

JULIO CESAR DE SOUZA INÁCIO GONÇALVES
TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARRA
ADRIANA MONTEIRO DA COSTA
ELISA DIAS DE MELO
(ORGANIZADORES)

**ANAIS DO IV WORKSHOP INTERNACIONAL
DE POLÍTICA DE USO E GOVERNANÇA DE SOLO
E III SEMINÁRIO DE SUSTENTABILIDADE
EM RECURSOS HÍDRICOS**

**Anais do IV Workshop Internacional de Política de Uso e
Governança de Solo e do III Seminário de
Sustentabilidade em Recursos Hídricos**



Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves
Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Adriana Monteiro da Costa
Elisa Dias de Melo
(Organizadores)

**Anais do IV Workshop Internacional de Política de Uso e
Governança de Solo e do III Seminário de
Sustentabilidade em Recursos Hídricos**



Copyright © Autoras e autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos das autoras e dos autores.

Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Teresa Cristina Tarlé Pissarra; Adriana Monteiro da Costa; Elisa Dias de Melo [Orgs.]

Anais do IV Workshop Internacional de Política de Uso e Governança de Solo e do III Seminário de Sustentabilidade em Recursos Hídricos. São Carlos: Pedro & João Editores, 2021. 213p. 16 x 23 cm.

ISBN: 978-65-5869-645-2 [Digital]

1. Conservação do solo e da água. 2. Recursos hídricos. 3. Hidrografia brasileira. 4. Sustentabilidade. I. Título.

CDD – 900

Capa: Petricor Design

Ficha Catalográfica: Hélio Márcio Pajeú – CRB - 8-8828

Diagramação: Diany Akiko Lee

Editores: Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

Conselho Científico da Pedro & João Editores:

Augusto Ponzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/ Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortolozzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kuiava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luis Fernando Soares Zuin (USP/Brasil).



Pedro & João Editores

www.pedroejoaoeditores.com.br

13568-878 – São Carlos – SP

2021

PROGRAMAÇÃO DO EVENTO

18 de outubro de 2021 – Segunda-feira – MANHÃ	
Horário	Atividades
8h00-9h00	Abertura do Evento Abertura do Evento Composição da Mesa: principais atores locais – Representantes das Instituições Parceiras
18 de outubro de 2021 – Segunda-feira – MANHÃ	
Mesa Redonda	
9h00-12h00	Tema Central: Segurança hídrica e interações múltiplas
	Horário: 9h00-9h40 Tema do Setor Acadêmico: Segurança Hídrica e a Hidrocomplexidade <i>Prof. Dr. Francisco de Assis – Universidade Federal do Ceará (UFC)</i>
	Horário: 9h40-10h20 Tema do Setor Produtivo: Segurança Hídrica e Atividades Econômicas <i>Dr. Felipe Bernardes Silva – Docente Programa Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos - UninCor</i>
	Horário: 10h20-11h00 Tema do Setor Urbano: A experiência do Distrito Federal na gestão hídrica. <i>Dr. Jorge Enoch Furquim Werneck Lima – Diretor da ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal</i>
	Horário: 11h00-12h00 Mediadora <i>Profa. Dra. Marília Carvalho de Melo – Secretária de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) do Governo do Estado de Minas Gerais</i> Diálogo: A ciência básica deve amparar a segurança hídrica e interações múltiplas.
12h00-13h30	Intervalo – Almoço

	18 de outubro de 2021 – Segunda-feira – TARDE Mesa Redonda
	Tema Central: Água e Solo - Parlamento e Poder Judiciário Horário: 13h30-14h30 O tema: o processo legislativo como base para o desenvolvimento sustentável em MG <i>Dr. Noraldino Lucio Dias Júnior – Deputado Estadual – MG</i> Horário: 15h30-16h00 Tema do Setor Jurídico: Atuação do judiciário para a segurança hídrica e conservação do solo <i>Prof. Dr. Paulo de Bessa Antunes – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)</i> Horário: 16h00-16h30 Mediador <i>Dr. Carlos Alberto Valera – Promotor de Justiça – Ministério Público de Minas Gerais (MPMG)</i> Diálogo: A ciência básica deve amparar a legislação brasileira a partir de métricas que informem as classes das informações para a modificação do cenário produtivo.
16h30 – 16h45	Intervalo
16h45 – 18h00	Seção apresentação oral de artigos científicos Mediadores: Profa. Dra. Adriana Monteiro da Costa e Prof. Dr. Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves

19 de outubro de 2021 – Terça-feira – MANHÃ
Mesa Redonda

	<p>Tema Central: Desafios para a Conservação e Proteção do Solo e dos Recursos Hídricos</p> <p>Horário: 9h00-9h40 Tema do Setor Acadêmico: Métricas da Produção Agrícola Sustentada <i>Prof. Dr. José Marques Júnior Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Jaboticabal</i></p> <p>Horário: 9h40-10h20 Tema do Setor Público: Métricas na gestão das águas no Brasil <i>Dr. Oscar Cordeiro – Agência Nacional de Águas (ANA)</i></p> <p>9h00-12h00 Horário: 10h20-10h50 Tema Setor Acadêmico: Levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso <i>Prof. Dr. Igo Fernando Lepsch</i></p> <p>Horário: 10h50-12h00 Mediador: <i>Prof. Dr. Fernando Antônio Leal Pacheco – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)</i></p> <p>Diálogo: a quem se aplica o sistema de comando e controle do solo e da água?</p>
12h00-13h30	Intervalo – Almoço

19 de outubro de 2021 – Terça-feira – TARDE	
Mesa Redonda	
	<p>Tema Central: CASES Setor Produtivo tecnologia, sustentabilidade e prática Água e Solo</p> <p>Horário: 13h30-14h15</p> <p>Accessible Science – Dra. Janaína Ferreira Guidolini Cientista Ambiental Idealizadora da <i>Accessible Science</i> Comunicadora Científica Acredito que não há desenvolvimento socioeconômico sem os recursos naturais Conecto pessoas com a ciência São José dos Campos, São Paulo, Brasil</p> <p>14h15 – 15:00h</p> <p>Processo de Inovação para a Sustentabilidade: o papel do Hackaton</p> <p>Dr. Fábio Veras de Souza – Presidente do Sindicato da Indústria de Software da Tecnologia da Informação do Estado de Minas Gerais (SINDINFOR)</p> <p>15:00h – 16:30h</p> <p>Mediador: Msc. Eng. Agr. Rafael Parras Tecnologia e Inovação para a Conservação e Proteção do Solo e do Recurso Hídrico Apresentação de Cases de Sucesso e Cases para a realização do Hackaton em março de 2022.</p>
13h30-16h30	
16h15-16h30	Intervalo
16:30 – 18:00	Seção de Posters – Diálogo Científico

20 de outubro de 2021 – Quarta-feira

09h00-
12h00

Minicursos (em paralelo)

Minicursos – online/presencial

Pesquisadores Estrangeiros e Colaboradores

- (1) *Minicurso em “Segurança hídrica: uma visão focada na integridade dos ecossistemas”*

Prof. Dr. Fernando António Leal Pacheco

Possui doutorado em Doutoramento em Geologia pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (2001). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Hidrogeologia. Auxílio na compreensão espacial das bacias hidrográficas e redes de drenagem e na proposta de recomposição da paisagem.

- (2) *“Eventos extremos e infraestruturas de retenção naturais. Enquadramento e aplicação Europeia das Natural Water Retention Measures (NWRM).*

Prof. Dr. Luís Filipe Sanches Fernandes

Possui Doutoramento em Engenharia Civil pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (2002). Tem experiência na área de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente.

- (3) *Influência do solo e do sistema de produção vegetal em bioindicadores aquáticos*

Prof. Dra. Simone da Graça Pinto Varandas

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (1992), mestrado em Produção Florestal pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (1996) e doutorado em Ciências Agrárias-Ciências Florestais pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (2006). Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Conservação de Bacias Hidrográficas.

(4) Equalização integrada de sistemas fluviais a partir da engenharia natural

Prof. Dr. Rui Manuel Vitor Cortes

Publicou 74 artigos em revistas especializadas. Nas suas atividades profissionais interagiu com 215 colaboradores em co-autorias de trabalhos científicos. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias; Ciências Florestais e Arquitetura Paisagista.

(5) Impacto do fogo nos recursos hídricos (enviado para o Rafael)

Prof. Dr. Xavier Úbeda

Trabalha no Departamento de Geografia da Universidade de Barcelona. Pesquisa em Ciências Ambientais, Manejo Florestal, Incêndios Florestais e Ciência do Solo.

Projeto atual é 'POSTFIRECARE, qualidade do solo, controle de erosão e recuperação da cobertura vegetal em diferentes cenários de gestão pós-incêndio'.

21, 22, 23 e 24 de outubro de 2021

9:00	-	Visita Técnica para os pesquisadores internacionais
18:00h		

Visita Técnica Pesquisadores – Internacional

Visita à Brumadinho: unidade territorial de bacias hidrográficas, parques geológicos e áreas de produção vegetal e produção animal.

Comissão Organizadora

Coordenadores

Profa. Dra. Marília Carvalho de Melo	UninCor
Prof. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra	UNESP
Prof. Dr. Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves	UFTM
Prof. Dr. Carlos Alberto Valera	MPMG

Núcleo da Comissão Organizadora

Profa. Dra. Marília Carvalho de Melo Profa. Dra. Elisa Dias de Melo Prof. Dr. Felipe Bernardes Silva	UninCor
Prof. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra Ma. Gislaíne Costa de Mendonça Me. Rafael Parras	UNESP
Prof. Dr. Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves	UFTM
Profa. Dra. Adriana Monteiro da Costa	UFMG
Dr. Carlos Alberto Valera	MPMG
Prof. Dr. Renato Farias do Valle Junior Profa. Dra. Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva Prof ^a . Dr ^a . Vera Lúcia Abdala	IFTM
Prof. Dr. Fernando António Leal Pacheco Prof. Dr. Luís Filipe Sanches Fernandes	UTAD

Apoio

Ma. Márcia Masson Mendes dos Santos Ma. Caroline Fávoro Oliveira Eng. Agrícola. Polyana Pereira Me. Felipe Del Massa Martins	UNESP
Prof. Dr. Anildo Monteiro Caldas	UFRPE
Prof. Dr. Alisson Souza de Oliveira Prof. Dr. Aurivan Soares de Freitas Prof. Dra. Eliana Alcantra Prof. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vítor Marques	UninCor

Núcleo da Comissão Técnico-Científica

Nome	Filiação
Adriana Monteiro da Costa	UFMG
Anildo Monteiro Caldas	UFRPE
Carlos Alberto Araujo Campos	UFTM
Flávia Fernanda Simili	APTA/SAA
Flavia Mazzer Rodrigues	UNESP – JABOTICABAL
Gislaine Costa de Mendonça	FCAV/UNESP
Izabela Aparecida da Silva Mendes	UFMG
Júnior Cesar Avanzi	UFLA
Maíse Soares de Moura	UFMG
Marcelo Zanata	Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo
Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo	APTA/SAA
Max Paulo Rocha Pereira	UFMG
Paula Karen Mota	UFMG
Renata Cristina Araújo Costa	Universidade Guarulhos
Teresa Cristina Tarlé Pissarra	UNESP - FCAV
Victor Cordeiro da Silva	UFMG
Vitor Corrêa de Mattos Barretto	UNESP
Marília Carvalho de Melo	UninCor
Elisa Dias de Melo	UninCor
Felipe Bernardes Silva	UninCor
Alexandre Tourino Mendonça	UninCor
Rosângela Francisca de Paula Vítor Marques	UninCor
Alisson Souza de Oliveira	UninCor
Eliana Alcantra	UninCor
Ramiro machado Rezende	UninCor
Leticia rodrigues da fonseca	UninCor
Aurivan Soares de Freitas	UninCor
Lyssandro Norton Siqueira	UninCor

SUMÁRIO

MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA

MAPEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPACURÁ-PE 17

Tiago Henrique Schwaickartt Feitosa; Anildo Monteiro Caldas; Salatiel Ewen Braga; Allana Monique Bezerra Lustosa Perônico; Ântony Eliel Andrade da Silva

ESTUDO DE VULNERABILIDADE À EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPACURÁ - PE 26

Estela Carneiro Moraes; Anildo Monteiro Caldas; Salatiel Ewen Braga, Tiago Henrique Schwaickartt Feitosa, Allana Monique Bezerra Lustosa Perônico

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GOIANA, PERNAMBUCO, BRASIL 34

Jenierlly de Matos Peres; Anildo Monteiro Caldas; Lucas José de Souza Silva; Gleyton Lopes Barboza Lacerda; Alice Pedrosa Correia

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM COBERTURAS FLORESTAIS NATIVAS E EXÓTICAS NO MANANCIAL DA FLORESTA ESTADUAL DE BATATAIS, SP 42

Rubens Francisco Pereira de Faria; Beatriz Cristina de Araújo; Juliana Aparecida Moureira; Daniele Alberta Martins; Marcelo Zanata

POLÍTICA DE USO E GOVERNANÇA DO SOLO

PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA BACIAS HIDROGRÁFICAS: O CASO DA BACIA DO RIO TAPACURÁ, PERNAMBUCO, BRASIL 51

Richárlisson Filipe Francisco de França; Phietra Camilly da Silva; Gleyton Lopes Barboza Lacerda; Lucas José de Souza Silva; Euzônio Rizzi Neto

DETECÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS NO CERRADO A PARTIR DE IMAGENS SENTINEL-2 UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE 58

Alex Garcez Utsum; Henrique Pinto Rivani

- POLÍTICAS PÚBLICAS PARA SANEAMENTO NO MEIO RURAL E URBANO: UMA AVALIAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LAMBARI/MG** 66
Maria Adriana da Silva; Elisa Dias de Melo; Joyce Ramos Krauss
- FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE CONTRIBUIÇÃO DO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM JURAMENTO, MINAS GERAIS** 74
Flavia Mazzer Rodrigues; Arthur Luiz Araújo Nascimento Júnior; Gleymeron Vieira Lima de Almeida, Michelle Adelino Cerqueira
- OBSERVAÇÃO DO ÍNDICE DE USO DO SOLO POR HABITANTE (IUSH) EM ASSIS, INTERIOR DE SÃO PAULO** 82
Felipe Del Massa Martins; Teresa Cristina Tarlé Pissarra; Gislaine Da Costa Mendonça; Rafael Parras
- MAPA PREDITIVO DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE SOLOS MOLES NO BRASIL** 87
Leilson Alves dos Santos; Rodrigo Affonso Albuquerque de Nóbrega; Adriana Monteiro da Costa
- DINÂMICA DO USO DO SOLO EM BACIA HIDROGRÁFICA DE CABECEIRA: BASE PARA RECUPERAÇÃO DE MANANCIAL DE ABASTECIMENTO EM AGROECOSSITEMAS** 95
Ana Paula Pedro; Gislaine Costa de Mendonça; Teresa Cristina Tarlé Pissarra
- ANÁLISE DO IMPACTO CAUSADO PELO GREENING NA DISPERSÃO TEMPORAL DAS ÁREAS CITRÍCOLAS DO MUNICÍPIO DE LIMEIRA/SP.** 103
Maria Júlia Franchini Souza¹; Gislaine Costa de Mendonça²; Rafael Parras³; Teresa Cristina Tarlé Pissarra⁴
- ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE INCÊNDIOS PARA GESTÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS** 109
Renata Cristina Araújo Costa; Michael Windson Gomes; Dalva Denize Silva Santos; Carla Martins Meira; Fernanda Dall Ara Azevedo

