nos cenários de projeção,

embora haja está queda acentuada, ainda sim os valores mostrado não acarretará em problemas para a cultura na climatologia.

A partir da metade da fase de floração e enchimento de grãos, os valores mostram que o ISNA está abaixo do ideal para a climatologia e principalmente nos cenários de projeção, o que mostra falta de água em um período importante para a cultura, de modo que o período de enchimento de grãos é considerado o período crítico para as culturas, em termos de dependência de água, segundo Assad *et al.*, (1998).

Na fase IV - Maturação/colheita observa-se deficiência da disponibilidade hídrica nos três cenários analisados, indicando uma forte estiagem. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de fevereiro apresentam disponibilidade hídrica na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, o que pode viabilizar a semeadura e haverá restrição hídrica na fase de floração e enchimento dos grãos e na fase IV considerando os três cenários de projeções. Uma alternativa, seria a implantação da safrinha, tendo em vista um ciclo mais curto.

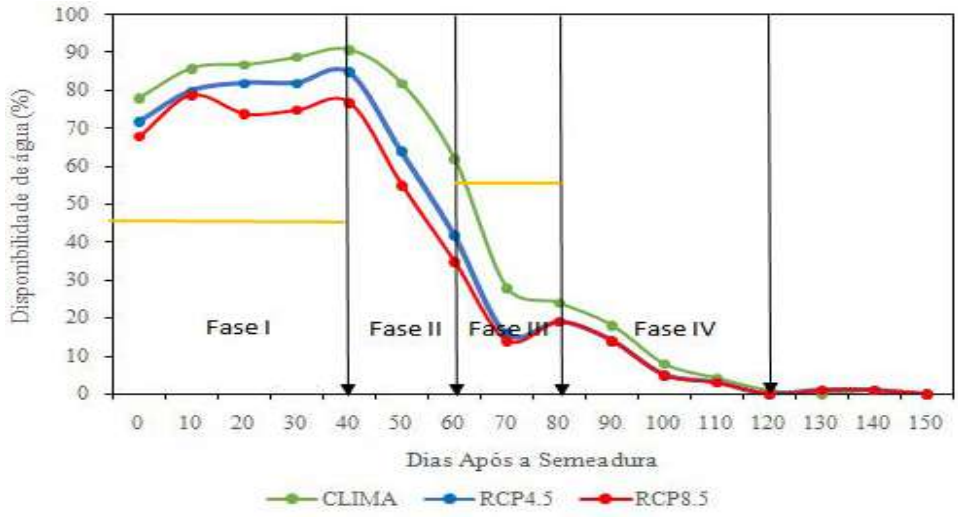


Figura 6 – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de fevereiro.
Fonte: FERREIRA (2021)

Para plantios realizados no dia 15 de março, conforme mostrado na figura 7 observa-se um aumento da disponibilidade hídrica e a partir do 20º dia após o plantio uma pequena queda, que pode ser um veranico, mas logo a disponibilidade hídrica se mantém estável até o início da fase II - desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo, e logo se percebe uma acentuada queda na disponibilidade hídrica, e essa deficiência é vista em todos os estágios da cultura nos três cenários analisados.

No cenário mais pessimista, o 8.5, no início da fase III, os valores do ISNA, é extremamente baixo, o que mostra um forte problema, com o plantio sendo feito em março, não tem água suficiente para prosseguir com o desenvolvimento da cultura. Nesta projeção, e ao final da fase III para a climatologia, é visto da mesma forma, não há água suficiente para o desenvolvimento da cultura nesta projeção, o que indica uma forte estiagem durante este período. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de março apresentam disponibilidade hídrica na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, o que pode viabilizar a semeadura e haverá forte restrição hídrica nas fases II, fase III e na fase IV considerando os três cenários de projeções. O indicado, é fazer uso da safrinha, entrar com tecnologia de irrigação para suprir a necessidade de água.

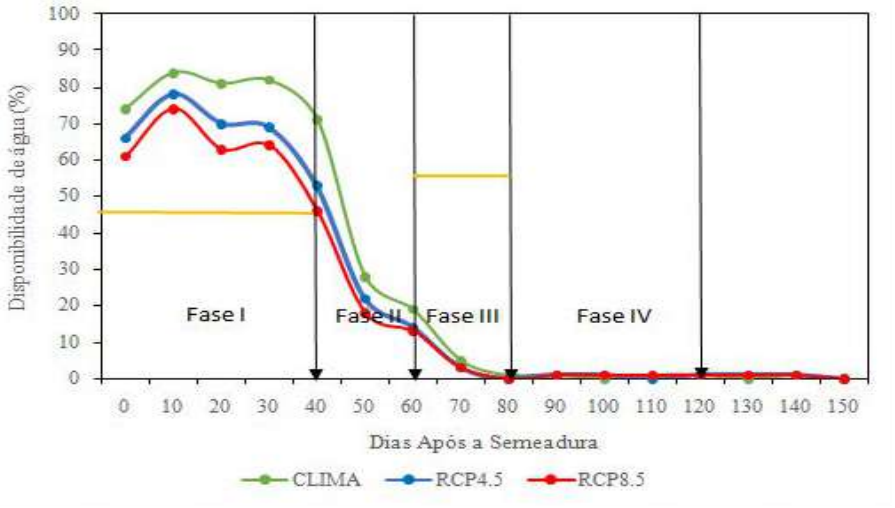


Figura 7 – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de março.
Fonte: FERREIRA (2021)

Para plantios realizados no dia 15 de abril, conforme mostrado na figura 8 observa-se disponibilidade hídrica para a climatologia e o cenário 4.5 e a partir do 20° dia após o plantio observa-se uma quedada disponibilidade hídrica para todos os cenários se mantém por todo o desenvolvimento da cultura com índices de valores do ISNA baixíssimos, o que mostra um forte problema, com o plantio sendo feito em abril, não tem água suficiente para prosseguir com o desenvolvimento da cultura, em todas as projeções, e mostra uma forte estiagem durante este período. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de abril apresentam disponibilidade hídrica até certo ponto para o cenário da climatologia e logo se torna inviável para os outros cenários. Logo o indicado, é fazer uso da safrinha, entrar com tecnologia de irrigação para suprir a necessidade de água.

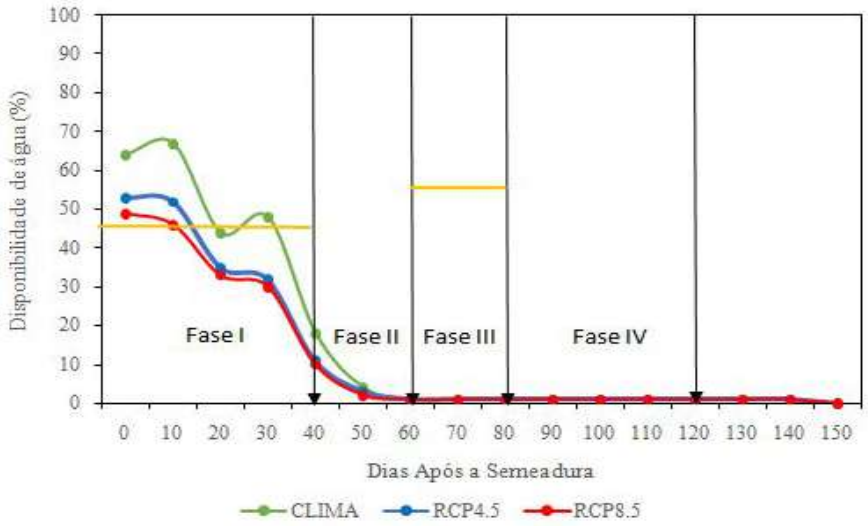


Figura 8 – Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão para plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de abril.
Fonte: FERREIRA (2021)

4. Conclusões

Os dados de projeção apontam que em um período de tempo a deficiência hídrica será a níveis consideráveis, impedindo o desenvolvimento da cultura, tanto nos cenários otimista 4.5 quanto no pessimista 8.5.

Além disso, mostra que existe uma variabilidade dependendo da época de plantio, quanto mais tarde for à época de semeadura, maior será a dificuldade que a cultura terá para se desenvolver, tendo em vista que terá uma menor disponibilidade hídrica na região e dificultará em níveis de produção fora dos padrões exigidos da cultura.

Referências

BARON, C.; Clopes, A.; Perez, P.; Muller, B.; Maraux, F. **Manuels d'utilisation de: SARRAMET** 45p SARRABIL 35p et SARRAZON 29p. Montpellier: CIRAD. 1996

CASTRO, C. N. A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. BRASÍLIA: IPEA, 2012 (Texto para Discussão do IPEA n. 1786).

IBGE – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), 2020. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agenciade-noticias/releases/24363-em-abril-ibge-preve-alta-de-2-2-na-safra-de-graos-de- 2019. Acesso em: 12 out. 2020.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X.; O valor dos recursos genéticos do milho para o Brasil. In. UDRY. C. V.; DUARTE, W.; **Uma história brasileira domilho:** o valor dos recursos genéticos. Brasília: Paralelo 15, 2000.

THORTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance.Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, p. 104.

Ameaças Climáticas e Vulnerabilidades do Abastecimento Hídrico no Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil

Eric Mateus Soares Dias[1]
Rylanneive Leonardo Pontes Teixeira[2]
Zoraide Souza Pessoa[3]

Resumo: Ao entender que as mudanças climáticas impõem riscos à disponibilidade hídrica e que a região semiárida brasileira é bastante vulnerável e suscetível às ameaças climáticas, sobretudo, às secas, objetiva-se, com este artigo, refletir sobre as principais vulnerabilidades do sistema de abastecimento de água no Rio Grande do Norte às ameaças climáticas. Para isso, ancorando-se numa abordagem de natureza qualitativa, utiliza-se da pesquisa documental a partir da análise de dados secundários e da pesquisa de campo através da realização de entrevistas como instrumentos de coleta de dados, para alcançar os resultados. A partir da análise e discussão dos resultados, observa-se que a região semiárida do estado está sujeita às mais diversas ameaças climáticas, as quais expõem o abastecimento humano e os diversos outros setores que já apresentam nuances de sensibilidade (ambiental, social ou econômica). Em síntese, conclui-se que, ainda que a gestão de recursos hídricos do estado tenha evoluído bastante, especialmente quanto, por exemplo, ao desenvolvimento de infraestrutura para o sistema de abastecimento de água, esta problemática no estado ainda necessita da construção e efetivação de políticas públicas mais eficientes, que atenda à complexidade e aos desafios para garantir a segurança hídrica da população, pois, nos períodos de seca, o abastecimento hídrico da maior parte das cidades entra em colapso.