- O PAPEL DO USO DO SOLO NA PROTEÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO – MG** 116
Max Paulo Rocha Pereira; Adriana Monteiro da Costa
- ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM REFLORESTAMENTO APÓS GEADA NO OESTE PAULISTA** 124
Giovanni Alexander de Oliveira; Vitor Corrêa de Mattos Barretto; Roberto de Lima Donato; Carlos Leonardo Pereira Bogas³; Rafael Simões Tomaz
- USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ÁGUAS PARADAS VISANDO ADEQUAÇÃO NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE** 132
Pedro Henrique Gatto Juliano; Polyana Pereira; Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho; Pedro Henrique Segato; Teresa Cristina Tarlé Pissarra
- ANÁLISE TEMPORAL DA SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO** 139
Michelle Adelino Cerqueira; Flavia Mazzer Rodrigues; Gleymeron Vieira Lima de Almeida
- RECURSOS HÍDRICOS**
- ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE PARTÍCULAS SUSPENSAS EM ÁGUA DO AÇUDE CUREMA, COREMAS, PARAÍBA** 148
Gleyton Lopes Barboza Lacerda; Lucas José de Souza Silva; Richárlisson Filipe Francisco de França; Alex Souza Moraes; Anildo Monteiro Caldas
- MAPEAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TAPACURÁ - PE** 156
Lucas José de Souza Silva; Gleyton Lopes Barboza Lacerda; Fernando Cartaxo Rolim Neto; Anildo Monteiro Caldas; Tiago Henrique Schwaickartt Feitosa

- PRELIMINARY CHARACTERIZATION AND COMPARISON OF TWO RESERVOIRS SURROUNDED BY AREAS OF AGRICULTURAL ACTIVITIES IN PINDORAMA/SP** 163
Gabriel Gonsalves Bertho; Antônio Lúcio Mello Martins; Leandro Contri Campanelli; Maria Conceição Lopes; Mariana Bárbara Lopes Simedo
- ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, ALTO E MÉDIO ALTO VELHAS - MG** 171
Adriana Monteiro da Costa; Victor Cordeiro da Silva, Bárbara Janine Reis Silva Araujo, Maíse Soares de Moura
- SUBDIVISÃO HIDROLÓGICA: BASE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM MANANCIAL DE ABASTECIMENTO** 178
Gislaine Costa de Mendonça; Ana Paula Pedro; Teresa Cristina Tarlé Pissarra
- USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIA DO PINDARÉ** 186
Márcia Masson Mendes dos Santos; Fernando António Leal Pacheco; Edilea Dutra Pereira
- LAND USE AND OCCUPATION IN PINDARÉ BASIN** 192
Márcia Masson Mendes dos Santos; Fernando António Leal Pacheco; Edilea Dutra Pereira
- ANÁLISE DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DE UMA ETE COMPARANDO DQO, PH E SST AO PADRÃO DE LANÇAMENTO DE MINAS GERAIS** 198
Amanda Santana dos Santos; Vinícius Carvalho Rocha
- OZÔNIZAÇÃO CATALÍTICA DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS COM GRAFENO MULTI-CAMADAS** 206
Mário Sérgio da Luz; Marcos Vinícius Mateus; Rogério Valentim Gelamo; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves

IV Workshop Internacional de Política de Uso e Governança de Solo
III Seminário de Sustentabilidade em Recursos Hídricos
Universidade Vale do Rio Verde – Três Corações
18 a 20 de outubro de 2021

MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA

MAPEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPACURÁ-PE

Tiago Henrique Schwaickartt Feitosa¹; Anildo Monteiro Caldas²;
Salatiel Ewen Braga³; Allana Monique Bezerra Lustosa Perônico⁴;
Ântony Eliel Andrade da Silva⁵

¹ Graduando em Agronomia da UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil;
tiagoschwaickartt@gmail.com

² Professor da UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil; anildo.caldas@ufrpe.br;

³ Mestrando do Programa de Pós graduação em Engenharia Ambiental da
UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil; salatiel_braga@hotmail.com

⁴ Graduanda em Agronomia da UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil;
allanaperonico@gmail.com

⁵ Residente – Programa de Residência Multiprofissional Atenção Básica / Saúde
da Família - Associação Caruaruense de Ensino Superior;
andrade.eliel@gmail.com.

RESUMO: A temática de incêndios florestais está cada vez mais em pauta, seja por influência de mudanças climáticas globais ou por efeitos antrópicos, há uma grande preocupação com os efeitos prejudiciais ao ambiente. Com essa problemática em mente, esta pesquisa teve como objetivo principal a utilização de ferramentas de sensoriamento remoto atrelados ao processamento destes dados em Sistemas de Informação Geográficos (SIG's) para mapear o potencial de risco de incêndios florestais dentro da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, ao se utilizar de metodologias adaptadas de Chuvieco e Congalton (1989), onde foi possível determinar diferentes classes de risco de incêndio, variando de baixo, médio à alto, para diversos fatores ambientais que irão influenciar estes processos, tais como o uso e ocupação do solo, a declividade do relevo, a deficiência hídrica anual, precipitação pluviométrica, altitude, temperatura média do ar,

evapotranspiração real anual e a orientação das faces de encostas. Através dos mapas obtidos ao final da pesquisa, não somente foi possível entender melhor sobre o potencial de risco de incêndio dentro da área de estudo, como também atua como ferramenta de grande valia para nortear decisões voltadas à prevenção e combate de incêndios florestais por parte da esfera pública governamental. Palavras-chave: sig, meio ambiente, multi-hazards.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são consideradas unidades importantes de gerenciamento ambiental (LEAL et al., 2019). Dessie e Bredemeier (2013) afirmam, um destes impactos ambientais comuns que afeta processos hidrológicos dentro da bacia se trata da perda de cobertura vegetal ao longo da bacia hidrográfica, ressaltando a importância da manutenção das unidades florestais dentro das bacias hidrográficas.

Danos ecológicos devem ser analisados nestas unidades, principalmente os relacionados aos incêndios florestais. (MOREIRA; MENDES; SANTOS, 2020.

Paz et al. (2011) e Fernandes et al. (2011) notam que mapa de risco de incêndio criados a partir de SIG's possibilitam os gestores da esfera pública a planejarem atividades de prevenção a incêndios florestais de maneira estratégica para o futuro. Isso é complementado por Venturi (2006), onde há a possibilidade da implementação de pontos de observação físicos através da utilização de SIG's, favorecendo a detecção de focos de incêndio nas zonas de risco e efetivamente reduzindo o tempo para intervenção desta maneira.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: O estudo foi realizado na bacia do rio Tapacurá, sub-bacia do rio Capibaribe, esta bacia localiza-se entre a Zona da Mata e

o Agreste Pernambucano entre as latitudes 7° 58' 0" S e 8° 13' 0" S e as longitudes 35° 5' 0" O e 35° 30' 0" O (BRAGA et al., 2021).

Foram utilizados para compor a base do mapeamento e para coleta de dados cenas de imagens da Missão ALOS PALSAR, com resolução espacial de 12,5 m, estando disponíveis gratuitamente no site da Alaska Satellite Facility (ASF). A modelagem digital foi realizada no software ArcGIS da ESRI GIS and Mapping Software, licenciado para o laboratório de Geotecnologias do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE. Criou-se uma plataforma de armazenamento e organização dos dados e produtos (mapas temáticos) obtidos, subdividida em topográficos e morfométricos, uso e conflito, riscos ambientais e zoneamentos (CALDAS, 2015).

Para a determinação do risco de incêndio na bacia do rio Tapacurá, foram utilizados mapas de quatro fatores ambientais do uso do solo (US); declividade (D); deficiência hídrica anual (DHA); precipitação pluviométrica (PV); altitude (A); temperatura média do ar (TMA); evapotranspiração real anual (ERA) e orientação do relevo (OR) que foram reclassificados em classes, às quais foram atribuídos coeficientes de contribuição de acordo com sua importância para o risco de incêndio, na escala de 1 a 3, do menor para o maior risco. O critério adotado para distribuição de todos os coeficientes e, posteriormente dos pesos, para cada fator ambiental, foi definido a partir da importância de cada fator, sendo esta obtida em levantamentos bibliográficos e em debates com uma equipe multidisciplinar, composta por Engenheiros Agrônomos e Florestais, Biólogos, Advogados e Geógrafos. Os dados climatológicos foram obtidos do banco de dados climáticos do Brasil, disponibilizado pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), dados de temperatura média anual, chuva total anual e balanço hídrico (deficiência hídrica e evapotranspiração real) de estações meteorológicas dispersas em nove municípios do estado de Pernambuco. Estes dados foram estimados durante a modelagem através do método das coordenadas geográficas.

Mapa, com dados provenientes da plataforma MapBiomas, foi utilizado para mapeamento do uso e cobertura do solo, onde obteve-se imagens do ano de 2019 processadas a partir de mosaicos Landsat que classificam o uso do solo do estado de Pernambuco de maneira geral, sendo feito download do mapa via Google Earth Engine. A partir do modelo digital de elevação (MDE), foi possível obter três mapas distintos, sendo estes o mapa hipsométrico, de declividade e de orientação do relevo da área de estudo.

A partir das operações de álgebra de mapas temáticos para gerar o risco de incêndio, foi possível elaborar mapa com valores indo de 1 a 3, sendo estes baixo, médio e alto risco respectivamente, onde foi utilizado para este propósito o modelo matemático adaptado de Chuvieco e Congalton (1989), expresso a seguir (EQUAÇÃO 1).

$$\text{IRI} = 20\text{US} + 15\text{D} + 12\text{DHA} + 10\text{PV} + 9\text{A} + 8\text{TMA} + 8\text{ERA} + 5\text{OR}$$

(Equação 1)

Em que, IRI = índice de risco de incêndio, e como mencionado anteriormente, US = uso do solo; D = Declividade; DHA = Deficiência hídrica anual; PV = Precipitação pluviométrica; A = Altitude; TMA = Temperatura Média do Ar; ERA = Evapotranspiração Real Anual e OR = Orientação do Relevo.

Atribuindo-se os pesos aos mapas dos fatores ambientais conforme o modelo acima de acordo com o grau de importância de cada fator.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível verificar que na região a classe de pastagem é predominante, ocupando 324,99 km², equivalente a 69,19% da área. Logo em seguida, temos a classe floresta com 92,80 km² de área ocupada, equivalente a 19,76% do total. E em menor escala, temos a agricultura, zonas urbanas e corpos hídricos que somados ocupam 51,89 km² e ocupam cerca de 11,05% da área total.

Como percebe-se a predominância de pastagem na região, é importante destacar que este tipo de campo sofre bastante efeito da

deficiência hídrica, onde após longos períodos sem chuva apresentam grande risco potencial de gerarem ou manterem um incêndio florestal, sendo então classificados como uma classe de alto risco.

Na área encontram-se valores de precipitação anual que variam desde 640 mm de chuva, primariamente na porção oeste da bacia, até cerca de 1500 mm de chuva, primariamente na porção leste da bacia.

Verificou-se distribuição da evapotranspiração ao longo da bacia em valores de 675 mm na porção oeste da bacia, até 954 mm na porção leste, condizendo então esta região de maior evapotranspiração com os valores mais elevados de temperatura do ar.

Desta maneira, percebe-se também que para o caso da bacia hidrográfica, equivalem estas regiões de menor evapotranspiração à de menor pluviometria, onde os valores de deficiência hídrica variam desde os 366 mm na porção oeste da bacia, aos 568 mm na porção leste da bacia, sendo estes valores classificados em três classes para a determinação do risco de incêndio.

A temperatura média do ar elevada demais poderá proporcionar maior risco da ocorrência destes eventos. É possível dividir a temperatura média anual dentro da bacia em três classes, variando desde 23,24 °C até 24,85 °C. Neste caso, as temperaturas se encontram mais elevadas na região mais próxima ao litoral se comparado com a porção oeste da área de estudo, apresentando então um maior risco potencial para este fator na porção leste.

Considerando então que a partir do MDE é possível obter outros fatores de relevo, em seguida pode-se levantar a questão do fator declividade da própria bacia hidrográfica. A declividade se trata de um fator de extrema importância, pois a propagação do fogo em áreas de maior inclinação é maior que as de menor inclinação, onde à medida que o valor de inclinação aumenta, também é facilitado a transferência de calor, facilitando que o incêndio se propague por áreas mais declivosas (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998; SOARES; BATISTA, 2007).

Na área de estudo, apresentou-se majoritariamente áreas dentro da classe plana de declividade, com parte se encaixando na classe suave ondulado e uma minoria sendo considerada como ondulada.

Não foram encontrados valores de declividade que se encaixassem em nenhuma das outras classes preconizadas pela Embrapa.

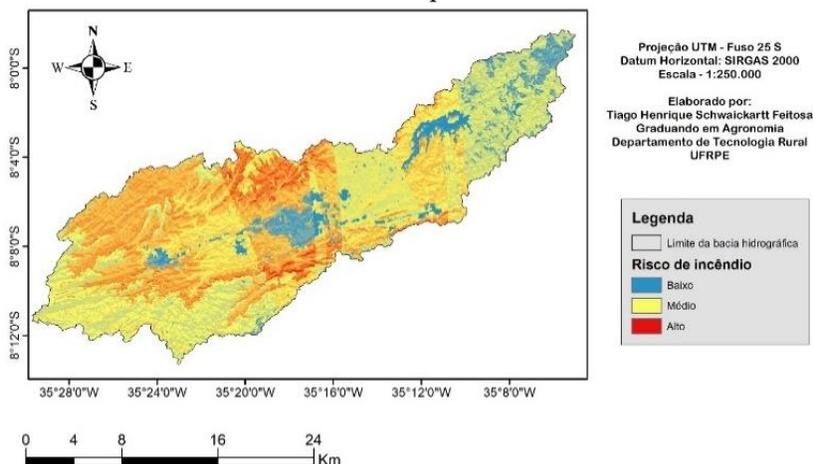
O último fator de relevo a ser considerado seria então a orientação do relevo da área da bacia, onde de acordo com a posição que a face do relevo se encontra, esta irá apresentar um maior risco potencial de incêndio, onde aqueles que se apresentarem ao norte, nordeste ou noroeste possuem maior risco em virtude da maior exposição à luz solar que irá reduzir a umidade do material combustível (OLIVIEIRA, 2012).

Com todos estes fatores, foi possível elaborar o mapa de risco de incêndio (FIGURA 1), onde o mesmo ilustra o produto proveniente da aplicação do modelo adaptado de Chuvieco e Congalton (1989) acima dos fatores ambientais escolhidos para a análise do risco de incêndio florestal na bacia do rio Tapacurá, favorecendo e ilustrando as diferentes classes de risco dispostas dentro da área da mesma.

Todas as três classes de risco (baixo, médio e alto) apresentam ocorrência na área estudada, onde podemos visualizar que as áreas mais suscetíveis ao risco de incêndio florestal são as regiões de morro presentes nas redondezas das principais áreas urbanas inseridas dentro da bacia hidrográfica, com exceção das próprias zonas urbanas em si, que apresentam classes de baixo risco de incêndio. Destas áreas de morro, a de maior risco seria a região localizada dentro do município de Vitória de Santo Antão, seguido logo após pelo município de Pombos, ambos apresentando as maiores concentrações de classe de alto nível de risco de incêndio, se estendendo minoritariamente para o município de Moreno. Já em questão das áreas denotadas por classe média de risco de incêndio, se apresentam nas regiões central, sendo esta entre a cidade de Vitória de Santo Antão e a barragem do Tapacurá, a região sudoeste que faz divisa com os municípios de Pombos, Chã Grande e Gravatá, e parcialmente na região nordeste inserida no município de São Lourenço da Mata. E pela questão das áreas com classe de baixo risco de incêndio florestal, estas foram encontradas, como anteriormente mencionado, nas zonas urbanas, mas também se apresentam nas áreas ocupadas pelos

principais corpos hídricos da região, como também as zonas de agricultura na região nordeste da bacia.

Figura 1 - Mapa do risco de incêndio da bacia hidrográfica do rio Tapacurá



Através da análise da Tabela 1, proveniente da quantificação dos pixels pertencentes às diferentes classes juntamente com associação à resolução espacial destes, foi possível estabelecer o quantitativo de áreas que cada classe ocupa, verificando-se que 48,49% da área da bacia do rio Tapacurá está sob o nível médio de risco de incêndio, sendo este o maior percentual dentre as classes, seguido por 41,28% sob o nível de alto risco de incêndio e 10,23% sob o nível de baixo risco de incêndio, correspondendo ao menor percentual da área da bacia.

Tabela 1 – Área dos níveis do risco de incêndio florestal para a bacia do rio Tapacurá – PE.

Níveis	Áreas (km ²)	%*
Baixo	47,89	10,23
Médio	226,91	48,49
Alto	193,18	41,28
Total	467,99	100

*Percentual em relação à área total da bacia

CONCLUSÕES

O mapa de risco de incêndio denota que 48,49% da área da bacia do rio Tapacurá se encontra sob nível médio de risco de incêndio, constituindo este a maior porcentagem dentre as classes, seguido por 41,28% da área sob alto risco de incêndio, e 10,23% da área constituída por baixo nível de risco de incêndio.

É perceptível que dentre as áreas mais afetadas, estas são as localizadas nas redondezas das principais zonas urbanas da bacia, sofrendo influência tanto de fatores físicos, da classe de uso do solo constituída de floresta e pastagens, e também do relevo da região, como também sofre influência de fatores climáticos por estar em uma região da bacia que naturalmente há menor pluviosidade, este é um dos principais fatores climáticos que caracterizou o risco, juntamente com a evapotranspiração e a deficiência hídrica.

Através destas áreas denotadas, seria então possível utilizar deste conhecimento para nortear a tomada de decisão da esfera pública para possíveis medidas de prevenção ou combate de focos de incêndio que poderão acontecer dentro da área de estudo.

REFERÊNCIAS

BRAGA, S. E. *et al.* Conflito ambiental de uso do solo na bacia hidrográfica do Tapacurá-PE. **Research, Society and Development**, 27 fev. 2021. v. 10, n. 2, p. e52310212833.

CALDAS, A. M. **Diagnóstico geoambiental no município de Batatais-SP**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. **Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping**. *Remote Sensing of Environment*, ago. 1989. v. 29, n. 2, p. 147–159.

DESSIE, A.; BREDEMEIER, M. **The Effect of Deforestation on Water Quality: A Case Study in Cienda Micro Watershed, Leyte, Philippines**. *Resources and Environment*, Vol. 3 No. 1, 2013, pp. 1-9.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa Monitoramento por Satélite**. SENTELHAS, P. C.; MARIN, F. R.; FERREIRA, A. S.; SÁ, E. J. S. de. Banco de dados climáticos do Brasil. 2003. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/>>.

- FERNANDES, M.C.; COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M.; AVELAR, A.S. **Avaliação geocológica de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Floresta e Ambiente 2011; 18(3): 299-309.
- FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. **Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG).** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 26, n. 53, p. 39-48, 1998.
- OLIVIEIRA, E. de G. **MAPA DE RISCO E PROPAGAÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA.** UnB, Instituto de Geociências. 2012, p. 17.
- LEAL, M. S. *et al.* **Definition of priority areas for soil and water conservation in the Itanguá watershed, Capão Bonito, SP state, Brazil.** Ciência Florestal, 1 jun. 2019. v. 29, n. 2, p. 531-544.
- MOREIRA, P. A. G.; MENDES, T. A.; SANTOS, D. F. Dos. **Avaliação de locais potenciais para instalação de torres de observação para prevenção de risco de incêndios florestais.** Ciência Florestal, 1 out. 2020. v. 30, n. 4, p. 1266-1282.
- PAZ, S.; CARMEL, Y.; JASHAN, F.; SHOSHANY, M. **Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: a recent case study from Mt. Carmel (Israel).** Forest Ecology and Management 2011; 2011(262): 1184-1188.
- Projeto MapBiomias. **Coleção 5 da Série Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil.** Disponível em: <<https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1>>.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: Controle, Efeitos e Uso do Fogo.** Curitiba: UFPR, 2007. 264 p.
- VENTURI, N. L. **Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância a incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas.** 120p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

ESTUDO DE VULNERABILIDADE À EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPACURÁ - PE

Estela Carneiro Moraes¹; Anildo Monteiro Caldas²; Salatiel Ewen
Braga³, Tiago Henrique Schwaickart Feitosa⁴, Allana Monique
Bezerra Lustosa Perônico⁵

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental, UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil;
carneiro.estela@gmail.com.

² Professor do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE; Recife;
Pernambuco; Brasil; anildo.caldas@ufrpe.br

³ Mestrando do programa de pós graduação em Engenharia Ambiental, UFRPE;
Recife; Pernambuco; Brasil; salatiel_braga@hotmail.com

⁴ Graduando em Agronomia, UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil;
euzonio.rizzi@ufrpe.br

⁵ Graduanda em Agronomia, UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil;
allanaperonico@gmail.com

RESUMO: A degradação ambiental é uma problemática séria atualmente, ao mesmo tempo que a preocupação com recuperação e conservação das áreas naturais entram em evidência, aumentam também a exploração dos recursos naturais, a sociedade humana cresceu de maneira predatória e as consequências repercutem no meio ambiente. Esta pesquisa tem como principal objetivo o estudo e mapeamento da vulnerabilidade à erosão da Bacia hidrográfica do Rio Tapacurá, tomando como base a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), na qual é possível classificar os seguintes fatores: sua relação com o uso e ocupação do solo, o relevo da região, a cobertura vegetal, os tipos de solo presentes na área, estrutura geológica local, a distribuição das precipitações, e por fim definir os índices de vulnerabilidade à erosão apresentados na Bacia Hidrográfica. Com os resultados obtidos foi possível conhecer as principais características qualitativas e quantitativas da

bacia, assim como perceber a importância deste tipo de pesquisa na manutenção dos recursos naturais e na gestão pública.

Palavras-chave: solos, meio ambiente, manejo e conservação do solo

INTRODUÇÃO

A preservação dos recursos hídricos e a prevenção à degradação do solo são o centro de diversas discussões em todo o mundo, no Brasil não é diferente (CALDAS, 2021). A constituição federal menciona que é direito de todos o equilíbrio ecológico do Meio Ambiente, sendo ele um bem de uso comum e promotor de qualidade de vida. Em agosto de 1981 foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente, através da Lei Federal nº 6.938 (BRASIL 1981). Tendo como principal função a manutenção do equilíbrio ecológico, por meio do Zoneamento Ecológico-Econômico, fazendo com que o estudo e mapeamento da vulnerabilidade à erosão possa vir a ser utilizado como instrumento de sua elaboração. Quase 16 anos depois, em janeiro de 1997 foi sancionada a lei Federal 9.433 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, afim de, coordenar e planejar a gestão dos recursos hídricos, tornando então, a bacia hidrográfica como a unidade territorial para sua implementação.

Em maio de 2012 foi criado o Código Florestal Brasileiro, a partir da Lei Federal 12.651 (BRASIL, 2012) que visa a preservação de florestas e demais tipos de flora pertencentes à região, assim como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar áreas de vulnerabilidade à erosão na bacia hidrográfica do rio tapacurá – PE. Tal estudo poderá auxiliar a gestão ambiental e apoiar à tomada de decisão de gestores, seja nos Comitês de Bacias Hidrográficas, municipais, estaduais ou federais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: O estudo foi realizado na bacia do rio Tapacurá, sub-bacia do rio Capibaribe, esta bacia está localizada entre a Zona da Mata e o Agreste Pernambucano entre as latitudes 7º 58' 0" S e 8º 13' 0" S e as longitudes 35º 5' 0" O e 35º 30' 0" O (BRAGA, 2021, DUARTE, 2007).

Elaboração do mapa temático de vulnerabilidade à erosão

A vulnerabilidade à erosão hídrica foi definida considerando os índices, de acordo com a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), com valores empíricos para 21 classes de vulnerabilidade à perda de solo, distribuídas de acordo com a escala de suscetibilidade à erosão. A análise baseia-se em processamento, classificação e integração das características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, vegetativas e climáticas. Cada característica representa um fator de vulnerabilidade. Por meio de álgebra de mapas, equacionado pela média aritmética de todos os fatores, tem-se o valor de índice para a suscetibilidade à erosão. A base de dados é composta do Modelo digital de elevação (MDE); do Mapa Geológico; do Mapa de Solos; do Mapa de Uso do Solo; e dos dados de pluviometria. Tendo como fonte dos dados o Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (IBGE), o Serviço Geológico do Brasil – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e o MDE, obtido no Banco de dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA.

O grau de dissecação do relevo foi avaliado pela drenagem e declividade e pela densidade de drenagem (Dd). Cada índice foi definido pela reclassificação de pixels do arquivo da declividade, agrupando-os de acordo com os índices tabelados propostos por Crepani et al. (2001).

O agrupamento formou as unidades de paisagem que foram transformadas para o formato vetor e os valores de índices implementados em sua tabela de atributos. Assim, os valores calculados foram selecionados de acordo com sua grandeza e relacionados com o valor de índice adaptado com base na

classificação qualitativa de Florenzano (2008), que considera a densidade de drenagem como muito baixa (menor que 0,5 km), baixa (entre 0,5 e 3,0 km), média (entre 3,0 e 6,0 km), alta (entre 6,0 a 10 km) e muito alta (maior que 10 km). Os índices para o subfator densidade de drenagem, por não serem especificados pela metodologia, seguem uma relação qualitativa conforme a estabelecida por Florenzano (2008).

O índice de suscetibilidade à erosão para o fator geomorfológico foi calculado por meio de álgebra de mapas seguindo a Equação 1:

$$R = (Gd + A + D)/3 \quad \text{Eq.1}$$

Onde, R: valor do índice geomorfológico; Gd é o índice de suscetibilidade para o grau de dissecação pela drenagem; A é a amplitude altimétrica e D equivale à declividade.

O grau de vulnerabilidade foi estabelecido por Crepani et al. (2001) em estável (intervalo de índice de 1,0 a 1,3); moderadamente estável (1,4 a 1,7); medianamente vulnerável (1,8 a 2,2); moderadamente vulnerável (2,3 a 2,6) e; vulnerável (2,7 a 3,0).

Para determinar o fator geologia, as características analisadas pela metodologia para a atribuição dos valores empíricos são a resistência das rochas à denudação e o grau de coesão das partículas constituintes delas.

O fator geologia foi definido, então, por meio da carta geológica, georreferenciada e digitalizada (em formato vetorial). Os índices para esse fator foram atribuídos de acordo com os valores propostos por Crepani et al. (2001) ao mapa vetorizado das unidades geológicas seguindo suas características litológicas.

Aos dados aqui citados foram atribuídos índices à cada categoria para a utilização da álgebra de mapas e obtenção do mapa temático de vulnerabilidade à erosão e suas classes estabelecidas, utilizando a metodologia proposta por Crepani et al. (2001).

Para obtenção do mapa de vulnerabilidade à erosão foram utilizados os seguintes mapas: hidrológico, de uso e ocupação de

solo, altimétrico, de declividade, vegetação, pedológico, geológico, climático e por fim o de susceptibilidade à erosão. Utilizando o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 e escala 1: 250.000.

O mapa hidrológico foi obtido a partir do processamento do MDE, utilizando a ferramenta HYDROLOGY. Tendo como principal função, quando somada à declividade, a aplicação para a obtenção dos dados da densidade de drenagem necessária para avaliar as características da dissecação da bacia.

O mapa de Ocupação e uso do solo da bacia foi obtido a partir do recorte feito no Mapa de solos, obtido no banco de dados do IBGE (2006).

O mapa de altimetria foi obtido a partir do recorte do MDE, utilizando os limites da Bacia Hidrográfica.

A declividade foi medida a partir do processamento do MDE, e seguiu a classificação preconizada pela Embrapa (1979) que é dividida em 6 classes: Plano (0 – 3%), Suave Ondulado (3 – 8%), Ondulado (8 – 20%), Fortemente Ondulado (20 – 45%), Montanhoso (45 – 75%), Forte-Montanhoso/Escarpado (> 75%). A bacia tem como classe mais decorrente observada a fortemente ondulado, que prevalece em 42,7% de sua área.

Posteriormente foram atribuídos os índices determinados por Crepani et al.(2001), a classificação para a declividade é dividida em 5 classes e com índices correspondentes a cada uma.

A vegetação foi classificada em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Aberta, o mapa de vegetação foi elaborado a partir do Mapa de Vegetação Brasileira. Escala 1:250.000 (IBGE, 2021).

A pedologia da bacia foi obtida a partir do recorte feito no Mapa de solos, obtido no banco de dados do IBGE (2006). A principal fonte de erosão hídrica é o contato entre a chuva e o solo, a resistência do solo a processos erosivos está atrelada à maturidade do mesmo, solos mais jovens são mais suscetíveis, enquanto solo mais antigos, são mais resistentes (CREPANI et al., 2001).

Os complexos geológicos pertencentes à área foram obtidos a partir do mapa Geologia do banco de dados do IBGE (2019). Os índices

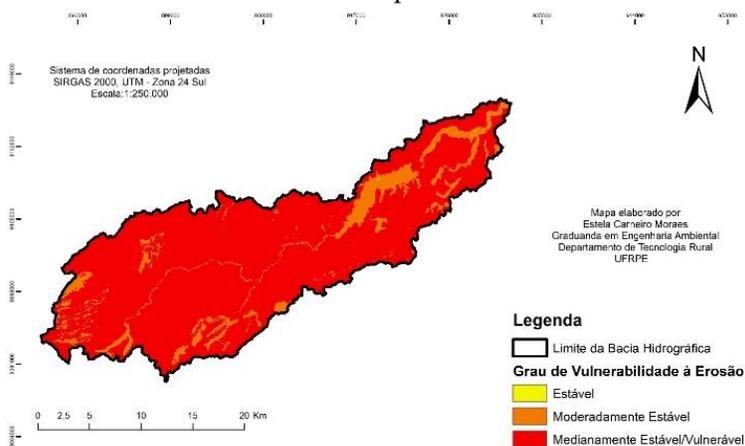
para esta categoria foram obtidos através de média, considerando as principais rochas presentes em cada unidade.

A Pluviometria é principal fator climático a ser observado no estudo da vulnerabilidade à erosão, segundo Crepani (2001), é a intensidade das chuvas no local. Os dados pluviométricos foram obtidos a partir do Atlas Pluviométrico do Brasil fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, em Isoietas das médias anuais na escala 1:5.000.000, dos anos de 1977 – 2006.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da elaboração do Mapa de vulnerabilidade à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá (Figura 1) foi possível indicar em quais graus a bacia está suscetível a erodir.

Figura 1 - Mapa de Vulnerabilidade à Erosão da bacia hidrográfica do Rio Tapacurá.



Na área de estudo foram identificados os graus: estável, com um percentual mínimo de ocupação (0,04%), moderadamente estável ocupando 12,40% da área e medianamente estável/ vulnerável com maior abrangência, chegando aos 87,56%. Não foram identificados os graus moderadamente vulnerável e vulnerável.

A partir do diagnóstico realizado é necessária atenção à região tendo em vista que em sua maior parcela a ocupação e degradação antrópica está presente, e apenas resquícios de vegetação nativa resistem.

Para a recuperação de áreas tão manipuladas pelo homem é necessária intervenção a fim de possibilitar a recuperação ambiental, através do plantio de vegetação nativa em locais mais afetados e sensíveis. Sendo assim necessária a avaliação e escolha da técnica mais aplicável, para reduzir o risco de erosão na área (CARPANEZZI; NICODEMO, 2009).

CONCLUSÕES

Neste estudo foi possível conhecer as diferentes características da área de estudo tanto hidrológica, quanto a ocupação da região, sua geomorfologia, vegetação, assim como os solos pertencentes, a geologia, e a média anual de chuvas para a região. A partir destes dados foi possível produzir o mapa temático de vulnerabilidade à erosão e definir seus graus que variaram de estável a medianamente estável/ vulnerável.

Tendo em vista que a região se trata de uma importante fonte hídrica para o estado de Pernambuco, são necessários esforços para a sua conservação. Esse tipo de estudo visa possibilitar o planejamento, manutenção e recuperação por parte da população, instituições e poder público.

REFERÊNCIAS

BRAGA, S. E. et al. Conflito ambiental de uso do solo na bacia hidrográfica do Tapacurá-PE. *Research, Society and Development*, 27 fev. 2021. v. 10, n. 2, p. e52310212833.