Palavras-chave: mudanças climáticas; recursos hídricos; vulnerabilidades e riscos; região semiárida brasileira.

Abstract: By understanding that climate change poses risks to water availability and that the Brazilian semiarid region is quite vulnerable and susceptible to climate

1 UFRN – ericmateusemsd@gmail.com.

2 UFRN – pontesrylanneive@gmail.com.

3 UFRN – zoraidesp@gmail.com.

threats, especially droughts, this paper aims to reflect on the main vulnerabilities of the water supply system in Rio Grande do Norte to climate threats. For this, anchored in a qualitative approach, it uses documental research from the analysis of secondary data and field research through interviews as data collection instruments, to achieve the results. From the analysis and discussion of the results, it is observed that the semi-arid region of the state is subject to the most diverse climate threats, which expose human supply and the various other sectors that already show nuances of sensitivity (environmental, social or economic) . In summary, it is concluded that, although the management of water resources in the state has evolved a lot, especially regarding, for example, the development of infrastructure for the water supply system, this problem in the state still needs the construction and implementation of more efficient public policies that meet the complexity and challenges of ensuring water security for the population, since, in periods of drought, the water supply of most cities collapses.

Keywords: climate changes; water resources; vulnerabilities and risks; Brazilian semiarid region.

1. Introdução

Os riscos das mudanças climáticas estão cada vez mais concretizados (HOGAN, 2009), representando ameaças para diversos setores da sociedade, como os recursos hídricos, a segurança alimentar, a saúde pública e a biodiversidade, comprometendo a qualidade de vida e o desenvolvimento das atividades econômicas (BARBI, 2014).

Especificamente em relação à problemática dos recursos hídricos, pontua-se que as mudanças climáticas ameaçam diretamente a disponibilidade hídrica devido às alterações no ciclo hidrológico e no regime de chuvas. O setor tem sido fortemente afetado, notadamente pelos impactos na agricultura de subsistência, do agronegócio e da geração de energia hidroelétrica no país. Ademais, as múltiplas situações de vulnerabilidade já existentes nos sistemas, nos setores e nas populações tornam-nos mais susceptíveis aos impactos das mudanças climáticas, como as secas do semiárido do Nordeste do Brasil que deflagram situações de colapsos hídricos e desabastecimentos (FREITAS; SOITO, 2008).

De modo geral, a diminuição da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, influenciados/agravados pelas mudanças climáticas, pode afetar dinâmicas agrícolas, a produção de alimentos, principalmente pelos

agricultores familiares; a qualidade dos ecossistemas; a saúde, com a propagação de doenças de veiculação hídrica; o abastecimento humano e a operação de infraestrutura hídrica (BATES *et al.*, 2008).

Todos esses aspectos apresentam um grau elevado de incertezas para definição das ações a serem tomadas face aos riscos das mudanças climáticas. Com as mudanças climáticas, a gestão de recursos hídricos voltada, por exemplo, ao abastecimento de público torna-se ainda mais complexa. Os efeitos climáticos podem alterar a confiabilidade dos sistemas de água atual, e a gestão de usos e infraestruturas de suprimento (BATES *et al.*, 2008).

No semiárido brasileiro, a problemática da escassez de recursos hídricos que já é desafiadora devido a fatores como a variabilidade climática natural, pelo aumento da demanda e pela falta de manejo e gestão, ganham novos agravantes com o advento do aumento da temperatura média global. Para Marengo (2008), especificamente na área semiárida do Nordeste do país, mais de 70% das cidades com população acima de 5.000 habitantes irão enfrentar uma crise no abastecimento de água para o consumo humano até o ano de 2025.

Para isso, o recorte espacial deste estudo é a região semiárida do Rio Grande do Norte (RN), por se compreender que, no âmbito do estado, é um território com múltiplas vulnerabilidades dos pontos de vista social, ambiental e econômico. É nesse sentido que busca-se, neste artigo, refletir sobre as principais vulnerabilidades do sistema de abastecimento de água público no RN às ameaças climáticas.

Sob esta perspectiva, este artigo está estruturado em três momentos, além desta introdução. A seguir, detalham-se os procedimentos metodológicos adotados com a pesquisa. Posteriormente, discutem-se e analisam-se os resultados obtidos com o artigo. Por fim, as principais considerações sobre as análises e discussões realizadas no transcorrer do artigo.

2. Metodologia

Para atender ao objetivo proposto, a metodologia deste artigo segue as orientações de uma abordagem de natureza qualitativa, por se entender esse tipo de metodologia corrobora para uma melhor compreensão acerca dos fenômenos socioambientais investigados, o abastecimento hídrico e suas principais vulnerabilidades que o tornam mais exposto às ameaças climáticas. Sendo assim, emprega-se, enquanto método de pesquisa, de

um estudo de caso (YIN, 2010) da região semiárida do estado do RN (Figura 01). Para isso, utiliza-se o levantamento bibliográfico, a pesquisa documental e entrevistas para o alcance dos resultados.

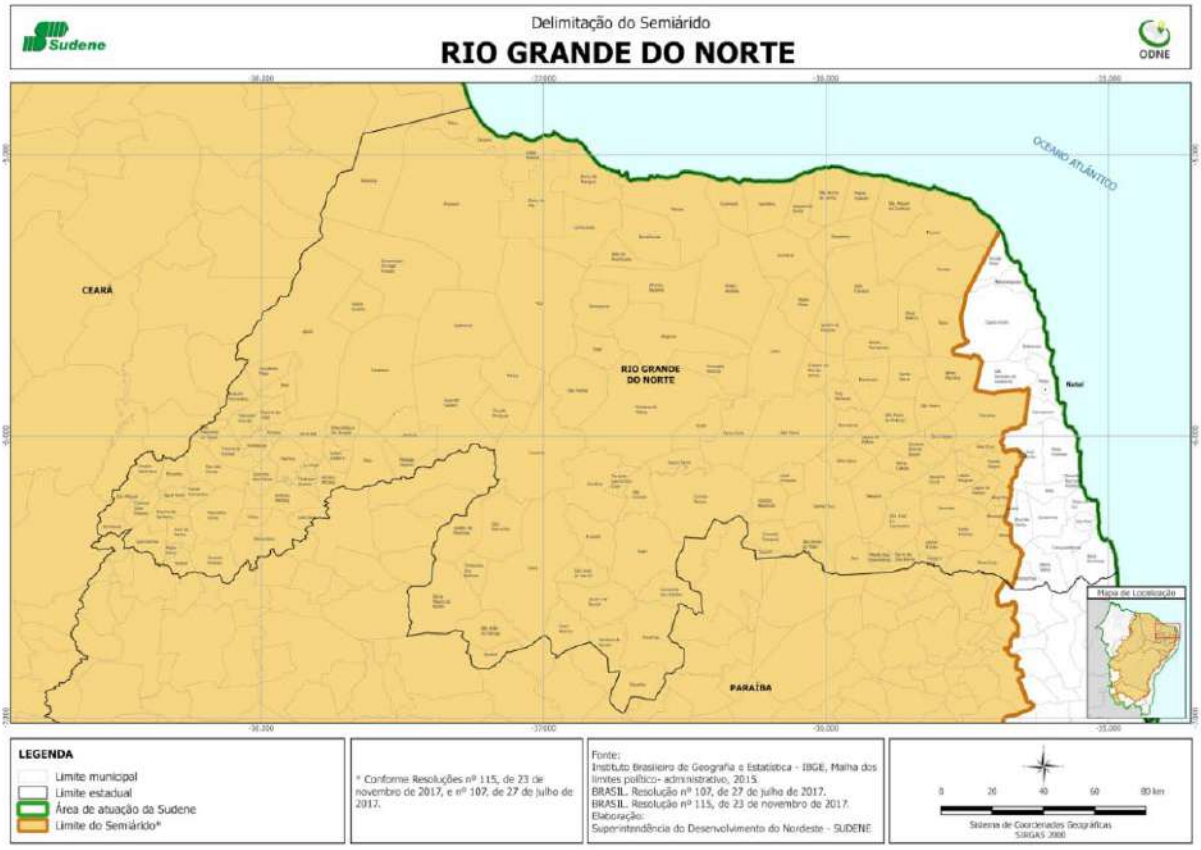


Figura 01 – Mapa de localização geográfica da região semiárida do RN, Brasil.
Fonte: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2017).

Quanto à pesquisa documental, analisam-se dados secundários obtidos através de documentos desenvolvidos e publicados por órgãos como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), ambos vinculados ao Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR); e o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN (IDEMA-RN), vinculado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) do RN.

Esses dados também são obtidos a partir do levantamento bibliográfico realizado, o qual consiste em outro instrumento de coleta de dados desta pesquisa e foi utilizado, de maneira relacionada, nos momentos da introdução e, sobretudo, da análise e discussão dos resultados, tópico em sequência. Esse levantamento aconteceu, em especial, por meio da busca de artigos científicos em indexadores como Portal de Periódicos Capes e

Google Scholar acerca do abastecimento hídrico, e das vulnerabilidades e das ameaças climáticas.

Em relação à pesquisa de campo, foi aplicado um roteiro de entrevistas semiestruturadas com 14 entrevistados, divididos em dois grupos, entre novembro de 2018 e fevereiro de 2020. O primeiro grupo é composto por atores sociais (pesquisadores – pós-graduandos e professores), que desenvolvem ou desenvolveram pesquisas sobre meio ambiente e/ou recursos hídricos, especialmente atreladas à gestão de recursos hídricos do estado. Já o segundo grupo é constituído por atores institucionais (representantes de órgãos públicos – gestores e técnicos), que são de fundamental importância no processo de tomada de decisão sobre a gestão de recursos hídricos do RN.