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 28/05/2012, P. 1. Acesso em: 10/09/2020

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 02/09/1981, P. 16509. Acesso em: 10/09/2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997, P. 470.

CALDAS, A. M.; ROLIM NETO, F. C.; RODRIGUES, A. de C. F.; MOURA, A. E. S. S. de .; SILVA, E. R. da .; POSSAS, J. M. C.; SENA, J. R.; BRAGA, S. E.; SILVA, L. J. de S. .; RIZZI NETO, E.; PERÔNICO, A. M. B. L. .; FEITOSA, T. H. S.; SANTOS, A. H. de O.; SOUZA, I. A. de; CORRÊA, M. M. . Morphometry, physical-chemical and microbiological water quality aspects and anthropic actions in a watershed in the Atlantic Forest region, Brazil. Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e12210514656, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14656. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14656>. Acesso em: 23 ago. 2021.

CARPANEZZI, A. A.; NICODEMO, M. L. F. **Recuperação de mata ciliar e reserva legal florestal no noroeste paulista.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 35 p.

Companhia de pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa de Isoietas de precipitações Médias Anuais do Brasil. escala 1:5.000.000.** Acesso em: 02/02/2021

CPRM. **Atlas Pluviométrico do Brasil fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil.**

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. (2001). **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial.** Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos - SP. 103p.

DUARTE, C.C.; GALVÍNCIO, J.D.; CORRÊA, A. C. B.; ARAÚJO, M. S. B. **ANÁLISE FISIOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPACURÁ- PE.** (2007) Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, no 2, mai/ago.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa Monitoramento por Satélite. MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas, 2005 Acesso em: 20/02/2021

FLORENZANO, T.G. (2008). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Org. por Florenzano, T.G., Ed. Oficina de Textos, São Paulo – SP, 320p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). **Geologia. Escala 1:250.000.** Disponível em: ibge.gov.br/geociencias. Acesso em: 24/02/2021

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). **Mapa de Vegetação Brasileira. Escala 1:250.000.** Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/vetores/escala_250_mil/.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006). **Mapa de solos. Escala 1:5.000.000.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes_ambientais. Acesso em: 24/02/2021

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography.** Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GOIANA, PERNAMBUCO, BRASIL

Jenierlly de Matos Peres¹; Anildo Monteiro Caldas²; Lucas José de Souza Silva³; Gleyton Lopes Barboza Lacerda⁴; Alice Pedrosa Correia⁵

¹Graduada em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; jenierllymatos@gmail.com

²Graduado em Agronomia, Mestre em Engenharia Ambiental, Doutor em Agronomia, Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; anildo.caldas@ufrpe.br

³Graduado em Agronomia, Pós-graduando em Engenharia Ambiental; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; lucasj.engenharia@gmail.com

⁴Graduado em Engenharia Ambiental, Pós-graduando em Engenharia Ambiental; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; gleytonlb@gmail.com

⁵Graduada em Engenharia Ambiental, Pós-graduanda em Engenharia Ambiental; Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil; alicepedrosac@gmail.com

RESUMO: As características morfométricas são de grande importância, tanto na compreensão do comportamento hidrológico de uma área quanto para instrumento das tomadas de decisão para conservação, uso e ocupação das terras. O objetivo deste trabalho foi apresentar as principais características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Goiana, PE, considerando a geometria, o relevo e a drenagem, utilizando dados SRTM em Sistema de Informações Geográficas (SIG). Como resultados obtidos verificou-se que a bacia apresentou área de drenagem de 2.873,62 km², perímetro de 334,65 km, formato alongado, hierarquia fluvial de 4^a

ordem e baixa susceptibilidade à ocorrência de enchentes. As técnicas de geoprocessamento e o dado SRTM utilizados mostraram-se eficientes na obtenção da caracterização morfométrica, obtendo resultados de forma rápida, confiável e com reprodutibilidade científica.

Palavras-chave: comportamento hidrológico, SRTM, geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas têm sido utilizadas como uma unidade geomorfológica fundamental. Isso se deve ao fato de suas características governarem, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Assim, vem sendo considerada uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais (PISSARRA, 1998; PISSARRA et al., 2004, CALDAS, 2021). A bacia hidrográfica ou de drenagem pode ser definida como uma região delimitada por divisores de água, inserida em determinado espaço territorial, onde os diversos cursos d'água escoam para um ponto menos elevado, ou seja, para o exutório, sendo esta, ainda, considerada como a maneira mais eficaz para gerenciamento de uso dos recursos naturais, por seus limites serem com estabilidade tornando acessível o monitoramento das modificações no uso e ocupação dos recursos hídricos. (SILVEIRA, 2009; LOPES, 2018).

Diante disso, a análise morfométrica pode ser utilizada na obtenção de informações sobre a dinâmica e comportamento de uma bacia hidrográfica, permitindo verificar a susceptibilidade de ocorrência de enchente e outras inúmeras tendências naturais (GERBER et al., 2018; LACERDA et al., 2019).

Nesse contexto, esse trabalho tem por objetivo apresentar as principais características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Goiana, PE, considerando a geometria, o relevo e a drenagem, utilizando dados SRTM em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Goiana, que possui área de drenagem de 2.873,62 km², está situada entre os estados de Pernambuco e da Paraíba sob as coordenadas geográficas: 7º 22'20" e 7º 54' 47" de latitude Sul, e 34º 49'06" e 35º 41'43" de longitude. Foram utilizados dados obtidos por sensoriamento remoto como o Modelo Digital de Elevação – MDE do Shuttle Radar Topography Mission - SRTM/NASA do estado de Pernambuco, do ano de 2015, oriundas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. O tratamento dos dados foi executado por intermédio do programa computacional ArcGis, versão 9.3. Foram produzidos quatro mapas temáticos: drenagem, declividade, altitude, solos e curvas de nível. Esses mapas estão melhores especificados no Quadro 1.

Quadro 1 - Resumo sobre a criação dos mapas temáticos.

Tipo de Mapa	Método base de criação
Rede de drenagem	Criado a partir do MDE com uso de geoalgoritmos.
Declividades	Criado a partir do MDE e na definição de suas classes utilizou as classificações do relevo da EMBRAPA.
Altitudes	Foi adaptado a partir do mapa das curvas de nível, dos pontos cotados existentes na SRTM e do limite da bacia.
Solos	Foi adaptado a partir de uma shapefile da EMBRAPA Solos.

De posse da delimitação da área da bacia, obtiveram-se diferentes parâmetros morfométricos, como: área da bacia, perímetro, fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, ordem dos cursos d'água, declividade, altitude e coeficiente de rugosidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos calculados para a bacia hidrográfica do rio Goiana.

Característica	Parâmetro (unidade)	Fórmula ou método
Geométrica	Área (km ²)	Procedimentos no software
	Perímetro (km)	Procedimentos no software
	Fator de forma	$k_f = A/Lb^2$
	Índice de circularidade	$I_c = 12,53 (A / P^2)$
	Coefficiente de compacidade	$k_c = 0,28 (P / \sqrt{A})$
Hidrográfica	Densidade de drenagem (km/km ²)	$D_d = C_r/A$
	Ordem da drenagem	Hierarquia fluvial - Strahler (1957)
Relevo	Declividade (%)	Procedimentos no software
	Altitude (m)	Procedimentos no software
	Coefficiente de rugosidade	$CR = H . D_d$

Nota: os parâmetros fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade e coeficiente de rugosidade são adimensionais.

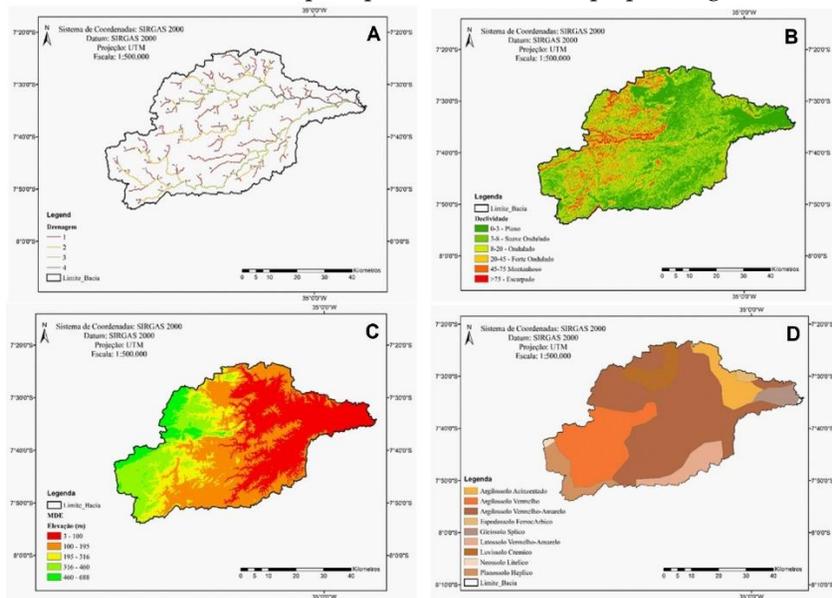
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do rio Goiana apresenta comprimento total de todos os canais igual a 819,22 km. Em relação à hierarquia de drenagem de Strahler (1957), a bacia possui ramificação de 4^a ordem (Figura 1A). A bacia apresenta uma densidade de drenagem de 0,29 km/km². Comparando os valores moderados da Dd encontrados nos estudos de Lacerda et al. (2019) e Salis et al. (2019), 1,4 e 1,59 km/km², respectivamente, com o valor desse estudo, pode-se afirmar que a Dd é considerada baixa. Para dar robustez a caracterização das linhas de drenagem indicadas no MDE, são recomendados estudos mais minuciosos, com medidas em campo

e monitoramento dos canais, que permitam a diferenciação para os diferentes tipos de canais existentes (SALIS et., 2019).

O coeficiente de compacidade (K_c) da bacia do rio Goiana foi de 1,75, sendo indicativo de baixa susceptibilidade à ocorrência de enchentes. O índice de circularidade (I_c) foi de 0,32. Esses índices tendem para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminuem à medida que a forma torna-se alongada. Quando associados ao fator forma (K_f) de 0,31 reforçam uma geometria de formato radial ou ramificada da bacia, o qual facilita o escoamento da água e conseqüentemente diminui o risco de ocorrência enchentes.

Figura 1- (A) Rede de drenagem e suas respectivas ordens; (B) mapa de declividades; (C) mapa hipsométrico; (D) mapa pedológico.



A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa (TONELLO et al., 2006). Na Figura 1B, observa-se a

predominância de uma declividade média de 12,84%, sendo o relevo da bacia considerado ondulado, apresentando com isso maior escoamento e conseqüentemente maior suscetibilidade a erosão. O escoamento superficial, segundo Machini et al. (2015), pode afetar diretamente regiões com alta declividade, decorrente a velocidade de fluxo da água.

Pode-se observar o mapa hipsométrico, Figura 1C, uma variação de altitude entre de 3 e 688 m, com uma diferença de nível de 685 m da cota mais alta para a mais baixa.

Quanto a pedologia da bacia, foi constatado uma predominância do Argissolo Vermelho-Amarelo com 1492,86 km² e, em seguida, com a segunda maior área, o Argissolo Vermelho com 582,39 km² (Figura 1D).

O coeficiente de rugosidade é um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais em bacias hidrográficas, determinando o potencial de uso do solo, para atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, reflorestamento ou preservação permanente. O valor obtido de CR foi de 3,66, indicando que a área possui aptidão agrícola de agricultura, conforme classificação utilizada por Rocha e Kurtz (2001).

CONCLUSÕES

A bacia do rio Goiana é caracterizada de 4^a ordem, com formato radial ou ramificada, e não apresenta riscos de ocorrência a enchentes. O relevo foi classificado como ondulado com declividade média de 12,83%. O coeficiente de rugosidade indicou que a bacia apresenta potencialidades do uso do solo para a agricultura.

REFERÊNCIAS

CALDAS, A. M.; ROLIM NETO, F. C.; RODRIGUES, A. de C. F.; MOURA, A. E. S. S. de .; SILVA, E. R. da .; POSSAS, J. M. C.; SENA, J. R.; BRAGA, S. E.; SILVA, L. J. de S. .; RIZZI NETO, E.; PERÔNICO, A. M. B. L. .; FEITOSA, T. H. S.; SANTOS, A. H. de O.; SOUZA, I. A. de; CORRÊA, M. M. . Morphometry, physical-chemical and microbiological water quality aspects and anthropic

actions in a watershed in the Atlantic Forest region, Brazil . Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e12210514656, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14656. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14656>. Acesso em: 23 aug. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F.. Morphometric characterization Itajaí river watershed-Santa Catarina. **Acta Biologica Catarinense**, v. 5, n. 1, p. 72-83, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Geociências**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>. Acesso em: 2 jan. 2020.

LACERDA, G. L. B.; FIRMINO, L. Q.; SÁ, A. C. N.; ROCHA NETO, O.; SILVA, V. F. Caracterização morfométrica: estudo de caso da bacia hidrográfica do Riacho dos Grossos, Paraíba, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.2, p.362-376, 2019.

LOPES, E. R. N. **Zoneamento ecológico-econômico**: diretrizes, parâmetros e técnicas para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista, 2018.

MARCHINI, D.; LING, T.; ALVES, M.; CRESTANA, S.; SOUTO FILHO, S. N.; ARRUDA, O. G.. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.6, p.574-580, 2015.

PISSARRA, T.C.T. **Avaliação quantitativa das características geomorfológicas de microbacias hidrográficas 1º ordem de magnitude em quatro posições do sistema natural de drenagem**. 1998. 124f. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 1998.

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, 297-305, 2004.

ROCHA, J. S. M. da; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4 ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120 p.

SALIS, H. H. C.; COSTA, A. M. da.; VIANA, J. H. M.; SCHULER, A. E. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas – MG. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 186-201, 2019.

SILVEIRA, A. L. L.. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: SILVEIRA, A. L. L.. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. UFRGS, 2009. p.35-51.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: **Transactions: American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F.
P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG.
Revista Árvore, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM COBERTURAS FLORESTAIS NATIVAS E EXÓTICAS NO MANANCIAL DA FLORESTA ESTADUAL DE BATATAIS, SP

Rubens Francisco Pereira de Faria¹; Beatriz Cristina de Araújo²;
Juliana Aparecida Moureira³; Daniele Alberta Martins⁴; Marcelo
Zanata⁵

¹ Discente do Curso de Engenharia Florestal; UFSCAR; Sorocaba; SP; Brasil;
rubensfpfaria@gmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Florestal; UFSCAR; Sorocaba; SP; Brasil;
biazinha_igs@hotmail.com

³ Discente do Curso de Engenharia Florestal; UFSCAR; Sorocaba; SP; Brasil;
juliana_moureira@hotmail.com

⁴ Discente do Curso de Ciências Biológicas; UMC; Mogi das Cruzes; SP; Brasil;
dani_alberta@hotmail.com

⁵ Engenheiro Agrônomo; Doutor em Produção Vegetal; UNESP - FCAV;
Jaboticabal; SP; Brasil; marcel_zanata@hotmail.com

RESUMO: O desenvolvimento de espécies nativas florestais plantadas há 20 anos na Floresta Estadual de Batatais foi avaliado mediante coleta de solo para análise da homogeneidade das amostras e comparação com outros usos/ocupação. Ao longo da projeção da copa de oito espécies nativas (27 indivíduos), de progênes de *Eucalyptus pellita* (25), *E. tereticornis* (30), do plantio comercial de *Pinus caribaea hondurensis* (52) e *P. c. bahamensis* (69) foram coletadas amostras compostas de solo na profundidade 0-0,20 m. A análise multivariada dos atributos do solo do Florestamento restou não significativa para as espécies nativas estudadas, indicando a homogeneidade do solo em cada tratamento e que quaisquer alterações encontradas nas espécies nativas são devidas a fatores genéticos, mas não relacionadas aos

atributos químicos do solo estudados. Por outro lado, as análises dos diferentes usos/ocupações resultaram altamente significativas, mostrando que existe diferença dos atributos do solo em relação aos diferentes usos/ocupações, mas não dentro de cada tratamento. Palavras-chave: Mata Ciliar; Recuperação de Área Degradada; Análise Multivariada.

INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 dos objetivos de desenvolvimento sustentável reforça a Convenção da Diversidade Biológica (COP15) realizada na China em outubro de 2020, indicando que “a biodiversidade esteja valorizada, conservada e restaurada sabiamente até o ano 2050, mantendo os serviços ecossistêmicos em prol de um planeta saudável e oferecendo os seus benefícios essenciais para todas as pessoas”. A restauração de ecossistemas e a recomposição da vegetação devem ser fomentadas em sintonia com estratégias para a compatibilização da produção agrícola / florestal, desenvolvimento territorial e biodiversidade (CARTA DE SÃO PAULO, 2020). Os diversos atributos químicos do solo comportam-se de forma bastante diferenciada ao longo das áreas cultivadas, devido, entre outros fatores, às alterações provocadas pelo manejo agrícola (SILVA et al., 2010). O efeito dos sistemas de manejo e uso do solo deve ser compreendido para conhecer a variação da qualidade do solo, no intuito de implantar técnicas de manejo com práticas conservacionistas (RAHMANIPOUR et al., 2014; GUIMARÃES et al., 2013). As análises multivariadas dos atributos do solo em diferentes usos/ocupações visam avaliar a homogeneidade da área de estudo, com a hipótese de que esses atributos não são uniformes ao longo do terreno.

MATERIAL E MÉTODO(S)

O município de Batatais está localizado no nordeste do Estado de São Paulo. O clima é classificado pelo Sistema de Köppen como Cwa. As precipitações pluviométricas anuais variam entre 1100 a

1700 mm ano⁻¹. O Grupo São Bento, com rochas sedimentares das formações Piramboia e Botucatu, que formam o Aquífero Guarani, as rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral e o depósito sedimentar da Formação Itaqueri compõem a estratigrafia geológica da área de estudo (ZANATA, 2013). O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (ROSSI, 2017) indica área com solo de textura média, como Latossolo Vermelho Distroférico e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, e Gleissolos nas várzeas aluviais. O trabalho foi desenvolvido num Florestamento de 20.000 árvores nativas realizado em 1999/2000 na principal nascente do córrego da Estiva, manancial de abastecimento urbano de Batatais. Antes do preparo do terreno havia pastagem com regeneração natural de plantas herbáceas ou arbustos isolados, com presença do capim barba de bode em locais úmidos. A Figura 1 mostra a mudança na paisagem através das imagens de satélite, mostrando a cobertura do solo e o fechamento da mata produzida, formando uma zona tampão para a vegetação primitiva.

Figura 1 - Desenvolvimento do plantio nos anos de 2002, 2009 e 2018.

Fonte: Google Earth.



Ao longo da projeção da copa de cada uma das 27 árvores de oito espécies nativas escolhidas foram coletadas amostras compostas de solo na profundidade 0-0,20 m. As variáveis químicas do solo analisadas foram o fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH em CaCl₂, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial

($H^+ + Al^{+3}$), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V%). Além do Florestamento visando à recuperação da mata ciliar onde havia pastagem, outras quatro áreas com testes de procedências e progênes de *E. pellita* estudados por ZANATA et al. (2010) e *E. tereticornis* estudado por MACEDO et al. (2013) e um plantio comercial de *Pinus caribaea* estudado por RUIZ (2016) também tiveram seu solo coletado nos últimos 5 anos, formando uma amostragem diversificada do mesmo tema. Os resultados das análises do solo foram submetidos à análise estatística multivariada visando separar os processos envolvidos nesta avaliação (MOTA et al., 2014; ZANATA, 2013; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise multivariada dos atributos do solo do Florestamento e dos outros usos/ocupações restou não significativa para os tratamentos (Espécies), o que indica a homogeneidade desses atributos ao longo da área de estudo, mostrando que qualquer alteração nas progênes ou indivíduos é devida a fatores genéticos. Os valores obtidos na análise de solo, de acordo com LOPES E GUIDOLIN (1989), mostram que a área com Florestamento de nativas e as demais áreas experimentais possuem pH muito alto (até 4,3) e saturação por bases (V) muito baixa (até 25%), caracterizando uma região com alta acidez do solo e com muito baixa disponibilidade de cátions para as trocas. Os teores médios de P, Ca e Mg são considerados baixos para a produção de espécies florestais. Em seguida procedemos as análises multivariadas dos atributos do solo do Florestamento junto com as demais coberturas, onde a análise de fatores (Tabela 1) mostra que os dois primeiros fatores representam 81,69% da variabilidade contida nas variáveis originais.

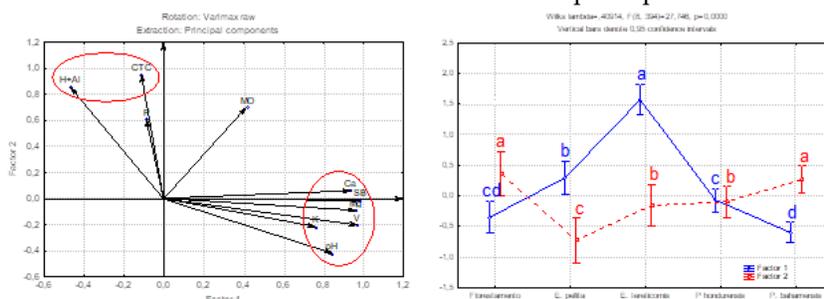
Tabela 1 - Autovalores dos fatores F1 e F2 para os atributos do solo, Batatais, SP, Brasil.

Total de observações = 203.

Variáveis	F1	F2
P (mg dm ⁻³)	-0,09	0,61
MO (g dm ⁻³)	0,42	0,70
pH CaCl ²	0,84	-0,42
K (mmolc dm ⁻³)	0,76	-0,22
Ca (mmolc dm ⁻³)	0,94	0,06
Mg (mmolc dm ⁻³)	0,96	-0,09
H ⁺ +Al ³⁺ (mmolc dm ⁻³)	-0,46	0,85
SB (mmolc dm ⁻³)	0,98	-0,01
CTC (mmolc dm ⁻³)	-0,11	0,95
V (%)	0,97	-0,20

A maior variação possível na amostra é representada pelo primeiro fator (F1=57,56%), com correlação direta entre as variáveis pH, K, Ca, Mg, SB e V. A segunda maior variação é representada pelo segundo fator (F2=24,13%), com correlação direta entre as variáveis H⁺+Al³⁺ e CTC. O plano bidimensional dos fatores F1 e F2 (Figura 2) indicam os agrupamentos formados pelas variáveis que compõem os fatores e o resultado do teste de Fischer a 5% (p<0.05) para esses fatores, considerando as coberturas do solo como tratamentos principais.

Figura 2 - Plano bidimensional dos fatores F1 e F2 mostrando os agrupamentos formados durante a análise fatorial e o resultado do teste de Fischer a 5% ($p < 0.05$) para os fatores F1 e F2, considerando as coberturas do solo como tratamentos principais.



A correlação entre as variáveis dos fatores (F1 e F2) são atributos do solo que se correlacionam entre si. Os baixos valores de pH do solo estão em função da quantidade dos elementos Ca e Mg, que somados ao K resultam na soma de bases (SB) e, conseqüentemente, na saturação por bases (V%), mostrando que um valor depende do outro. A correlação indicada pelo fator F2 complementa o processo contido em F1, pois a baixa disponibilidade de bases está relacionada ao baixo valor de pH e alto poder tampão do solo, devido à maior acidez potencial trocável ($H^{+}+Al^{+3}$) e, conseqüentemente, menor CTC. Os modelos matemáticos e computacionais estudados por LIMA et al. (2017) mostraram que o potencial de hidrogênio (pH), a acidez potencial ($H^{+}+Al^{+3}$) e os teores de Mg, P, K, Al foram características cruciais no crescimento de *Eucalyptus urograndis*. A análise de variância (ANOVA) referente ao processo contido em F1 e F2, considerando as coberturas do solo (Florestamento, Eucalyptus e Pinus), indica efeito altamente significativo em ambos os fatores, ou seja, que existe diferença significativa entre as coberturas do solo, quanto às variáveis agrupadas em F1 (pH, K, Ca, Mg, SB e V) e F2 ($H^{+}+Al^{+3}$ e CTC). Os valores obtidos para os atributos do solo em cinco usos/ocupações do solo mostra que os Eucalyptus apresentam maior teor de bases que o Florestamento e o Pinus, em solo com

menor acidez ou maior pH. No fator F2 ocorre o inverso, aos Eucalyptus restam menor acidez potencial e capacidade de troca de cátions, ficando o Florestamento em destaque para maior acidez potencial e capacidade de troca de cátions.

CONCLUSÕES

A análise multivariada dos atributos do solo do Florestamento restou não significativa para as espécies nativas estudadas, indicando a homogeneidade do solo em cada tratamento e que quaisquer alterações encontradas nas espécies nativas são devidas a fatores genéticos, mas não relacionadas aos atributos químicos do solo estudados. Por outro lado, as análises dos diferentes usos/ocupações resultaram altamente significativas, mostrando que existe diferença dos atributos do solo em relação aos diferentes usos/ocupações, mas não dentro de cada tratamento.

REFERÊNCIAS

- CARTA DE SÃO PAULO. **Bio2020: Perspectivas Brasileiras para o marco 2020 da Biodiversidade**. São Paulo, 2020. 6p.
- GUIMARÃES, R.M.L. et al. Relating visual evaluation of soil structure to other physical properties in soils of contrasting texture and management. **Soil & Tillage Research**, v. 127, p. 92-99, 2013.
- LIMA, E.S. et al. Classificação do desenvolvimento inicial do Eucalyptus usando técnicas de mineração de dados. **CERNE**, Lavras, v. 23, n. 2, p.201-208, 2017.
- LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de Análise de Solo – Conceitos e Aplicações**. 3ª edição. São Paulo: ANDA, 1989. 64p.
- MACEDO, H.R. et al. Variação, herdabilidade e ganhos genéticos em progênies de *Eucalyptus tereticornis* aos 25 anos de idade em Batatais-SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 533-540, 2013.
- MOTA, J.C.A. et al. Uni and multivariate analyses of soil physical quality indicators of a Cambisol from Apodi Plateau-CE, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 140, p. 66-73, 2014.
- OLIVEIRA JUNIOR, A.I. et al. Análise estatística multivariada aplicada à caracterização ambiental do solo em região semiárida. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p.200-210, 2019.
- RAHMANIPOUR, F. et al. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. **Ecological Indicators**, v. 40, p. 19-26, 2014.

ROSSI, M. 2017. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p. (INCLUI MAPAS). ISBN: 978-85-64808-16-4. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br>.

RUIZ, J. G. C. L.; ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas de Pinus do Instituto Florestal de Batatais/SP. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava/PR, v. 9, n. 2, p. 87-97, 2016.

SILVA, S. de A. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34 (1), 2010.

SILVA, C.S.; SILVA, F.L.C.; PEREIRA, M.G. **Análise multivariada e geoestatística no estudo da distribuição espacial de atributos do solo e da vegetação**. In: Silvicultura e Manejo Florestal: Técnicas de Utilização e Conservação da Natureza, v. 1, 2020. 440p.

ZANATA et al. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção em teste de progênes de polinização aberta de *Eucalyptus pellita*, em Batatais/SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 22, n. 2, p. 233-242, 2010.

ZANATA, M. **Morfometria de compartimentos hidrológicos e qualidade hídrica do município de Batatais - SP**. 2013. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

IV Workshop Internacional de Política de Uso e Governança de Solo
III Seminário de Sustentabilidade em Recursos Hídricos
Universidade Vale do Rio Verde – Três Corações
18 a 20 de outubro de 2021

POLÍTICA DE USO E GOVERNANÇA DO SOLO

PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA BACIAS HIDROGRÁFICAS: O CASO DA BACIA DO RIO TAPACURÁ, PERNAMBUCO, BRASIL

Richárlisson Filipe Francisco de França¹; Phietra Camilly da
Silva²; Gleyton Lopes Barboza Lacerda³; Lucas José de Souza
Silva⁴; Euzônio Rizzi Neto⁵

¹ Graduando em Engenharia Ambiental, UFRPE; Recife; Pernambuco;
Brasil; filipeffranca7@gmail.com

² Graduanda em Engenharia Ambiental, UFRPE; Recife; Pernambuco;
Brasil; phietracs.2020@gmail.com

³ Engenheiro Ambiental, Especialista em Geoprocessamento e
Goorreferenciamento, Mestrando em Engenharia Ambiental, Bolsista
Capes, UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil; gleytonlb@gmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Engenharia Ambiental, Bolsista
FACEPE, UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil; lucasjd.souzaifpe@gmail.com

⁵ Graduando em Agronomia, UFRPE; Recife; Pernambuco; Brasil;
euzonio.rizzi@ufrpe.br

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio Tapacurá, localizada em partes das cidades Vitória de Santo Antão, Chã-Grande, Moreno, São Lourenço da Mata, Pombos e Gravatá é uma sub-bacia do rio Capibaribe, e a maior parte da área do solo da região é utilizada para agricultura, cujos impactos ao meio ambiente são altamente expressivos e, até certo ponto, poderiam ser mitigados. Nesse cenário, o presente estudo objetivou propor um projeto de zoneamento ambiental a fim de dar usos menos agressivos ao solo da bacia do rio Tapacurá sem implicar prejuízos econômicos aos produtores locais, além de colaborar no zoneamento ambiental de outras bacias hidrográficas. O estudo foi realizado utilizando-se cenas de radar da missão SRTM (Shuttle Radar Topography

Mission), reprojetaadas com Datum WGS 1984 ou SIRGAS 2000 em UTM (Universal Transversa de Mercator), submetidos a processamento e análises em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Através dessa metodologia de pesquisa e processamento de dados, concluiu-se que a divisão da bacia em zonas de agricultura, pecuária, conservação e preservação ambiental é possível, e pode ser a melhor maneira de gerenciar o uso do solo da região. Diminuindo, assim, os impactos causados pelas principais atividades econômicas do território.

Palavras-chave: SIG, Meio Ambiente, Tapacurá.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade que, apesar de não tão nociva quanto a pecuária, por exemplo, é responsável por diversos impactos ambientais. Tais como a prática da monocultura, que afeta significativamente o perfil da região, o uso de máquinas e tratores (fazendo manejo do solo de maneira intensa), o desmatamento para plantação dos produtos que interessam e o uso de fertilizantes e agrotóxicos que degradam o solo atingido (BAKONYI e DEUS, 2012). A região da bacia do rio Tapacurá é uma região muito utilizada pelos produtores locais para plantação da monocultura da cana-de-açúcar, com uso de máquinas e tratores, sendo um grande caso desse tipo de impacto ambiental, mesmo que essa produção de cana seja a principal fonte de renda dos produtores rurais que trabalham no local (ABREU; et al, 2021). Além disso, o poder público deve ter como prioridade o incentivo à criação de zoneamentos ambientais em todo território nacional, tanto a fim de atender à legislação ambiental do Brasil, quanto a facilitar o direcionamento e controle dos processos de produção do espaço (ALVARENGA, 1997).

Destarte, este estudo teve como objetivo a proposta de zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, afim de levar estratégias de conservação ambiental que respeitem a economia da região.

MATERIAIS E MÉTODOS: A bacia hidrográfica do rio Tapacurá é uma sub-bacia do rio Capibaribe, e está localizada entre os municípios de Gravatá, Chã-Grande, Pombos, Vitória de Santo Antão, Moreno e São Lourenço da Mata, no Agreste do estado de Pernambuco, cujas coordenadas estão entre as latitudes 7° 58' 0" S e 8° 13' 0" S e as longitudes 35° 5' 0" O e 35° 30' 0" O (BRAGA, 2001). Para compor a base do zoneamento e para a coleta de dados, foram utilizadas cenas de imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e mosaico de imagens de sensor óptico Landsat8, que foram reprojatadas com Datum WGS 1984 ou SIRGAS 2000 em UTM (Universal Transversa de Mercator) e submetidos a processamento e análises em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Essas imagens estão disponíveis gratuitamente nos sites da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os mapas das redes de drenagem e de declividade foram obtidos do mosaico SRTM, pelo processamento em plataforma ArcMap.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Tapacurá.