Cabe destacar que se utilizou da entrevista como instrumento de coleta de dados, pois se compreende que é um mecanismo que possibilita captar a percepção dos atores sociais e institucionais em questão. Entender a percepção desses atores é fundamental para entender como e porquê a elaboração de políticas públicas vêm se dando de determinada maneira. As entrevistas foram gravadas e transcritas, mediante autorização prévia dos entrevistados e assinatura do Registro de Consentimento Livre e Esclarecido (RCLE).

No âmbito deste estudo, por meio da categoria "sensibilidade", analisam-se as principais vulnerabilidades do abastecimento de água no RN, buscando identificar as características intrínsecas atuais (biofísicas ou socioeconômicas) e as características determinantes para que esse sistema (exposto às mudanças climáticas) sofram impactos (BRASIL, 2018). Para isso, foram utilizados dados e referências de alguns estudos sobre ameaças climáticas e seus impactos nesta região. Os dados coletados, através dessas entrevistas e dos dados secundários, são analisados e discutidos no tópico a seguir.

3. Análise e discussão dos resultados

Várias ameaças climáticas associadas à degradação ambiental e à falta de manejo dos recursos hídricos expõem a população da região semiárida do RN aos riscos das mudanças climáticas, afetando, entre outros sistemas, o abastecimento de água. O aumento da temperatura global, o agravamento

de extremos climáticos e o aumento de áreas desertificadas são exemplos dessas situações que agravam os problemas já existentes na região.

Dias e Pessoa (2020) identificaram nove ameaças climáticas que estão impactando e/ou poderão impactar o setor de recursos hídricos na região semiárida do RN: aumento de temperatura, extremos de seca, extremos de chuva, extremos de calor, evapotranspiração, desertificação, incêndios, elevação do nível do mar e perdas de biodiversidade. É nesse sentido que se busca, nesta discussão, refletir sobre as vulnerabilidades do abastecimento de água público, pois, como salientam Turner *et al.* (2003), a compreensão da vulnerabilidade de um setor é fundamental para saber o quão suscetível está/estará às ameaças climáticas.

No RN, os serviços de abastecimento de água são realizados em sua maioria pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN): apenas 12 cidades são abastecidas por Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE); e três são abastecidas tanto pelo SAAE quanto pela CAERN, caracterizando em abastecimento misto (SELVAM, 2017).

Nas cidades onde não há reservatórios, as adutoras transportam a água até eles. No caso do RN, é possível identificar um total de 17 adutoras, totalizando uma extensão de mais de 1600 km de tubulações que atendem a 106 cidades do estado, o que significa, em termos populacionais, o equivalente a uma demanda de 1.200.000 consumidores (TROLEI; SILVA, 2018). Ainda que com essa infraestrutura, o abastecimento no estado passa por momentos de fragilidades, onde a capacidade de abastecimento é excedida e as cidades vivenciam colapsos hídricos e restrições no acesso à água.

O Gráfico 01 apresenta os níveis dos principais reservatórios do estado no período de 2010-2019 (IDEMA-RN, 2019), permitindo observar que, em períodos de baixa precipitação pluviométrica, os reservatórios secam e levam tempo para recuperar os volumes ideais para garantir o abastecimento com segurança. Porém, vale salientar que o armazenamento dos reservatórios varia conforme a sua estrutura hídrica, suas características geométricas e hidroclimáticas, e suas regras de operação que são implementadas (DIAS, 2020).

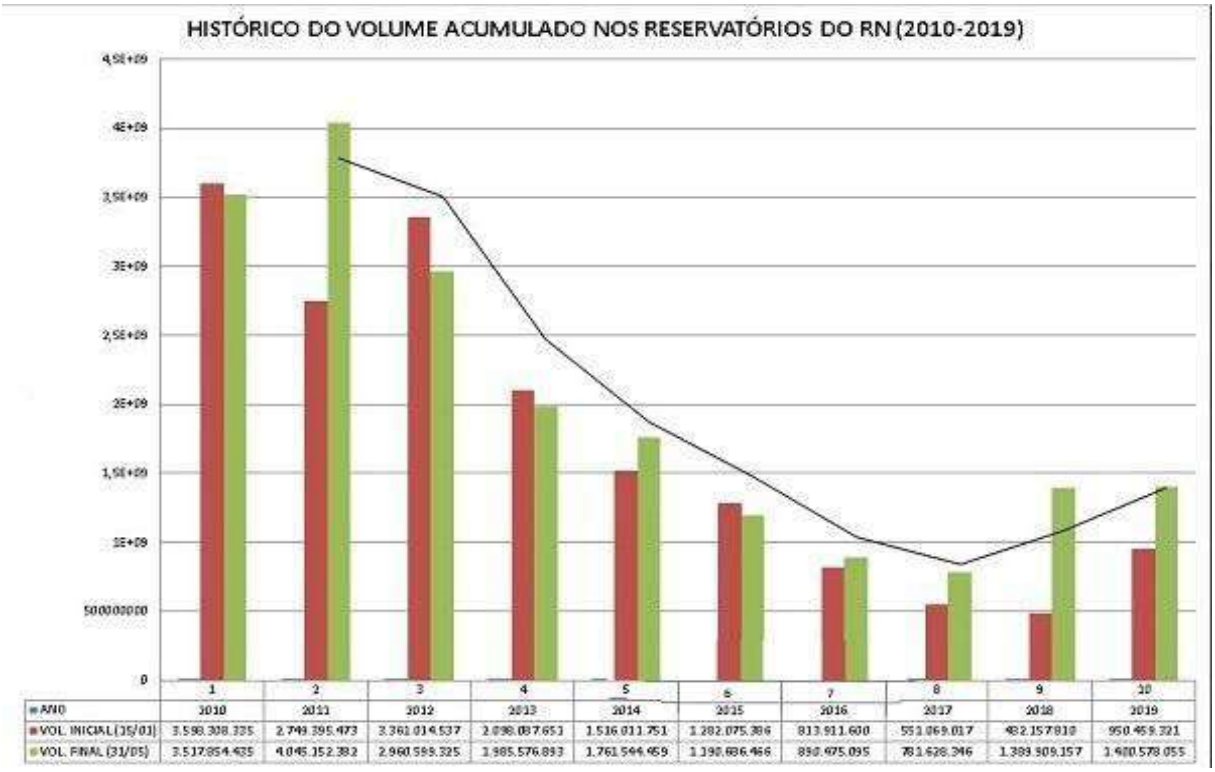


Gráfico 01 – Histórico do volume acumulado nos reservatórios do RN, Brasil (2010-2019).
Fonte: IDEMA-RN (2019).

Nesse sentido, o Gráfico 01 apresenta os níveis dos principais reservatórios do estado no período de 2010-2019 (IDEMA-RN, 2019), permitindo observar que, em períodos de baixa precipitação, os reservatórios secam e levam tempo para recuperar os volumes ideais para garantir o abastecimento com segurança. No entanto, vale salientar que o armazenamento dos reservatórios varia conforme a sua estrutura hídrica, suas características geométricas e hidroclimáticas, assim como pelas regras de operação que são implementadas.

Durante o período de seca 2012-2017, o volume dos reservatórios no RN ficou muito baixo e, apesar dos anos de 2018 e 2019 serem considerados chuvosos em virtude do volume de chuvas que acometeu a região nesse período, os reservatórios não recuperaram totalmente suas capacidades, com algumas cidades continuando sem o abastecimento normalizado. Em 2020, com as chuvas na média, alguns reservatórios recuperaram sua capacidade.

Nos períodos em que as cidades enfrentam colapso hídrico, em geral, a medida adotada é declarar emergência por causa da seca. Uma das estratégias adotadas para prover água para as cidades em colapso e amenizar os efeitos da seca é o uso de carros-pipa para transportar água. O gráfico 02 apresenta o número de cidades que decretaram situação de emer-

gência pela seca durante o período de 2012-2019. Em 2014, dois anos após o início da seca, 159 decretaram emergência. Já em 2019, mesmo com as médias de chuva normalizando, foram 133 cidades com reconhecimento de Situação de Emergência pela seca – suas principais fontes hídricas secaram – pela Defesa Civil nacional, com prazo de vigência dessa condição até março de 2020.

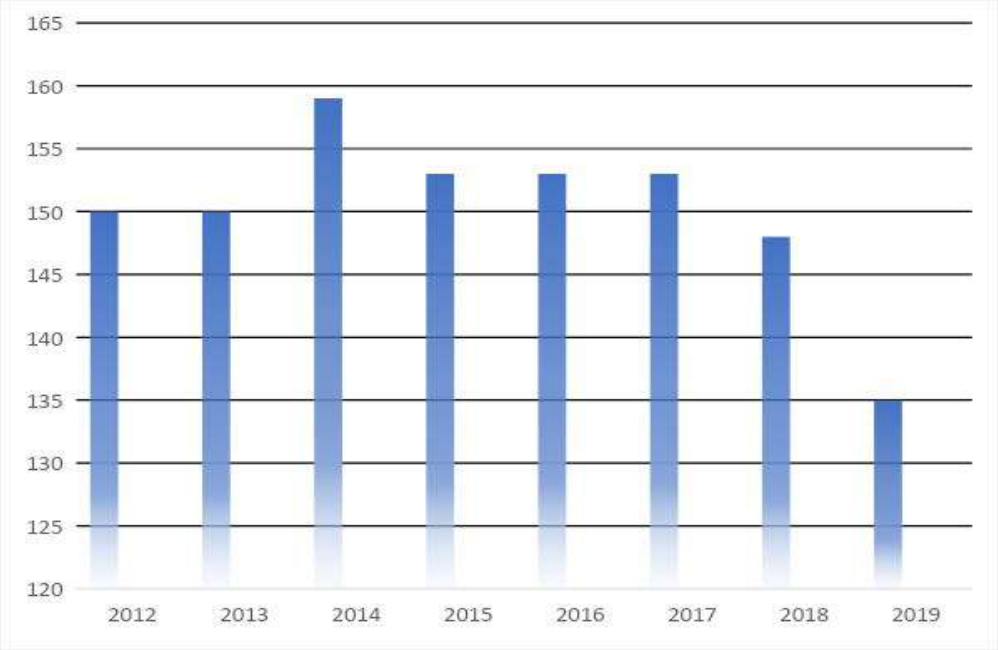


Gráfico 02 – Número de cidades que decretaram situação de emergência de seca no Rio Grande do Norte, Brasil (2012-2019)
Fonte: Dias (2020).

Nesse sentido, o abastecimento foi um sistema mencionado com unanimidade pelos entrevistados que está/estará exposto às ameaças climáticas, pois é um setor que depende diretamente da disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequada para todos. Contudo, esse é um problema já enfrentado no estado, por questões naturais do clima e pela pressão no uso. Os pontos sensíveis citados em comum pelos entrevistados seriam três, a saber: o aumento da demanda; a falta de serviços de saneamento, principalmente de coleta e tratamento de esgoto; e a degradação das nascentes e matas ciliares, que são fundamentais para manutenção da recarga das bacias hidrográficas.

Cabe destacar que, com o aumento da população global e, em especial, a grande concentração da população nos centros urbanos, exigindo mais alimentos, tem-se, por consequência, o aumento da demanda de água. O estado do RN, por sua vez, segue a tendência do país com o aumento da demanda em 24% até 2030, de acordo com as projeções apresentadas no Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019). De acordo

com esse Manual, há um aumento da retirada e do consumo para o abastecimento urbano e para a irrigação no RN.

O déficit hídrico no estado é crônico e, em períodos com estiagem prolongada, além do colapso no abastecimento humano em várias cidades, outros usos com alta demanda no estado são intensamente afetados, como a pecuária, a agricultura e a demanda industrial. A intensa demanda para agricultura irrigada e as perdas da água captada limitam a chegada de água em algumas cidades, como indica o Ator Institucional 04 (2019): "Aqui no estado temos a Barragem Armando Ribeiro que pereniza a água do rio no Baixo Açu, mas [...] a retirada de água para os grandes projetos de irrigação, principalmente, a fruticultura acaba comprometendo a disponibilidade de água para o abastecimento".

Na esteira dessa discussão, pontua-se que outro fator que agrava o déficit hídrico no estado é a degradação ambiental que ameaça os mananciais. Uma evidência sobre isso pode ser visualizada a partir de dados do SNIS, os quais mostram que o atendimento à população com água potável ainda não chega a 80% (BRASIL, 2017), que é a média do país. Todavia, o mais preocupante é a coleta e o tratamento dos esgotos, que correspondem, respectivamente, a 23,4% e 30,3% (BRASIL, 2017).

Corroborando com o Santiago (2018) pontua sobre um dos maiores problemas ser o efluente descartado sem o devido tratamento, os dados do Atlas da ANA (BRASIL, 2017) apontam que, para o RN, cerca de 80,17 mil m^3 de esgoto são gerados por mês, dos quais 37,79 mil m^3 de esgoto são descartados no ambiente sem qualquer tratamento, o que resultado em 47,13% do total. Vale ressaltar que esses índices se tornam ainda mais preocupantes nas cidades inseridas na região semiárida, em que o acesso a água é mais restrito (RODRIGUES *et al.*, 2018). De acordo com estes autores, nessa região, é predominantemente os corpos hídricos que têm características de capacidade nula de diluição de esgotos.

Um setor que é bastante acometido pelo desabastecimento hídrico no RN é o de cidades, sendo frequentemente mencionado nas entrevistas. Nesse contexto, os interlocutores entrevistados consideram, entre outros fatores, o aumento dos extremos de seca; as inundações causadas pelas chuvas torrenciais, apontando que a impermeabilização e a falta de infraestrutura de drenagem urbana para escoamento das águas das chuvas são insuficientes; e a disposição inadequada de resíduos sólidos, pontuando que é um dos motivos para pontos de inundação.

A CAERN confirmou que, em 2016, o estado esteve com 22 cidades em colapso (abastecimento cortado), 17 em nível muito crítico (reservatório no volume morto) e 27 em nível crítico (reservatório com nível abaixo da capacidade) (FRANÇA; MORENO, 2017). Estes autores, utilizando-se de dados da Defesa Civil do RN (2016), especializam esses dados, observando que as cidades da mesorregião do Oeste Potiguar são as mais afetadas pelo desabastecimento. Nesse viés, o Ator Social 07 (2019) assinala que "As cidades demoram um pouco mais a sentir os efeitos de um colapso hídrico, mas acaba sofrendo também, como foi visto nessa última grande seca". O entrevistado reforça essa situação exemplificando que, por exemplo, "a cidade de Currais Novos e outras enfrentaram um grande colapso hídrico, tinha cano, tinha tubulação, tinha a estrutura, mas não tinha água".

A degradação das nascentes (afloramentos superficiais dos aquíferos que dão origem a cursos de água) também compromete a disponibilidade hídrica. Estudos como o de Bezerra *et al.* (2008) e Neres (2014) apresentam o grau de ocupação e conservação de algumas nascentes no Estado. Mais recentemente, por meio do projeto "Plantadores de Água", executado pela SEMARH, foi elaborado um diagnóstico das nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró (BHRAM), onde foram identificadas 63 nascentes e seu estado de preservação. As principais conclusões do diagnóstico é que 59 nascentes foram enquadradas como ambientalmente frágeis, devido a influências antrópicas como utilização do afloramento para dessedentação de animais, abastecimento rural, práticas agrícolas no entorno, falta de mata ciliar, poços perfurados, bombas de sucção e até mesmo para fins turístico e de lazer (RIO GRANDE DO NORTE, 2018).

O Ator Social 01 (2019) aponta que "as nascentes estão alteradas... A proximidade da comunidade e suas atividades diminuíram o fluxo da água. Alguns deles relataram que a quantidade de poços diminui a água. Também diminui a qualidade, pois muitas nascentes estão próximas a lixões, criação de animais". O Ator Social 02 (2019), por sua vez, faz a seguinte reflexão: "São Miguel tem 12 nascentes e quando há seca no estado, é a primeira cidade que entra em colapso hídrico. Como é que uma cidade com 12 nascentes precisa ser abastecida por carro-pipa e ainda por outro estado? Que a água vem do Ceará" .

Outro problema recorrente é a ocupação nas Áreas de Preservação Permanente (APP) de margens de rios e outros mananciais (MORAIS; SILVA, 2007; MOURA; OLIVEIRA, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2012), que degradam, sobretudo, a mata ciliar, que atualmente é pouco encontrada ao longo das

margens dos rios nas bacias hidrográficas do semiárido potiguar. Como menciona o Ator Social 07 (2019), "aqui no estado é muito recorrente a ocupação de áreas de preservação permanente, as APPs, porque onde tem água, quando tem água aqui no interior do estado, as pessoas querem utilizar água para produção, geralmente de comida.

A mata ciliar dá espaço a edificações irregulares, práticas agropecuárias e extração de madeira. "A ocupação de áreas de preservação permanente, como nascentes e matas ciliares, aqui no estado é bastante preocupante, porque polui, degrada e compromete diretamente a qualidade da água que já escassa na região (ATOR SOCIAL 02, 2019). Desta forma, um ponto prioritário relacionado à gestão de recursos hídricos é a recuperação de seus corpos hídricos e de seus ecossistemas.

Contudo, assim como nos outros Estados do Nordeste, é possível observar no RN, que a maior parte das soluções para déficit hídrico visam aumentar a oferta de água, com médias e grandes obras para armazenar e distribuir água (barragens, adutoras e canais). Outras soluções essenciais são negligenciadas como, a educação para o uso racional da água e o cuidado com o meio ambiente e os mananciais, tendo em vista a carência de serviços de saneamento, a supressão vegetal das matas ciliares, entre outros. Como bem salienta Puga (2018), não dá para continuar tratando a água como uma simples mercadoria que pode ser transportada de um lugar para outro e que sempre terá como aumentar a oferta buscando água mais longe.

Em síntese, a análise e discussão dos resultados mostra como a região semiárida do RN está sujeita a diversas ameaças climáticas, que expõem o abastecimento humano e diversos outros setores, que já apresentam intrinsecamente nuances de sensibilidade, seja do ponto de vista ambiental, social ou econômico, conforme apresentado e reforçado no tópico em sequência das conclusões.

4. Conclusões

Posto que o abastecimento hídrico na região semiárida do RN é bastante vulnerável e suscetível às mudanças climáticas, pontua-se que, ainda assim, a gestão de recursos hídricos no estado do RN já evoluiu bastante, principalmente, no que diz respeito ao desenvolvimento de infraestrutu-

ra para o sistema de abastecimento, bem como em aspectos voltados para o fortalecimento do sistema de gestão.

No entanto, com um olhar direcionado especificamente sobre o abastecimento humano, os resultados desse estudo apontam, em termos gerais, que a problemática do abastecimento de água no RN demonstra o quão o estado requer de uma gestão de recursos hídricos mais eficiente, que busque atender à complexidade e aos desafios para garantir a segurança hídrica da população, em particular, pelos impactos revelados durante o último período de seca vivenciado.

Apesar de ser um recurso de domínio Federal e Estadual, e que nesses níveis de governo são elaboradas as leis e instrumentos para gerir os recursos hídricos, vale ressaltar que as cidades desempenham um papel importante, principalmente, na preservação do meio ambiente e na manutenção da qualidade dos mananciais dentro de seus limites. Também cabe recordar que as cidades são peças-chave na diminuição das vulnerabilidades dos sistemas expostos às ameaças climáticas apresentados anteriormente.

Nesse sentido, considera-se que este artigo consegue atingir o objetivo proposto na introdução à medida que consegue promover uma reflexão a respeito das principais vulnerabilidades do sistema de abastecimento de água do RN às ameaças impostas pelas mudanças climáticas. Com isso, salienta-se que esta análise dá subsídios para refletir o quão a gestão de recursos hídricos no estado no RN negligencia a conservação e preservação dos ecossistemas, dos mananciais e da qualidade ambiental como um todo.