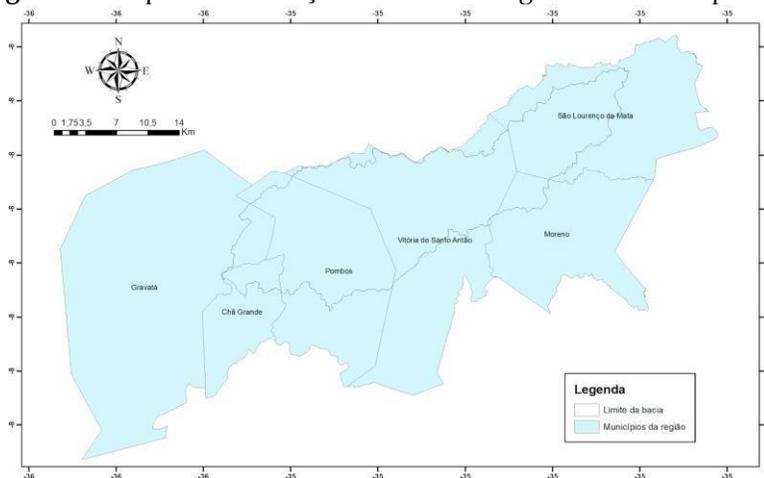


Figura 2 – Mapa do número de habitantes por quilômetro quadrado dos municípios que compõem a bacia do rio Tapacurá.

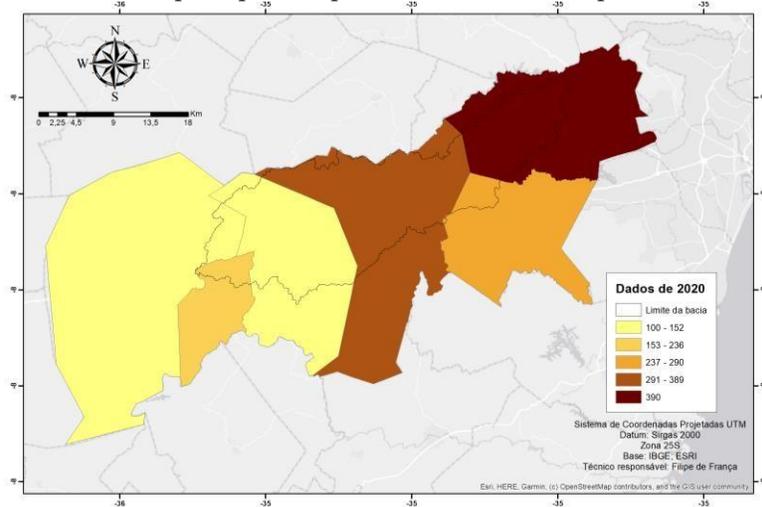
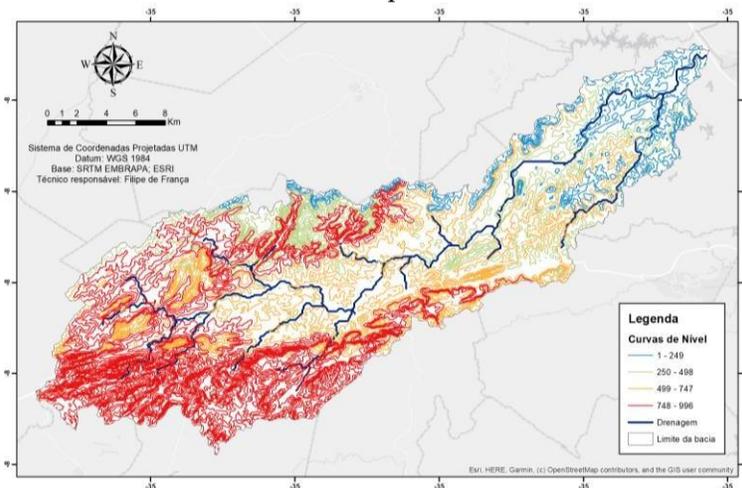


Figura 3 – Mapa das curvas de nível da bacia hidrográfica do rio Tapacurá.

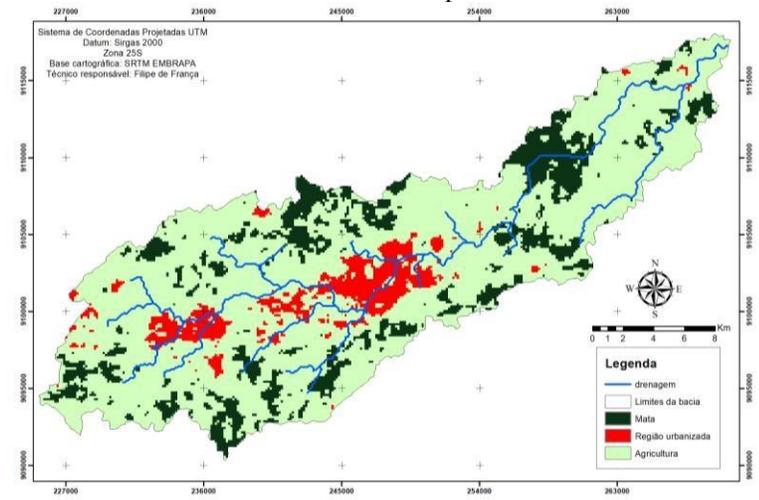


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Santos et al (2014), a área da bacia do Tapacurá mede 470 km². Na figura 4 foi possível ter uma noção geral da área do solo da região que é utilizada para agricultura, sendo a maior parte

dessa produção, de cana-de-açúcar, e uma pequena parte, reservada para pastagem, como exposto por Abreu et al (2021). Nessas regiões, apesar de haver lavouras permanentes de culturas como abacate, açaí, banana, jaca, jabuticaba e outras frutas, como explicita o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no censo de 2017, existe uma área muito maior que é destinada à monocultura da cana, onde é feito o uso intenso de trator e máquinas agrícolas que exigem o solo de maneira intensa.

Figura 4 – Mapa do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Tapacurá.



No trabalho realizado por Moraes e Ferreira (2012), a metodologia de zoneamento ambiental baseou-se na delimitação das unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Almada, que são fortemente influenciadas pelas características geomorfológicas. Dessa forma, os pesquisadores definiram três zonas principais: de preservação, de conservação e de usos múltiplos (ou de desenvolvimento).

Já nas pesquisas desenvolvidas por Caldas et al (2021), na bacia hidrográfica do rio Tapacurá, a divisão para o zoneamento ambiental ocorreu respeitando a suscetibilidade do solo da bacia à

erosão e dando maior proporção entre as zonas de pecuária, agricultura e mata.

Assim, o primeiro estudo considerou zonas de preservação e de conservação ambiental no território, enquanto o segundo teve como principal objetivo, uma melhor divisão das terras para cada cultura a ser cultivada. Dessa forma, é inegável a importância de manter grandes áreas de mata, de pecuária e de agricultura, tanto para atender à necessidade econômica da população quanto para atender à necessidade ambiental de biodiversidade da fauna e da flora local. No entanto, zonas de preservação e conservação também são indispensáveis para garantir que a legislação ambiental brasileira seja plenamente satisfeita, ou seja, sem que essas zonas de usos múltiplos afetem o meio ambiente local de maneira negativa significativamente.

Para Collares et al (2016), um zoneamento ambiental deve envolver e respeitar os estudos dos meios físico, biótico e socioeconômico da região analisada. Sendo assim, este estudo cumpre o dever de propor um zoneamento adequado e que atenda tanto às demandas do meio ambiente quanto a necessidade econômica da população local.

CONCLUSÃO

A região da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, composta por seis municípios do Agreste Pernambucano é um território muito utilizado para produção agrícola, principalmente de monocultura de cana-de-açúcar. Sendo assim, é necessário e viável um zoneamento ambiental que possibilite uma atenuação dos impactos das máquinas utilizadas no cultivo e dessa diversidade limitada de culturas, que afeta a fauna e flora local.

A coleta de dados realizada neste estudo possibilitou a criação de mapas de localização, declividade, demografia e uso do solo da região, que servem para nortear esse zoneamento de maneira eficaz, respeitando as necessidades da população e do território em si.

Um estudo mais aprofundado que faça uso de pesquisas de campo com os produtores rurais da região e análises supervisionadas é

fundamental para que as ideias expostas neste artigo sejam praticadas com maior acurácia, sem que haja erros quantitativos ou qualitativos que possam impactar negativamente os moradores.

REFERÊNCIAS

- ABREU, BRUNA; et al. **Conflito ambiental de uso do solo na bacia hidrográfica do Tapacurá - PE**. Research, Society and Development, v. 10, n. 2, Pernambuco, Brasil, fevereiro, 2021.
- ALVARENGA, S. R. **A análise das áreas de proteção ambiental enquanto instrumento da política nacional do meio ambiente: o caso da APA de Corumbataí – SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos (SP), 1997.
- BAKONYI, SONIA; DEUS, RAFAEL. **O impacto da agricultura sobre o meio ambiente**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Rio Grande do Sul, Brasil, agosto, 2012.
- BRAGA, R.A.P. **Gestão ambiental da Bacia do Rio Tapacurá: plano de ação**. Recife: Ed. Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 2001.
- COLLARES; et al. **Uma análise de intervenções antrópicas em uma bacia hidrográfica como subsídio ao zoneamento ambiental**. Editora da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2016.
- FERREIRA, BRENDA; MORAES, MARIA. **Proposição metodológica de zoneamento ambiental para bacias hidrográficas. O caso da bacia hidrográfica do rio Almada, Bahia, Brasil**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.3, N.4, p. 1229-1241, Bahia, Brasil, 2012.
- SANTOS, J. Y. G.; SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. **Aplicação do modelo SWAT para a estimativa da produção de sedimentos na bacia do rio Tapacurá, Pernambuco**. In: XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. João Pessoa, PB, 2014.

DETECÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS NO CERRADO A PARTIR DE IMAGENS SENTINEL-2 UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE

Alex Garcez Utsumi¹; Henrique Pinto Rivani²

¹ Engenheiro Ambiental, Doutor em Agronomia; Universidade Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba; Minas Gerais; Brasil; alex.utsumi@uftm.edu.br

² Graduando em Engenharia ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba; Minas Gerais; Brasil; d201810690@uftm.edu.br

RESUMO: As intensas transformações do uso e cobertura do solo no Cerrado têm potencializado os conflitos em torno do uso da água nas últimas décadas. As Áreas Úmidas (AUs), embora forneçam diversos serviços ecológicos para o meio ambiente e a sociedade, estão entre as regiões mais afetadas. Por esse motivo, o desenvolvimento de tecnologias que auxiliem na detecção e monitoramento das AUs são de grande relevância. O presente estudo teve como objetivo detectar AUs na bacia do rio Claro (MG) por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE). Para isso, utilizou-se o algoritmo Random Forests para classificar duas composições Sentinel-2, uma formada na região do visível e outra no red-edge. Os resultados indicam que as bandas do red-edge são mais eficientes para a detecção das AUs, apresentando 87% de acurácia do produtor e 67% de acurácia do usuário. A partir da classificação do uso e cobertura do solo constatou-se que as AUs ocupam 21672 hectares, as quais estão sob forte pressão agrícola. Devido ao seu processamento na nuvem, o GEE apresenta um grande potencial no mapeamento de áreas úmidas em todo o Cerrado, facilitando o norteamo de políticas de proteção da água desse bioma. Palavras-chave: uso da água, bacia do rio Claro, Random Forests, red-edge

INTRODUÇÃO

As Áreas Úmidas (AUs) são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanente ou periodicamente inundados ou com solos encharcados (JUNK et al., 2013). Essas regiões são essenciais para regulação do regime hídrico, permitindo a recarga de aquíferos e purificação de água, além de inúmeros serviços ecológicos para a manutenção do equilíbrio das espécies locais.

O reconhecimento da importância das funções ecossistêmicas das AUs se deu no início do século XX, juntamente com a necessidade de proteção e gestão sustentável. Embora o Brasil seja membro da Convenção de Ramsar desde 1993, houve pouco avanço na concepção e aplicação de critérios para proteção das AUs (GOMES E MAGALHÃES JÚNIOR, 2018). Dessa forma, é necessário o desenvolvimento de atividades que possam contribuir para a localização e obtenção de informações sobre esses locais. Nesse sentido, o sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta eficiente para a detecção de AUs, uma vez que obtém informações de extensas áreas.

No entanto, a aquisição, armazenamento e processamento de dados de satélite em larga escala se tornam um problema devido ao grande volume de dados. Recentemente, os programas baseados em nuvem, como o Google Earth Engine (GEE), têm possibilitado o rápido processamento de dados de observação da Terra, bem como facilitado o acesso a técnicas de Aprendizado de Máquina para classificação do uso e cobertura do solo (MAHDIANPARI et al., 2018; HIRD et al., 2017). Devido ao seu processamento de dados na nuvem, o GEE traz a oportunidade de aplicar métodos robustos para o mapeamento de áreas úmidas, independente dos recursos computacionais dos usuários. Estudos recentes têm alcançado avanços significantes no mapeamento de AUs ao utilizar o processamento na nuvem de dados de sensoriamento remoto (HARDY et al., 2020; MAHDIANPARI et al., 2020; VALENTI et al., 2020).

Devido às intensas transformações referentes ao uso do solo no Cerrado, é crescente o número de conflitos relativos à utilização da água nas últimas décadas. A bacia do rio Claro, situada no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (MG), abrange diversas atividades uma área de 1.106,16 km². O rio Claro é utilizado para irrigação de culturas agrícolas, manutenção da biodiversidade, turismo e fonte alternativa de abastecimento da população da cidade de Uberaba. Considerando a relevância dessa bacia e a escassez de estudos das áreas úmidas na região, o presente trabalho visa realizar o mapeamento das AUs da bacia do rio Claro por meio da plataforma GEE, a partir de diferentes composições de imagens Sentinel 2.

METODOLOGIA

Os passos para o mapeamento das AUs podem ser divididos em: aquisição das imagens e pré-processamento, classificação supervisionada das imagens, avaliação da acurácia e confecção do layout. Foram obtidas imagens de reflectância da superfície do satélite Sentinel 2 via catálogo do GEE, o qual permite a utilização do dado na nuvem. O programa Sentinel teve início em 2014 e objetiva monitorar os recursos naturais. Os satélites Sentinel 2 realizam coletas sobre a vegetação, solos, rios e dados para correção atmosférica com capacidade de revisita de cinco dias.

Foram desenvolvidos códigos na linguagem Javascript para realizar a criação de uma coleção de imagens referente a todo o período de 2020. Em seguida, foi criado um filtro de 20% de nuvens nas imagens, e depois obtida a mediana de cada pixel. Por fim, foi realizado recorte das imagens para a área de estudo.

A etapa da classificação das imagens foi realizada a partir de duas combinações de bandas, visando avaliar o desempenho do algoritmo em diferentes regiões espectrais. A primeira combinação utilizou as bandas do visível (B2, B3, B4), com 10 metros de resolução espacial e a outra utilizou bandas do red-edge (B5, B6, B7, B8A), com 20 metros de resolução espacial. Foi realizada a

coleta de amostras de treinamento a partir da criação de polígonos, sendo: solo exposto (20 amostras); agricultura (25 amostras); florestas (38 amostras) e áreas úmidas (33 amostras). Ainda, foi aplicada uma máscara de água (HANSEN et al., 2013), para excluir da classificação as regiões ocupadas por corpos d'água. O algoritmo utilizado para as duas classificações foi o Random Forests, limitado a geração de 100 árvores de decisão.