5. Referências

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **MANUAL DE USOS CONSUNTIVOS DA ÁGUA NO BRASIL**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: file:///C:/Users/NOTE/Downloads/ANA_Manual_de_Usos_Consuntivos_da_Agua_no_Brasil.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

ARAÚJO, D. R. *et al.* Estudo da área de preservação permanente do rio Mossoró no sítio urbano de Mossoró-RN por meio de técnicas de geoprocessamento. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 177-183, 2012.

BARBI, F. **Governando as mudanças climáticas no nível local:** riscos e respostas políticas. 2014. 282f. Tese (Doutorado em Ambiente e Sociedade) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BATES, B. C. *et al.* Climate Change and Water. **Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC: Secretariat, Geneva, 2008, 210 p. Disponível em: http://41.73.194.134/bitstream/handle/123456789/552/climate-change-water-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 out. 2021.

BEZERRA, J. M. *et al.*. Zoneamento ambiental das áreas de preservação permanente do município de Martins, RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 1, n. 5, p. 113-122, dez. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Método de Análise Participativa de Risco à Mudança do Clima**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, 2018. Disponível em: https://cooperacaobrasil-alemanha.com/Mata_Atlantica/Analise_Risco_Mudanca_Clima/Analise_Risco_%20Mudanca_Clima.pdf. Acesso em: 18 set. 2019.

BRASIL. Sistema Nacional de Indicadores sobre Saneamento – SNIS. **Painel de informações sobre saneamento**. Brasília: SNIS, 2017. Disponível em: http://www.snis.gov.br/painel-informacoes%20saneamento-brasil/web/. Acesso em: 15 mar. 2020.

DIAS, E. M. S. **MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RECURSOS HÍDRICOS:** PERCEPÇÕES SOBRE RISCOS CLIMÁTICOS E CAPACIDADE ADAPTATIVA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL. 2020. 137f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S. Percepções sobre os riscos das mudanças climáticas no contexto da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 619-643, 2020.

FRANÇA, J. M. F. de; MORENO, J. C. Uma reflexão sobre os impactos causados pela seca no Rio Grande do Norte de 2012 a 2016. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 213-232, 2017.

FREITAS, M. A.; SOITO, J. L. S. Energia e recursos hídricos: vulnerabilidade, impactos e possibilidades de adaptação da energia hidroelétrica no Brasil às mudanças climáticas globais. **Parcerias Estratégicas**, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, n. 27, p. 177-216, 2008.

HOGAN, Daniel J. População e mudanças ambientais globais. *In:* HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR., E. (Orgs.). **População e mudanças climáticas:** Dimensões humanas das mudanças ambientais globais. NEPO/Unicamp. Brasília: UNFPA, 2009.

IDEMA-RN – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Anuário estatístico 2019**. Natal: IDEMA, 2019. http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=1357&ACT=null&PAGE=0&PARM=null&LBL=Socioecon%C3%B4micos. Acesso em: 15 set. 2021.

MARENGO, J. M. Water and climate change. **Estudos Avançados**, v. 22, p. 83-96, 2008.

MORAIS, L. S. de; SILVA, P. C. M. da. Análise do Processo de Verticalização na Área Urbana do Município de Mossoró-RN: aspectos jurídicos e ambientais. **Revista Verde De Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, p. 171-182, 2007.

MOURA, M. da C. F.; OLIVEIRA, L. C. S. de. Breve análise dos impactos ambientais urbanos em Mossoró/RN. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 6, n. 12, 2010.

NERES, S. C. T. **Nascentes da Região Serrana de Martins e Portalegre, Rio Grande Do Norte:** Aspectos Hidrodinâmicos e Macroscópicos Como Subsídio à Conservação. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró.

PUGA, B. P. **Governança dos recursos hídricos e eventos climáticos extremos**: a crise hídrica de São Paulo. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP, 2018.

RIO GRANDE DO NORTE – RN. **Projeto Plantadores de Água:** Diagnóstico das Nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró. Natal: SEMARH, 2018. Disponível em: http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/DOC/DOC000000001891 53.PDF. Acesso em: 01 out. 2021.

RODRIGUES, L. C. *et al.* Cartografia do saneamento básico do Rio Grande do Norte. **Confins, Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 34, 2018.

SANTIAGO, G. dos R. **Impacto da cobertura de saneamento básico na incidência de doenças e nos gastos com saúde pública no Estado do Rio Grande do Norte**. 2018. 49 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SELVAN, T. S. S. **Análise dos Desafios e da Conjuntura atual do Abastecimento de Água no Estado do Rio Grande do Norte**. 2017. TCC (Graduação em Engenharia Civil) –Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOUZA, J. L. de *et al.* A cartografia da água: a logística da operação carro-pipa no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *In:* TEIXEIRA, R. L. P. (org.). **Problemas socioambientais emergentes:** contribuições teóricas e práticas. Bauru: Gradus Editora, p. 69-83, 2021.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Nota Técnica Nº 05/2017/CGDS/DPLAN/SUDENE**. Recife: SUDENE, 2017, 5 p. Disponível em: http://antigo.sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/riograndedonorte-delimitacaosemiarido-dezembro2017.jpeg. Acesso em: 1 out. 2021.

TROLEI, A. L.; SILVA, B. L. da. Os recursos hídricos do Rio Grande do Norte: uma análise da vulnerabilidade territorial ao colapso no abastecimento de água. **Confins, Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 34, 2018.

TURNER, B. L. *et al.* A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 100, n. 14, p. 8074-8079, 2003.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

Gestão dos recursos hídricos na Amazõnia legal: desafios do comitê de bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu Manaus/AM/Brasil. Uma análise a partir da visão do poder público, sociedade civil e usuários

Solange Batista Damasceno[1]
Joecila Santos da Silva[2]
José Camilo Ramos de Souza[3]
Francisco Emerson Vale Costa[4]

Resumo: O Estado do Amazonas regulamentou em 2009, o Comitê de Hidrográfica do rio Tarumã-Açu, sendo o primeiro comitê instituído na Amazônia Legal, evidenciando a dificuldade regional de aplicação desse modelo de gestão das águas, modelo esse bem sucedido entre outras regiões do país, a exemplo da região Sudeste, Sul e Nordeste. Assim, objetivo central deste artigo é apresentar os desafios do Comitê de Bacia rio do Tarumã-Açu na visão do poder público, usuários e representantes da sociedade civil. Para obter informações acerca da realidade do Comitê, o instrumento de coleta de dados primários utilizado foi o trabalho de campo que possibilitou a realização de 32 entrevistas estruturadas, com 32 atores sociais que moram, trabalham ou fazem lazer na bacia do hidrográfica do rio Tarumã-Açu. Também foi realizada pesquisa documental em materiais bibliográficos depositados nos arquivos do Comitê de Bacia Hidrográfica e nos acervos de órgãos da esfera federal e estado do Amazonas ligados a gestão dos recursos hídricos. As análises das informações permitiram uma reflexão sobre o processo de gestão do Comitê, sua importância de fortalecimento institucional e a necessidade de sua atuação diante dos desafios particulares desta bacia.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Amazônia Legal e Tarumã-Açu.

1 UFAM - bio.solange@yahoo.com.br.

2 UEA - jsdsilva@uea.edu.br.

3 UFAM - camilodesouza@gmail.com.

4 UEPA - emersonnvale@uepa.br.

Abstract: In 2009, the State of Amazonas regulated the Hydrographic Committee of the Tarumã-Açu River, being the first committee established in the Legal Amazon, highlighting the regional difficulty in applying this water management model, a successful model among other regions of the country, like the Southeast, South and Northeast regions. The objective outlined for the article is to present the challenges of the Tarumã-Açu River Basin Committee in the view of the public authorities, users and representatives of civil society. To obtain information about the reality of the Committee, the primary data collection instrument used was fieldwork, which made it possible to conduct 32 structured interviews with 32 social actors who live, work or play in the Tarumã-Açu river basin. Documentary research was also carried out on bibliographic materials deposited in the archives of the Hydrographic Basin Committee and in the collections of organs of the federal and state of Amazonas linked to the management of water resources. The analysis of the information allowed a reflection on the management process of the Committee, its importance for institutional strengthening and the need for its performance in the face of the challenges of this basin.

Keywords: Hydrographic Basin; Legal Amazon and Tarumã-Açu.

1. Introdução

No Brasil, a partir da década de 1980, a gestão dos recursos hídricos tem-se tornado um importante elemento das políticas públicas, sendo que a bacia hidrográfica foi adotada pela Lei n° 9.433/1997, como unidade territorial para a implementação da PNRH e atuação do SINGREH. Nesta concepção, os princípios da descentralização, participação e integração têm se constituído na base sobre a qual se fundamentam os princípios da gestão dos recursos hídricos.

Neste contexto, a grande inovação do modelo de gestão adotado pela Lei nº 9.433/1997 foi a criação na base institucional do sistema, de novos organismos, tais quais os Comitês de Bacia Hidrográfica, com área de abrangência territorial diversa da divisão político-administrativa do País. Os Comitês de Bacia Hidrográfica - CBHs, que são considerados os "Parlamentos das Águas": têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, por meio da implementação dos instrumentos técnicos de gestão, da negociação de conflitos e da promoção dos usos múltiplos da água na bacia hidrográfica.

O primeiro comitê de bacia hidrográfica legalmente constituído no Brasil foi o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, que surgiu justamente na efervescência da Assembleia Nacional Constituinte, em 1988. A partir de 1997, com a Lei das Águas, houve aumento considerável no número de comitês instalados em bacias hidrográficas de rios de domínio estadual. É importante notar a distribuição geográfica dos comitês instalados no Brasil, onde ocorre uma concentração, principalmente, nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste, podendo este fato estar relacionado à existência de conflitos e de indisponibilidade de água, causados por restrições quantitativas e/ou qualitativas nestas regiões.

Conforme a ANA, até 21/12/2019 existiam 10 comitês interestaduais de bacia hidrográfica instalados no Brasil, sendo: *a)* CBH do Rio Piranhas Açu; *b)* CBH do Rio São Francisco; *c)* CBH do Rio Verde Grande; *d)* CBH de Rio Paranaíba; *e)* CBH de Rio Doce; *f)* CBH do Rio Paranapanema; *g)* CBH de Piracicaba, Capivarí e Jundaí; *h)* CBH de Paraíba do Sul; e*)* CBH do Rio Grande e o *f) C*BH do Rio do Parnaíba.

E dos 222 comitês de bacias hidrográficas instalados em rios estaduais, apenas treze se localizam na Região Norte. Sendo dois (02) no Estado do Amazonas: *a)* CBH do Rio Tarumã-Açu; *b) CBH do* Rio Puraquequara. Nesse sentido, cabe destaque ao Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu, como sendo o primeiro comitê de bacia hidrográfica criado na Amazônia Legal, o qual é objeto de análise deste artigo.

No entanto, é importante mencionar que no mesmo período, no qual os dados sobre os comitês estaduais foram obtidos através do site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), O Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas que constitui uma instância colegiada formada pelo conjunto dos Comitês de Bacias Hidrográficas legalmente instituídos no âmbito do Sistema Nacional e dos Sistemas Estaduais de Recursos Hídricos existentes no território brasileiro, informou que atualmente há 246 comitês estaduais. Com destaque para a criação em 2019 do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (CBHRM), situada na Costa Atlântica-Nordeste do Pará, o primeiro do Estado.

Deste modo, uma vez que se trata de uma experiência pioneira de gestão dos recursos hídricos na Amazônia, em particular, do Estado do Amazonas, moldado dentro do marco legal federal (Lei n° 9.433/1997) e estadual (Lei nº 3.167/2007) esse artigo visa constituir uma produção de conhecimento voltada para compreensão a partir da visão do poder público, sociedade civil e usuários dos desafios do Comitê de Hidrográfica do rio

Tarumã-Açu considerando as particularidades desta porção do território brasileiro, a Amazônia Legal. Importante ressaltar que a discussão de gestão de bacias por comitês conforme previsto nas legislações federal e estaduais apresenta um quadro de dificuldades para implementação desse instrumento de gestão, na Amazônia Legal, que se expressa no número de comitês criados nos estados desta região, o que contrasta com outras realidades regionais brasileiras.

De acordo com o Banco Mundial (2018), são os estados dessa região que adotaram mais tarde suas leis das águas e, comparados ao restante do país, criaram poucos comitês e tem um dos mais baixos níveis de implementação dos instrumentos de gestão hídrica.

Desta forma, é possível mencionar que em relação a região norte há uma maior dificuldade de aplicação do modelo de gestão das leis das águas, modelo esse bem sucedido entre outras regiões do país, a exemplo da região Sudeste, Sul e Nordeste, onde a gestão de bacias hidrográficas por comitês se encontra em estágio bem mais avançado em relação à região Norte, e particularmente no Estado do Amazonas, em que até o presente momento há dois comitês criados.

Neste contexto, o Brasil, conta hoje com diversos comitês de bacia hidrográfica criados em rios de domínio da União e dos estados, em estágios variados de implementação. Entretanto, Mascarenhas (2005) ressalta a necessidade de se estar atento para o fato de que a mera ampliação numérica desses organismos, por si só, não garante uma efetiva ação, tampouco uma participação eficiente da sociedade da bacia hidrográfica na gestão dos recursos hídricos. Ao contrário, caso não funcionem adequadamente, tais comitês podem desgastar o processo participativo e gerar descrença por parte da sociedade.

2. Metodologia

Os procedimentos metodológicos adotados foram a pesquisa bibliográfica sobre gestão dos recursos hídricos, com ênfase a realidade regional, em particular ao estado do Amazonas. A pesquisa documental para verificar os dados sobre a legislação dos recursos hídricos na esfera federal e dos estados, com destaque para implementação dos instrumentos previstos. Produção cartográfica sobre a bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu,

a partir da espacialização de dados obtidos em trabalho de campo, tendo como instrumentos de coleta de dados, questionários semiestruturados, aplicados através de entrevistas em 32 pontos da bacia hidrográficas (Figura 01) realizadas principalmente com os representantes e moradores das comunidades presentes no recorte de estudo, e levantamento fotográfico em campo como forma de coletar dados.

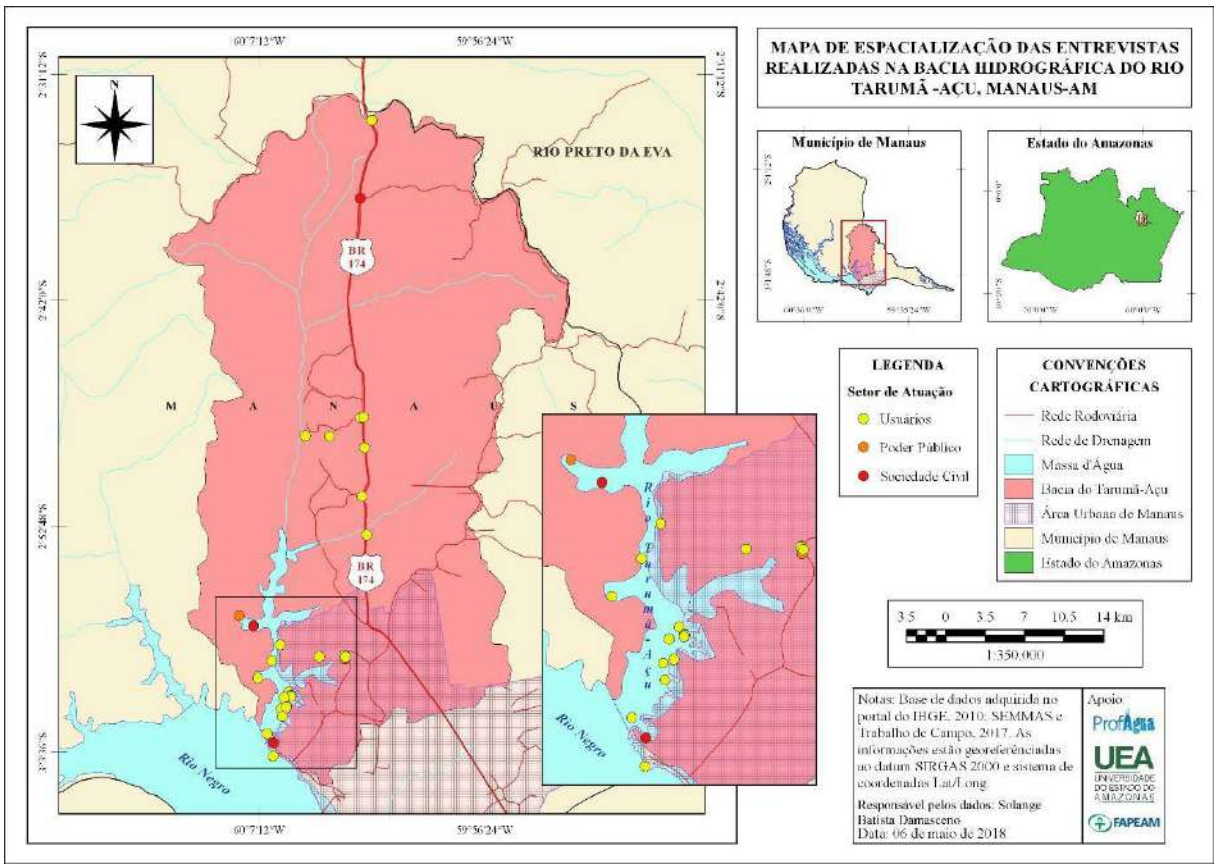


Figura 01: Espacialização da pesquisa na Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu.
Fonte: Galeria dos autores (2020)

A pesquisa tem caráter qualitativo, por buscar analisar os desafios do comitê de bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu Manaus/AM/Brasil a partir da visão do poder público, sociedade civil e usuários. De acordo com Minayo (2002) ao apresentar o caráter quantitativo a pesquisa, através de dados obtidos por meio de representações matemáticas foi possível compreender uma realidade integrada por ambas abordagens que complementa uma interação dinâmica entre os dados

3. Resultados e Discussão

3.1 A bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu e o Comitê de Bacia hidrográfica

A área da bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, está localizada nas zonas Norte e Oeste do Município de Manaus. O principal curso d'água é o Rio Tarumã-Açu, que é um tributário pela margem esquerda do Rio Negro (Figura 02) e possui uma área total de 133.756,40 hectares, o que corresponde a 16% da área territorial do município de Manaus. Nesta área concentra-se uma população urbana aproximada de 496.158 habitantes o que representa uma densidade demográfica de 44 hab/ha. Além disso, esta bacia hidrográfica tem a peculiaridade de estar localizada totalmente dentro do território do município.