Os dados de referência para a avaliação da acurácia foram gerados de forma independente, a partir da delimitação manual das AUs. Assim, os dados de validação e os gerados pelas classificações foram sobrepostos, obtendo a acurácia do produtor e do usuário. Ao final, as imagens classificadas foram exportadas para o programa Qgis para confecção do layout.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

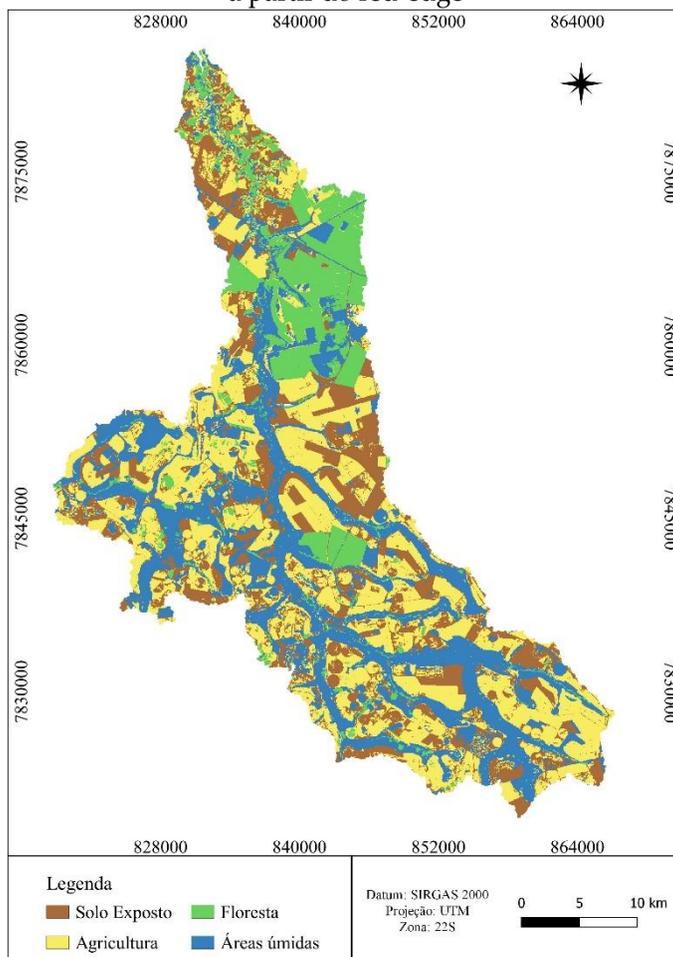
O resultado da classificação da bacia do rio Claro a partir das bandas do red-edge do Sentinel 2 pode ser visualizado na Figura 1. Tanto a classificação utilizando as bandas do visível quanto as bandas do red-edge apresentaram regiões com confusões espectrais entre AUs, solo exposto e agricultura. Isso ocorre devido a heterogeneidade das AUs, as quais apresentam mistura de diferentes classes. Por esse motivo, a acurácia do usuário para a classe AU foi de 67% (red-edge) e 65% (visível), resultando na inclusão de regiões classificadas erroneamente como área úmida. Por outro lado, o classificador Random Forests apresentou alta capacidade de detecção de locais com a presença real de áreas úmidas. Foi possível detectar automaticamente 21672 ha de AUs diante de 24839 ha computados nos dados de referência, representando 87% de acurácia do produtor na composição do red-edge. Embora as bandas do visível apresentem melhor resolução espacial (10m), o algoritmo encontrou mais dificuldades em detectar as AUs, resultando em 78% de acurácia do produtor. Nesse sentido, Amani et al. (2018), afirmam que as bandas do red-edge são mais eficientes na detecção de AUs pois fornecem informações

específicas sobre suas características bioquímicas e biofísicas. Os autores utilizaram o Random Forests para classificar AUs no Canadá, a partir de imagens Rapideye, e obtiveram uma acurácia global de 86%.

Kaplan e Avdan (2019), ao realizar a classificação de AUs na Turquia, constataram 27% de melhora ao utilizar as bandas do red-edge do Sentinel 2. Os autores recomendam que a classificação das áreas úmidas deve ser feita com mais de uma classe, devido a sua complexa estrutura. Estudos futuros poderiam testar o efeito da separação das veredas e os campos de murundus, uma vez que são as áreas úmidas predominantes na bacia do rio Claro.

A classificação do red-edge possibilitou quantificar a ocupação da bacia em: solo exposto (23%); agricultura (35%); florestas (13%) e áreas úmidas (29%). É importante observar que a classe solo exposto, em quase sua totalidade, é resultante da colheita agrícola e que a maioria das florestas mapeadas provém de regiões de reflorestamento para extração. Dessa forma, nota-se que as áreas úmidas dessa região estão sob forte pressão do avanço agrícola, aumentando o risco de contaminação por fertilizantes e agrotóxicos, além do ressacamento de nascentes e erosão do solo.

Figura 1 - Mapa de uso e cobertura do solo da bacia do rio Claro a partir do red-edge



CONCLUSÃO

Estudos que visam mapear as áreas úmidas são de grande importância para compreensão da dinâmica desses ambientes e sua relação com o entorno. O presente estudo investigou a influência da região do visível e do red-edge do Sentinel-2 na detecção de AUs. De acordo com os resultados, as bandas do red-edge se

mostraram mais eficazes na detecção das áreas úmidas na bacia do rio Claro. Recomenda-se, para estudos futuros, investigar a inclusão de outros dados de entrada, como modelos digitais de elevação e índices espectrais. Devido ao seu processamento na nuvem, o GEE apresenta um grande potencial no mapeamento de áreas úmidas em todo o Cerrado, facilitando o norteamo de políticas de proteção da água desse bioma.

REFERÊNCIAS

- AMANI, M. et al. Spectral analysis of wetlands using multi-source optical satellite imagery. **ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing**, 144, 2018.
- GOMES, C. S.; MAGALHAES JÚNIOR, A. P. **Sistemas de classificação de áreas úmidas no Brasil e no mundo: panorama atual e importância de critérios hidrogeomorfológicos**. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 33, e, 34519, 2018.
- HANSEN, M. C. et al. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." **Science**, 342, November, 2013.
- HARDY, A.; OAKES, G.; ETTRITCH, G. Tropical Wetland (TropWet) Mapping Tool: The Automatic Detection of Open and Vegetated Waterbodies in Google Earth Engine for Tropical Wetlands. **Remote Sensing**, vol. 12, 2020.
- HIRD, J. N. et al. Google Earth engine, open-access satellite data, and machine learning in support of large-area probabilistic wetland mapping. **Remote Sensing**, vol. 9, no. 12, Dec, 2017.
- JUNK, W. J.; PIEDADE, M.T.F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L.D.; BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; CUNHA, C.N.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A.A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification, for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, 2013.
- KAPLAN, G.; AVDAN, U. Evaluating Sentinel-2 Red-Edge Bands for Wetland Classification. **Proceedings**, 18, 2019.
- MAHDIANPARI, M.; SALEHI, B.; MOHAMMADIMANESH, F.; HOMAYOUNI, S. E. GILL, E. The first wetland inventory map of Newfoundland at a spatial resolution of 10m using Sentinel-1 and Sentinel-2 data on the Google Earth engine cloud computing platform. **Remote Sensing**, vol. 11, no. 1, Dec, 2018.
- MAHDIANPARI, M ET AL. A large-scale change monitoring of wetlands using time series Landsat imagery on Google Earth Engine: a case study in Newfoundland. **GIScience & Remote Sensing**, 2020.

VALENTI, V. et al. Leveraging Google Earth Engine User Interface for Semiautomated Wetland Classification in the Great Lakes Basin at 10 m With Optical and Radar Geospatial Datasets. **IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, Vol. 13, 2020.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA SANEAMENTO NO MEIO RURAL E URBANO: UMA AVALIAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LAMBARI/MG

Maria Adriana da Silva¹; Elisa Dias de Melo²; Joyce Ramos Krauss³

¹ Mestranda em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, Universidade Vale do Rio Verde - UninCor; Três Corações; Minas Gerais; Brasil;
maria.adriana@aluno.unincor.edu.br

² Professora Mestrado Sustentabilidade em Recursos Hídricos, UninCor; Doutora em Engenharia Civil – Sanitária e Ambiental, UFV;
prof.elisa.melo@unincor.edu.br

³ Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária, UninCor;
joyce.ramoskrauss@gmail.com

RESUMO: Os serviços de saneamento básico apresentam relação direta com a saúde, motivo pelo qual as políticas públicas devem zelar pela sua oferta de forma abrangente e eficiente. Observa-se ainda, porém, um desequilíbrio quando se compara estes serviços nos meios rural e urbano. Este estudo buscou, por meio de uma pesquisa quali-quantitativa baseada em revisão da literatura e análise documental, avaliar os reflexos da saúde ambiental no contexto urbano e rural do município de Lambari/MG, assim como ressaltar a relevância do investimento público em saneamento básico. Apesar de condição relativamente confortável do bairro rural Nova Baden, foco do presente estudo por contemplar a Unidade de Conservação denominada “Parque Estadual de Nova Badem”, observa-se que a população rural é ainda a mais vulnerável, mesmo com a escassez de infra estrutura nos bairros da área urbana.

Palavras-chave: saúde, tratamento de água, esgoto, resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

Os meios rural e urbano são áreas diferenciadas pela atuação do homem. Diferenças essas que se evidenciam no cotidiano da vida e do trabalho e, conseqüentemente, nas suas demandas sociais (CASTILHO; GONÇALVES, 2018). Com a urbanização crescente e desordenada, tornou-se necessário o estabelecimento de políticas públicas relacionadas ao bem-estar da população urbana. Contudo segundo o Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil cerca de 29,9 milhões de pessoas ainda residem em localidades rurais, totalizando, aproximadamente, 8,1 milhões de domicílios e, conforme apontado pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2018), historicamente o meio rural brasileiro recebe menor atenção das políticas públicas de saneamento básico, sendo os serviços, quando ofertados, insuficientes e desconectados das realidades locais.

A falta de tratamento de água, esgoto e resíduos sólidos apresenta uma relação direta com a saúde dos indivíduos, como já fundamentado na literatura científica. Conforme apontado por Heller (1998), Deus, Luca e Clarke (2004), Ferreira *et al.* (2016), a ausência de saneamento básico é uma das principais fontes de transmissão de doenças. Neste contexto, a política de saúde constitui-se em elemento relevante para o desenvolvimento urbano e rural de forma indissociável da política ambiental, tal como preconizado nos princípios e diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS), regulamentado na Lei Federal nº 8080, de 1990, que traz como fatores determinantes para uma vida saudável, dentre outros, moradia, saneamento básico e meio ambiente equilibrado. Portanto tem-se como objetivo deste estudo avaliar os reflexos da saúde ambiental no contexto urbano e rural do município de Lambari, assim como ressaltar a relevância do investimento público em saneamento básico.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: O município de Lambari é uma estância hidromineral e inclui-se no Circuito das Águas de Minas Gerais. Está situado na região sul do estado, e é integrante da bacia do rio Verde. Possui aproximadamente 231,110 km², com uma população estimada para 2020 de 20.907 habitantes (PREFEITURA MUNICIPAL DE LAMBARI, c2021; IBGE, c2021). As diferenças entre a zona urbana e rural no tocante à saúde e ao saneamento básico justificam a elaboração do presente estudo, com foco no bairro rural de Nova Badem, sede da unidade de Conservação denominada “Parque Estadual de Nova Badem”.

Levantamento e análise de dados: Foi realizada uma pesquisa quali-quantitativa, envolvendo revisão de literatura e análise documental. A revisão bibliográfica foi realizada tendo como base palavras-chave como “saneamento urbano e rural”, “saúde ambiental”, “saúde pública” e “políticas públicas”. Em seguida, foi elaborada uma pesquisa complementar nos sites oficiais do Governo para acrescentar dados extraídos do Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB/DATASUS), assim como na página eletrônica da FUNASA e IBGE, com o foco em informações e apresentação de tendências e flutuações no que se refere primordialmente à saúde e ao saneamento. Os dados foram analisados para identificar possíveis diferenças na ocorrência de doenças advindas da falta de saneamento básico entre o meio urbano e rural do município de Lambari.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo analisou o panorama da saúde urbana e rural do município de Lambari, com ênfase no bairro rural de Nova Badem, uma vez que esse bairro possui um diferencial, o “Parque Estadual de Nova Badem”, o qual possui como objetivo transmitir aos moradores locais a consciência ambiental sobre conservação da fauna e flora, educação ambiental relacionada com saúde, bem-estar, moradia e lazer. Atualmente, o bairro de Nova Badem possui

características urbanas como energia elétrica, calçamento e iluminação nas estradas. Entretanto, o tratamento de esgoto é uma grande preocupação por parte dos moradores, pois no local o esgoto é lançado in natura nos cursos d'água. O lixo gerado pelos moradores é queimado ou depositado em caçambas em pontos pré-determinados pelo município, para que sejam recolhidos uma vez por semana (PREFEITURA MUNICIPAL DE LAMBARI, 2019).

De acordo com o último censo demográfico realizado pelo IBGE (2010), a taxa de urbanização média da população brasileira foi de 84,4% indicando que o Brasil urbano no momento atual é consideravelmente maior do que o rural. Seguindo mesma tendência, em Lambari são registrados também pelo Censo do IBGE (2010), 4.692 domicílios urbanos e 1.729 domicílios rurais.

Na Figura 1, espelha-se o paralelo entre os domicílios urbanos e rurais no que se refere ao abastecimento de água através de redes de distribuição ou utilização de outras formas de captação de água. No tocante a coleta de esgoto as diferenças entre o rural e o urbano são ainda mais alarmantes, conforme apresentado na Figura 2, que demonstra que o interior do Brasil ainda padece com a falta de infraestrutura relacionadas ao esgotamento sanitário.

Figura 1 - Abastecimento de água por domicílios na área rural e urbana do Brasil

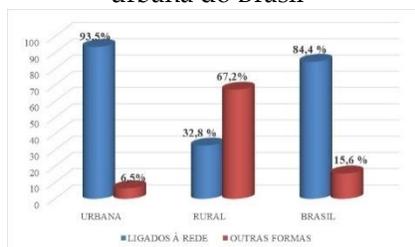
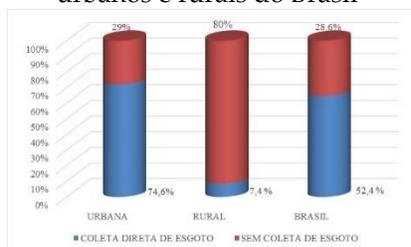


Figura 2 - Cobertura com redes de coleta de esgoto nos domicílios urbanos e rurais do Brasil



Fonte: Adaptado de IBGE – PNAD 2009; Funasa, 2012.

Em Lambari, a situação não se diferencia do cenário nacional. De acordo com indicadores emitidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Lambari (SAAE, 2019), 95% dos domicílios urbanos

possuem rede de distribuição de água, 91% coleta de esgoto, enquanto que 28% das residências rurais estão ligadas a rede de distribuição de água e 8,5% a rede de coleta de esgoto. Não obstante da realidade dos demais bairros rurais, Nova Badem, também segundo o SAAE (2019), dispõe de 31% dos domicílios com rede de distribuição de água e 9% com rede coletora de esgoto.

Em relação às doenças relacionadas à falta de tratamento de água e esgoto, os dados obtidos pelo Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica e doenças – e doenças diarreicas agudas (SIVEP-DDA, 2018), demonstram que a área urbana de Lambari exibiu uma proporção de 3% de notificações relacionadas à diarreia, ao passo que os bairros rurais apresentaram 2,5%, e especificadamente em Nova Badem, 0,8%.

As doenças relacionadas com a qualidade da água estão intimamente associadas a hábitos de higiene, falta de saneamento básico e ausência de educação ambiental. Os programas de educação ambiental visam a reeducação de populações vulneráveis de saneamento básico, o que minimiza impactos causados pela ação antrópica, demonstrando ser um instrumento para melhoria de saúde pública e alcance do desenvolvimento sustentável (RODRIGUES *et al.*, 2017). Fator esse, que o bairro Nova Badem é privilegiado com o empenho e entusiasmo com que a gerência do Parque cumpre sua missão de transmitir preceitos que vão de encontro com hábitos e costumes tradicionais que estão enraizados nas famílias de geração a geração. A presença de funcionários do Parque em palestras, associação do bairro, blitz educativas, comemorações relacionadas ao dia mundial da água, da árvore, do meio ambiente, estabelecem a transformação de comportamentos relacionados aos cuidados com higiene, preservação dos recursos hídricos, preocupação com o acondicionamento adequado dos resíduos sólidos e conseqüentemente a menor incidência de doenças associadas à má qualidade da água no bairro.