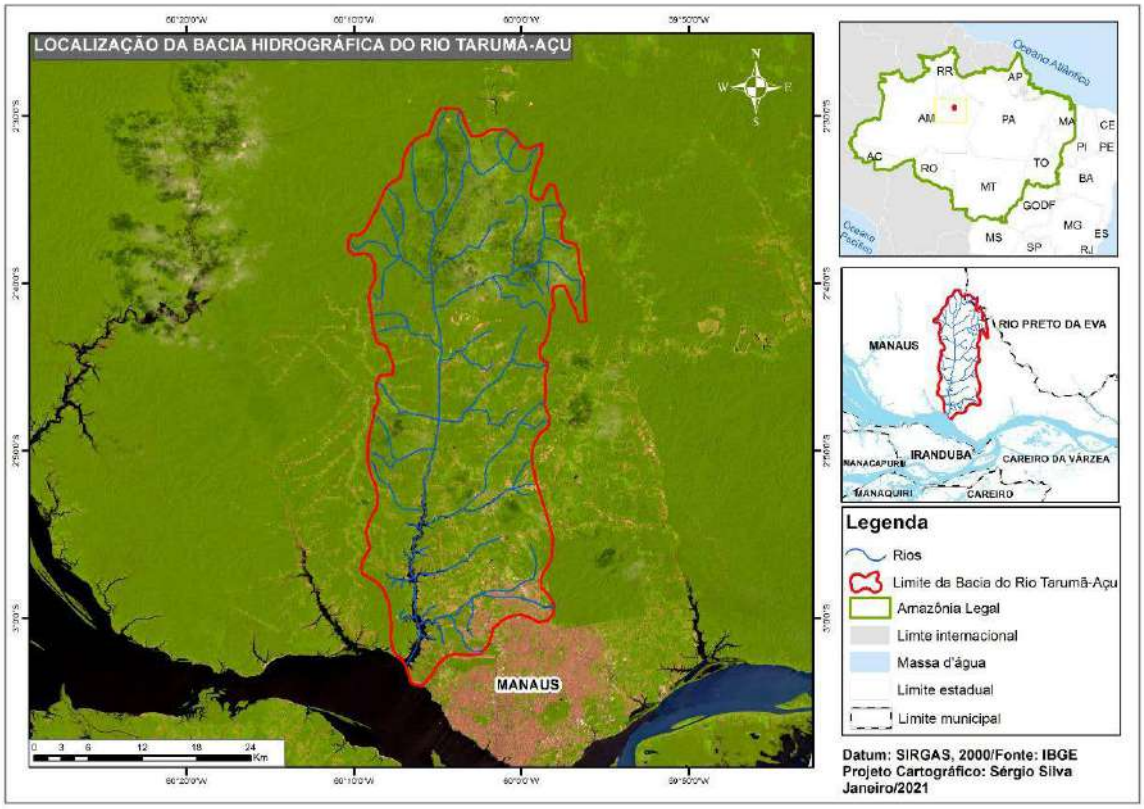


Figura 02 – Localização geográfica da bacia do Tarumã-Açu.
Fonte: Galeria dos autores (2020).

Constitui uma bacia periurbana e se destaca por representar um corredor ecológico para a cidade de Manaus, considerando os recursos hídricos e a biodiversidade existente. A bacia do rio Tarumã-Açu tem sido

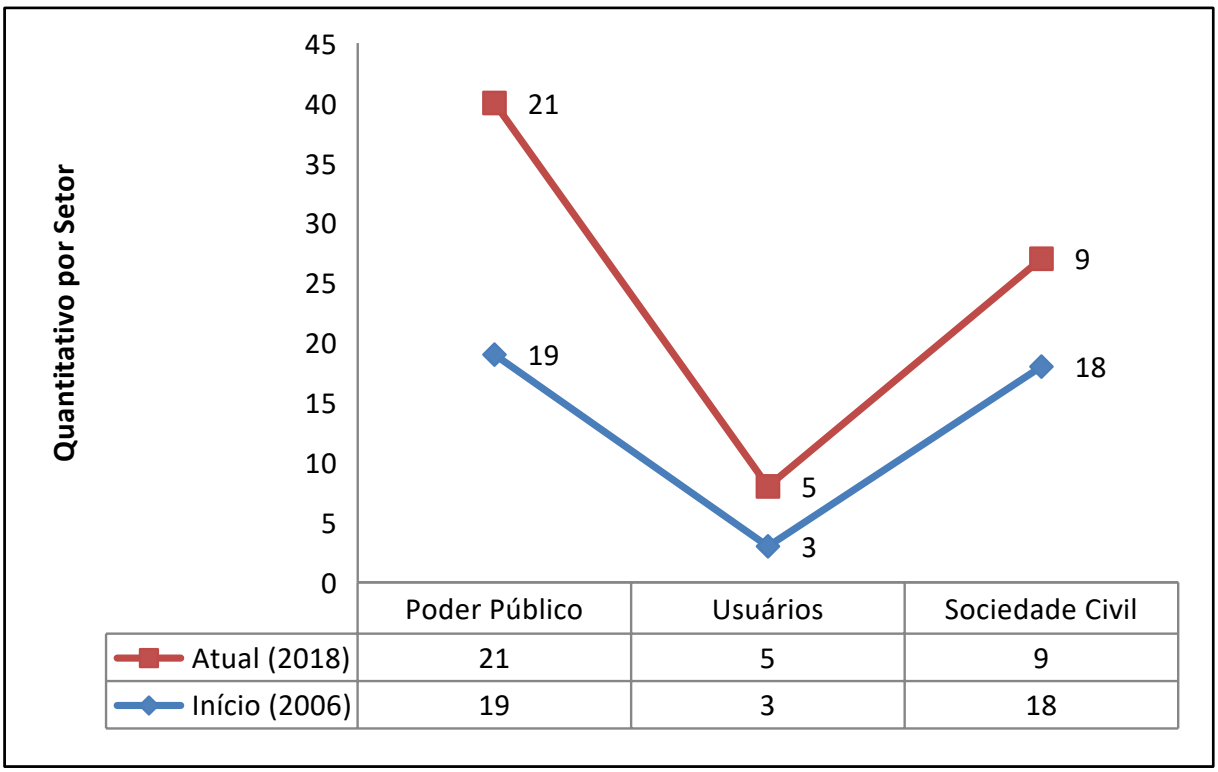
ameaçada por dois grandes vetores de degradação ambiental: a margem esquerda através do esgotamento sanitário de origem doméstica, comercial e industrial e a margem direita através do assoreamento dos corpos d'água causados pelos desmatamentos irregulares da expansão de moradias e de empreendimentos comerciais instalados ou fase de instalação na bacia hidrográfica.

O quadro de degradação ambiental da bacia do rio Tarumã-Açu, especialmente da margem esquerda, contribuiu para que as demandas de gestão das águas desta bacia se fizessem presentes nas agendas dos poderes públicos estadual e municipal, gerando assim discussões entre diferentes atores sociais que culminaram para a criação do comitê de bacia.

De acordo com Damasceno (2018) neste cenário a bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu enquanto unidade territorial que atende múltiplos usos, reafirma a necessidade de uma gestão efetiva, a partir do Comitê da bacia, funcionando desde 6 de junho de 2006 e instituído oficialmente através do Decreto N. 29.244 de 19 de outubro de 2009, em conformidade com a Lei Federal N. 9.433 de 08 de janeiro de 1997, e com instituição prevista nos artigos 64 a 67 da Lei Estadual N 3.167, de 28 de agosto de 2007. Assim, o Estado do Amazonas – Manaus (AM) foi o primeiro estado da Amazônia Legal a regulamentar esse instrumento de gestão previsto na Lei nacional e na Lei estadual voltado para gestão compartilhada dos recursos naturais do rio Tarumã-Açu e seus afluentes. Nesse sentido, ressalta-se os Art. 1° e Art. 2° capítulo I do Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu referente a sua constituição e natureza:

> Art. 1° - O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu, doravante designado simplesmente Comitê, é órgão colegiado, de caráter consultivo e deliberativo, regido pela Lei Federal n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, com instituição prevista pela Lei n.º 3.167, de 28 de a gosto de 2007, com atuação na Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, no Estado do Amazonas, tendo sua competência, estrutura e forma de funcionamento regulados pelo presente Regimento.
>
> Art. 2° - A Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu é uma unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento, que reconhece o recurso hídrico como um bem público de valor econômico, cuja utilização deve ser submetida à cobrança, mediante outorga, observados os aspectos de quantidade, qualidade e peculiaridades. (Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu-. Decreto nº 29.249, de 19 de outubro de 2009)

A composição do Comitê no ato da publicação no Diário Oficial do Estado (DOE) em 2009 possuía 40 instituições dos três entes, sendo 19 do Poder Público (47%), 3 do setor de Usuários (8%) e 18 da Sociedade Civil (45%), (DOE-AM 2009). Atualmente, o CBHTA possui 35 instituições, sendo 21 do Poder Público (60%), 5 do setor de Usuários (14%) e 9 da Sociedade Civil (26%), (Regimento Interno em reformulação, 2018) (Figura 3).



	Poder Público	Usuários	Sociedade Civil
Atual (2018)	21	5	9
Início (2006)	19	3	18

Figura 03 - Representatividade dos Setores no CBHTA, criação e atualmente.
Fonte: Galeria dos autores (2020).

Neste comparativo entre os três setores que compõem o CBHTA, pode-se avaliar que quando o comitê foi criado houve a tentativa de equilíbrio na representatividade dos três setores, porém a legislação vigente não foi obedecida. O Poder Público e a Sociedade Civil ficaram equiparados à época, porém, o setor de Usuários ficou muito abaixo do que sugere a Resolução n° 5 de 10 de Abril de 2000, Art. 8° e a Resolução n° 24 de 24 de Maio de 2002. Percebe-se, portanto, que na composição atual há um desequilíbrio bem maior entre os três setores, a participação do Setor Público aumentou ainda mais, a Sociedade Civil diminuiu significativamente em relação ao percentual anterior, equivalente a 50% e o setor de Usuário continuou com baixa representatividade.

Neste cenário, como ator institucional, criado pela Lei das Águas (Lei 9.433/97), o Comitê de Bacia Hidrográfica assume um importante papel de planejamento e execução de políticas voltadas para gestão dos recur-

sos hídricos. Assim, analisamos como relevante uma análise sobre os desafios que dificultam o processo de consolidação do CBHTA a partir da visão do poder público, sociedade civil e usuários.

3.2 Os desafios do comitê de bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu Manaus/AM/Brasil a partir da visão do poder público, sociedade civil e usuários

De acordo com os entrevistados, quando indagados sobre o conhecimento da existência do Comitê de bacia do rio Tarumã-Açu, 20 das 32 pessoas responderam que não conhecem e nem sabem do que se trata e 12 pessoas responderam que conhecem ou já ouviram falar sobre o assunto, ou ainda que participaram de alguma atividade realizada pelo Comitê (reunião, limpeza do rio, palestra).

Foi possível constatar que após 10 de anos de criação do comitê, considerando a data de realização das entrevistas, que é grande a falta de conhecimento e percepção da sociedade quanto à existência e importância do comitê de bacia. Sendo que as pessoas que "Informaram que conhecem há bastante tempo e sabem do que se trata" são aquelas que participaram direta ou indiretamente de ações de sensibilização ambiental que ocorreram durante o processo de criação do CBHTA ou durante as campanhas de intervenção de limpeza do rio ou ainda que então direta ou indiretamente ligadas às questões de órgãos ambientais de órgãos de cominado e controle.

Em relação as principais sugestões e críticas que os entrevistados fizeram, pode-se inferir que são informações de grande relevância, uma vez que estes possuem a vivência do local, residem, trabalham e fazem lazer na referida bacia, precisa ser analisada com atenção para que venha de fato agregar ao papel fundamental do comitê de bacia do Tarumã-Açu no que diz respeito à implementação da política de gestão dos recursos hídricos nesta. Como se apresenta no (Quadro 02).

Temas	Sugestões	Críticas
1. Qual o entendimento sobre o papel do CBHTA, como funciona e os trabalhos que desenvolve na bacia.	Apoiar a comunidade local quanto ao uso adequado do solo e piscicultura.	Descontinuidade dos trabalhos de Educação Ambiental iniciados pelo CBHTA. Realizar palestra aos professores em dia de planejamento para que seja inserido no planejamento da escola como assunto transversal.

Temas	Sugestões	Críticas
2. Quais ações o CBHTA deve desenvolver na bacia.	Averiguar as necessidades das comunidades locais para que as ações sejam mais efetivas.	Falta de ação efetiva do CBHTA com relação a melhoria do descarte de resíduos sólidos na bacia. Outras instituições vêm desenvolvendo trabalhos na bacia e o CBHTA não têm feito.
3. O que o CBHTA deve propor em relação as ações de preservação, invasões, construção em APP, instalação de empreendimentos, desmatamentos e licenciamentos.	Implantar ações com base permanente de Educação Ambiental integrando saúde, educação, cultura e conservação dos recursos naturais.	Segundo o entrevistado, as ações do comitê não interferem em nada na sua produção, pois trabalha com recursos financeiros próprio.
4. Qual a frequência de visitas e cronograma de trabalho do CBHTA aos empreendedores da bacia.	Realizar parceria com as escolas da bacia para trabalho conjunto.	-
5. O que deve ser realizado pelo CBHTA para revitalização da Cachoeira Baixa do Tarumã e seu entorno.	Desenvolver ações de limpeza e sensibilização ambiental para agregar ao que já é feito através de outras iniciativas.	-
6.Importância de informações sobre turismo no canal principal do rio Tarumã-Açu.	Sensibilizar a comunidade em geral sobre a qualidade da água na bacia e nas escolas da bacia.	-

Quadro 02: Sugestões e críticas dos entrevistados ao Comitê de Bacia.
Fonte: Galeria dos autores (2020).

As sugestões obtidas através das entrevistas da pesquisa de campo no que diz respeito ao suporte para o conhecimento das pessoas com relação ao comitê de bacia e suas funções enquanto colegiado gestor da bacia, foram propostas ações de intervenção que devem ser provenientes de desdobramentos das agendas de trabalho do CBHTA e subtemas de projetos em menor escala na bacia. Também foram feitas críticas propositivas que deverão servir como encaminhamentos de ações do comitê para uma a gestão mais eficiente na bacia.

Assim, a gestão da bacia enquanto palco de discussão nos múltiplos interesses, ou seja, em corroboração e participação de todos os interessados nas discussões que envolvem a gestão hídrica pode ser a melhor forma de conservação dos recursos naturais para que esta bacia continue como o melhor lugar para morar, trabalhar e praticar esportes.

A partir das informações obtidas foi possível identificar um conjunto de questões gerais que dificultam o desenvolvimento das ações do comitê de bacia do rio Tarumã-Açu, sendo:

Primeira questão, a falta de diretrizes de estruturação e planejamento das ações para esta bacia, visto que ainda não possui o Plano de Bacia que é o principal instrumento que norteia as ações de um comitê de bacia, a médio e longo prazo e, assim, possibilita as intervenções de cunho imediato. Onde é apresentado o diagnóstico atual da bacia, permite fazer projeções futuras e estabelecer metas de qualidade e quantidade para ela, no qual cabe ao CBH aprová-lo e acompanhar a realização de suas metas (TRINDADE, 2016).

Segunda, a ausência da Agência de Água, no qual possui o papel de exercer ou induzir as ações necessárias à preservação, conservação ou recuperação dos recursos hídricos, além do contínuo apoio ao funcionamento do Comitê na função de secretaria executiva do Comitê de Bacia, como suporte administrativo para o funcionamento do colegiado, organização das reuniões, divulgação prévia de estudos subsidiários à tomada de decisão, comunicação à sociedade e manutenção atualizada e disponibilização de informações sobre as deliberações do colegiado (ANA, 2014).

Terceira questão, dificuldade para implementação de atividades proativas por parte do CBHTA, baseada na ausência de recurso financeiro alocado para suas atividades finalísticas, como cadastramento de usuários, recuperação de Áreas de Preservação Permanentes, monitoramento de qualidade de água, sensibilização dos usuários para o consumo consciente de água (superficial e subterrânea), identificação, monitoramento e recuperação das áreas de nascentes, entre outras atividades.

Além da falta de estrutura física do Comitê, ou seja, sede (escritório) como um dos fatores fundamentais para a organização institucional, bem como a receptividade da comunidade local, da academia, troca de experiências de outros comitês de bacias, assim como do seu colegiado. Este é um fator prioritário para o CBHTA quanto a sua reestruturação, visto que possui mais de uma década de constituição e, portanto, ainda não tem no seu escopo funcional tal estrutura.

4. Considerações Finais

Na Região Norte é onde se observa maior dificuldade de aplicação do modelo de gestão das Leis das Águas e onde as respostas do sistema ao conjunto de problemas de recursos hídricos são ainda incipientes para uma região tão extensa. Em termos de sustentabilidade financeira, os

custos de gestão de recursos hídricos são maiores (devido ao tamanho e as dificuldades de acesso), e dificilmente a cobrança pelo uso da água terá significância na região, sendo importante desenvolver estudos sobre o potencial de arrecadação da cobrança, em diferentes escalas de gestão, para avaliar sua viabilidade.

Contudo, é um fator desafiador para a gestão dos recursos hídricos no Estado do Amazonas, particularmente na bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu que mesmo após a criação apresenta muitos desafios para sua consolidação, como a falta de recursos financeiros. Também, outro desafio ao comitê diz respeito à questão cultural para a maioria da população da bacia e do Estado, a água não se configura como um problema, pelo menos do ponto de vista de escassez. A abundância de água na região e no Estado impede aos seus habitantes a percepção sobre a escassez do bem fundamental e isso contribui para que não haja uma pressão social sobre o Estado e consequentemente sobre o comitê.

Nessa perspectiva, as reflexões aqui apresentadas, a partir da visão do poder público, sociedade civil e usuários são, exclusivamente, como contribuição para o fortalecimento institucional do comitê de bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu, que representa um marco histórico regional e de importância fundamental para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e os usos múltiplos diante do cenário de degradação ambiental e de conflitos.

Assim, consideramos que o envolvimento quanto ao processo de gestão de uma bacia a partir da democratização das informações, que vise a sensibilização e consequentemente o engajamento dos diferentes atores sociais no processo de gestão da bacia, pode materializar um dos princípios norteadores da gestão compartilhada – a participação – sendo assim, há uma constatação revelada pelos entrevistados que é a ausência de conhecimento sobre a existência e importância do comitê de bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu.

5. Referências

ANA, Agência de Água - **o que é, o que faz e como funciona.** Agência Nacional de Águas. Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos, v. 4. Brasília. 2014. 82 p.

_____. **Lei Estadual nº 3.167, de 27 de agosto de 2007.** Disciplina a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos

Hídricos. Poder Executivo do Estado do Amazonas. Manaus, AM, 28 ago. 2007. Disponível em: http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/LOE-3.167-07-Recursos-Hidricos.pdf. Acesso em: 18 jan.2020.

_____. **Decreto nº 28.678, de 16 de junho de 2009.** Regulamenta a Lei n.º3.167, de 27 de agosto de 2007, que reformula as normas disciplinadoras da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Poder Executivo do Estado do Amazonas. Manaus, AM, 17 jun. 2009. Disponível em: http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/DcE-28.678-09-Regulamnta-a-Lei-3.167-de-recursoshh%C3%ADdricos.pdf. Acesso em: 28 abril 2019.

_____. **Decreto nº 29.249, de 19 de outubro de 2009**. Dispõe sobre a criação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, aprova o seu regimento interno, e dá outras providências. Poder Executivo do Estado do Amazonas. Manaus, AM, 19 out. 2009. Disponível em: http://meioambiente.am.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/4-Decreto-n%C2%BA-29.249Cria%C3%A7%C3%A3o-do-CBH-Rio-Tarum%C3%A3-mesclado.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.

BANCO MUNDIAL. **Diálogos para o aperfeiçoamento da política e do sistema de recursos hídricos no Brasil / Sumário Executivo.** Brasília/DF, junho, 2018.

_____ **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 21 jun. 2021.

DAMASCENO. S. B. **Reestruturação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus, Am**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA. Universidade do Estado do Amazonas/UEA. Manaus-AM, 2018.

MASCARENHAS, A. C. **Comitê da Bacia Hidrográfica: o que é, como funciona, e qual papel desempenha na gestão dos recursos hídricos**. Revista Plenarium Bahia, 2005.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. (org.) **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 21. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1994

TRINDADE L. L. **Gestão integrada de recursos hídricos: Papel, potencialidades e limitações dos comitês de bacias hidrográficas.** Tese apresentada ao Programa ao Pós Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis/SC, 2016.

SOBRE O E-BOOK

Tipografia: Abril Text, Candara, Acumin Pro
Publicação: Cegraf UFG
Câmpus Samambaia, Goiânia-Goiás. Brasil. CEP 74690-900
Fone: (62) 3521-1358
https://cegraf.ufg.br/