Para Silva *et al.* (2014), o panorama do saneamento básico e da saúde ambiental é crítico, pois, um dos fatores de inconsistência nas

pesquisas é a falta de dados concretos para analisar a real saúde ambiental da população. Nesse cenário, é pertinente ressaltar que o município de Lambari apresenta fragilidade na apresentação de informações para a elaboração de um panorama entre saúde urbana-rural e seus reflexos ao meio ambiente. Durante a pesquisa foi constatado a carência de conhecimentos inerentes sobre a área ambiental e a ausência de dados armazenados em arquivos, devido à alta rotatividade de profissionais. Informações essas que poderiam agregar conhecimento específicos e alternativas para desenvolvimento de projetos vinculados com a prevenção de doenças e a mitigação de impactos ambientais.

Diante desses fatos, a incorporação do investimento público faz-se necessário para a melhoria da capacitação dos agentes envolvidos na saúde, meio ambiente e saneamento básico, tanto no meio rural quanto urbano. Tendo em vista a necessidade de ações mais produtivas, nota-se que políticas públicas são necessárias para a manutenção de ações sociais, com o apoio e participação da população em Conselhos de Saúde e meio ambiente e investimento para fiscalização e práticas educativas.

Em conformidade com os resultados verificados, a população rural é a que se expõe com maior fragilidade à falta de tratamento de água, esgoto e destinação final dos resíduos domésticos, sendo o Poder Público o responsável pela manutenção da saúde e por implantar condições de acesso a melhorias na qualidade de vida da população brasileira, tanto no meio urbano como no rural. Apesar do cenário atual do saneamento básico na zona urbana de Lambari não ser tão sensível quanto o da zona rural, ainda sofre com as desigualdades dos serviços públicos considerados essenciais em detrimento a escassez de infraestrutura nos bairros.

CONCLUSÕES

Uma vez que os investimentos públicos direcionados aos cuidados com o meio ambiente, abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de resíduos são consideravelmente discrepantes

entre áreas urbanas e rurais, ressalta-se a necessidade de elaboração de projetos e investimentos públicos que considerem o saneamento básico como primícias para o desenvolvimento sustentável e a redução de enfermidades. A conduta do poder público é de extrema relevância para a qualidade de vida de uma população, visto que, atualmente o Brasil urbano é consideravelmente maior que o rural, e conseqüentemente os investimentos se concentram nas áreas urbanas com melhores ofertas de serviços na área da saúde e saneamento básico. Essa distância entre o urbano e o rural também pode ser vista em Lambari. Levando em consideração a participação da sociedade por meio de suas diversas formas de organização, a educação ambiental torna-se um investimento, propiciando a formação de indivíduos conscientes capazes de interagir em suas comunidades. É importante frisar que o meio rural é heterogêneo, com especificidades próprias em cada área dentro do município, exigindo formas particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei nº 8.080**, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm. Acesso em: 20 ago. 2021.
- CASTILHO, E. A.; GONCALVES, H. Problemas de saúde e a zona rural. **Revista Saúde Pública**, v. 52, n.1, 2018.
- DEUS, A. B. S.; LUCA, S. J. R.; CLARKE, T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 9, n. 4, Dez 2004.
- FERREIRA, P. D. S. F.; MOTTA, P. C.; SOUZA, T. C.; SILVA, T. P.; OLIVEIRA, J. F.; SANTOS, A. S. P. Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Rev Int Ciências**, v. 6, n. 2, p. 214-29, 2016.
- FUNASA. **Programa Sustentar**: saneamento e sustentabilidade em áreas rurais. Brasília, 2018. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/funasa-publica-a-portaria-do-programa-

sustentar-que-busca-a-promocao-da-sustentabilidade-das-
acoes?inheritRedirect=false. Acesso em: 14 ago. 2021.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 3, n. 2, p. 73-84, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. c2021. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/23/47427>. Acesso em: 20 ago. 2021.

RODRIGUES, C. F. M. *et al.* Desafios da saúde pública no Brasil: relação entre zoonoses e saneamento. *Scire Salutis*, v. 7, n. 1, p. 27-37, 2017.

SAAE - SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE LAMBARI. Disponível em: <https://www.saaelambari.mg.gov.br/index.php>. Acesso em: 01 dez. 2020.

SILVA, D. F.; MOREJON, C. F. M.; LESS, F. R. Prospecção do panorama do saneamento rural e urbano no Brasil. **Revista. Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v.10, n.2, p. 22-26, 2014.

FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE CONTRIBUIÇÃO DO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM JURAMENTO, MINAS GERAIS

Flavia Mazzer Rodrigues¹; Arthur Luiz Araújo Nascimento Júnior
²; Gleymerson Vieira Lima de Almeida³, Michelle Adelino
Cerqueira⁴

¹ Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia; Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrárias; Montes Claros; Minas Gerais; Brasil; flamazzer@hotmail.com

² Engenheiro Agrícola e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrárias; Montes Claros; Minas Gerais; Brasil; arthur.luiz@hotmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal; Escola Técnica Estadual de Pernambuco; São José do Belmonte; Pernambuco; Brasil; gleymersonalmeida@hotmail.com

⁴ Engenheira Agrimensura, Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação; Universidade Federal de Alagoas - Campus de Engenharias e Ciências Agrárias; Rio Largo; Alagoas; Brasil; michelle.cerqueira@ceca.ufal.br

RESUMO: A sociedade considera a água um bem fundamental, e preocupações em como disponibilizar este recurso natural para consumo humano sempre estiveram presentes nas ações civis e públicas. As primeiras barragens surgiram da necessidade de armazenar as águas de chuvas para compensar as deficiências nos períodos de estiagem. Portanto, este trabalho objetivou-se a realização de produtos cartográficos que foram gerados a partir de geotecnologias visando identificar a fragilidade ambiental das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório da Barragem Juramento, Estado de Minas Gerais. Diante dos dados analisados, a fragilidade ambiental de 82,15% da área em estudo, obteve classificação Ligeira a Moderada, indicando média ocorrência de

processos erosivos, considerando-se as características topográficas e naturais, assim como as intervenções antrópicas no meio ambiente. Com base nos resultados, pretende-se subsidiar políticas públicas de planejamento e manejo ambiental com vistas a proteção da qualidade de vida da população local e redução dos impactos ambientais na área das bacias hidrográficas.

Palavras-chave: uso e ocupação do solo, rede de drenagem, geotecnologias

INTRODUÇÃO

A água é símbolo de vida, um bem comum, no entanto, a água que consumimos está em processo de esgotamento. Observa-se que em diferentes lugares do globo o acesso a esse bem natural já apresenta motivos para graves preocupações, seja pela disponibilidade ou pela forma como é distribuído (WIVALDO *et al.*, 2018).

A cada ano, a produção agrícola e pecuária cresce consideravelmente, a ponto de provocar grandes mudanças no uso do solo nas bacias hidrográficas. A prática da agropecuária no entorno desses corpos hídricos, provocam alterações nos recursos naturais e principalmente na qualidade da água dos reservatórios devido à falta da mata ciliar no entorno desse corpo hídrico (FREITAS, 2018).

O planejamento e gestão ambiental necessitam de ferramentas ou metodologias que lhe apoiem e permitam facilitar seu processo. Uma destas metodologias é a determinação da vulnerabilidade ambiental, que permite avaliar a condição de risco da área em questão aos processos geoambientais: erosão; contaminação dos solos; dos recursos hídricos; perda de aproveitamento agrícola; dentre outros (SANTOS *et al.*, 2007).

Portanto, o mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições (KAWAKUBO *et al.*, 2005), tornando-se necessária a aplicação das

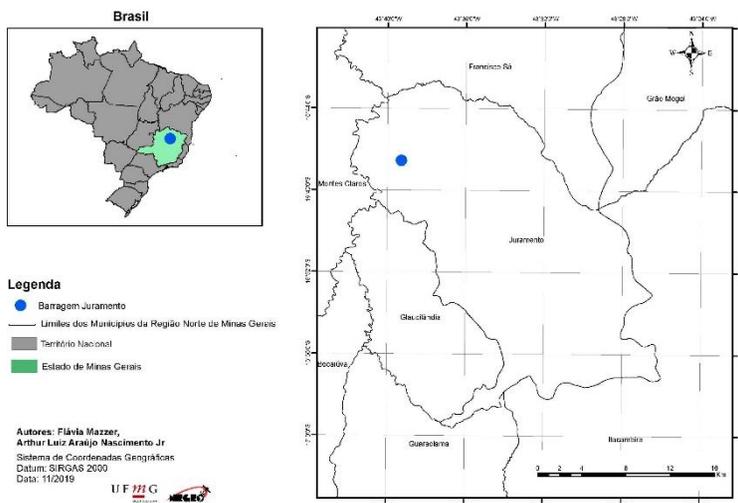
geotecnologias que auxiliam no planejamento territorial, na perspectiva econômica, social e ambiental.

Com base neste contexto, o presente trabalho objetivou-se a realização de produtos cartográficos que foram gerados a partir de geotecnologias visando identificar a fragilidade ambiental das Bacias Hidrográficas de contribuição do Reservatório da Barragem Juramento, para subsidiar o planejamento e manejo ambiental, visando auxiliar na orientação e tomada de decisão do poder público na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas Bacias Hidrográficas de Contribuição da Barragem Juramento de propriedade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, concluída em 1981, e localizado Município de Juramento (16°46'20''S e 43°39'56''W), na mesorregião Norte de Minas, Estado de Minas Gerais (Figura 1). Este reservatório foi dimensionado para integrar o sistema de abastecimento urbano e industrial de Montes Claros, à 27 km de distância, e atualmente é responsável por 70% do serviço prestado da COPASA na cidade. Os Rios Juramento, Saracura e Canoas – que pertencem a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, formam a barragem, que há 18 anos, possuía uma área inundada de 7,63 km², com uma profundidade média de 9,1 m e um volume de água acumulado de 45 bilhões de litros (DABÉS *et al.*, 2001).

Figura 1 - Localização do Reservatório da Barragem Juramento, Estado de Minas Gerais.



Os atributos utilizados como critério para definição das classes de fragilidade ambiental foram os seguintes temas ou planos de informação (PI): precipitação média anual (mm/ano), declividade do terreno (%), classes de solo e uso e ocupação do solo.

O mapa intermediário de precipitação, seguiu a metodologia apresentada por Ross (2012) e foram considerados dados referentes a nove estações pluviométricas fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para um período de 20 anos, a partir de 2000. Para a realização do mapa temático intermediário de declividade, utilizou-se a base o modelo digital (DEM) e seguiram os preceitos dos trabalhos realizados na EMBRAPA (1999). Os critérios para hierarquização da fragilidade das classes de declividade da área de estudo, pela metodologia descrita por Ross (1994), seguiram uma classificação que varia de 1 (Muito fraca) a 5 (Muito forte).

As principais ocorrências de solos foram elaboradas de acordo com o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais e a reclassificação foi realizada com base nos critérios propostos por Crepani *et al.*, (2001),

Ross (1994) e Ross (2012) nos quais são designados pesos em função da erodibilidade natural das diferentes classes de solo.

No mapeamento do uso e ocupação do solo foi utilizado a imagem do Satélite Sentinel 2, sensor MSI (*MultiSpectral Instrument*), datada de 24 de setembro de 2019 e resolução espacial de 10 metros, disponibilizada pelo Portal *Earth Explorer da United States Geological Survey – USGS*. A identificação do uso e ocupação do solo ocorreu através da classificação automática não supervisionada pelo algoritmo *Iso Cluster Unsupervised Classification*.

Através da inter-relação entre as variáveis ambientais (relevo, tipo de solo, precipitação e uso do solo), para fins de ordenamento territorial resultam em mapeamentos temáticos, nos quais a área de estudo é classificada segundo uma escala de fragilidade ambiental (JAIN e GOEL, 2002). Portanto, o procedimento para mapeamento da fragilidade ambiental consistiu um diagnóstico do ambiente através dos atributos do terreno e suas contribuições nos diferentes graus de fragilidade ambiental. A partir dos mapas intermediários, reclassificados de acordo com as pontuações atribuídas, realizou-se álgebra de mapas para soma das pontuações e obtenção do mapa de fragilidade.

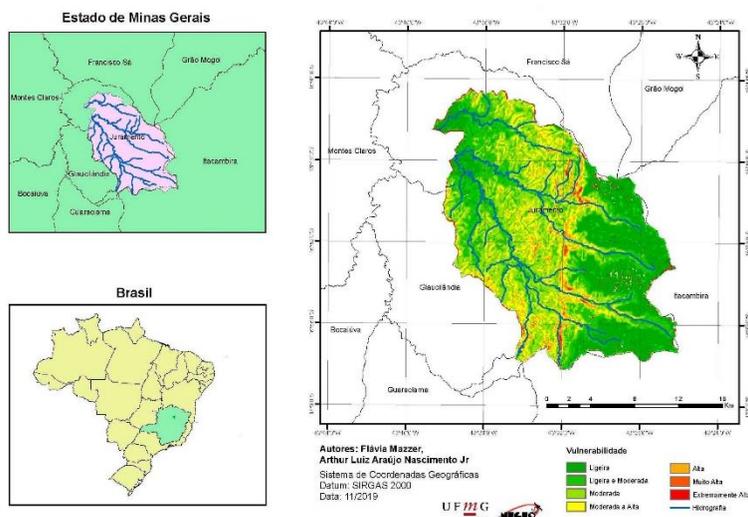
RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados gerados e a sobreposição dos mapas intermediários, a fragilidade ambiental da área em estudo, pode-se concluir que 82,15% da área das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório, obteve classificação Ligeira a Moderada, indicando média ocorrência de processos erosivos (Figura 2, Tabela 1).

Tabela 1 - Fragilidade Ambiental das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento, Estado de Minas Gerais.

FRAGILIDADE AMBIENTAL	ÁREA (km ²)	%
Ligeira	75,75	24,19
Ligeira a Moderada	88,70	28,32
Moderada	92,84	29,64
Moderada a Alta	51,65	16,49
Alta	3,33	1,06
Muito Alta	0,84	0,27
Extremamente Alta	0,04	0,01
TOTAL	342,23	100

Figura 2 - Mapa de Fragilidade Ambiental das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento, Estado de Minas Gerais.



De acordo com estudos realizados por Valle *et al.*, (2006) na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ, o mapeamento da fragilidade ambiental são capazes de contribuir para a gestão de bacias hidrográficas através da representação do potencial natural para erodibilidade, uso agrícola e florestal e ainda conclui que o aprimoramento dessas ferramentas possibilita um diagnóstico cada vez mais eficiente da

fragilidade dos ambientes, através do zoneamento das áreas de expansão urbana e recuperação/preservação de áreas prioritárias.

CONCLUSÃO

Em relação à análise da fragilidade da área em estudo, pode-se concluir que 82,15% da área da bacia Hidrográficas de Contribuição do Reservatório da Barragem Juramento MG, foi enquadrada na classe de fragilidade ligeira a moderada. Isso indica média ocorrência de processos erosivos, considerando-se as características topográficas e naturais, assim como as intervenções antrópicas no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE. 2001. 103 p.
- DABÉS, M.B.G.S.; G.B. SANTOS; T.F. RATTON, G.R. MEDEIROS.. Estudo da ictiofauna na barragem do rio Juramento, Juramento/MG - Brasil. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v.1, 105-116p, 2001.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. 412p. 1999.
- FREITAS, M. M.. **Caracterização da Zona Ripária e Alteração do Uso e Ocupação do Solo de um Reservatório no Semiárido Tropical**. 2018. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- JAIN, S. K, GOEL, M. K.. Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. **Hydrological Sciences Journal**, 47(1): 31-40, 2002.
- KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil**, p. 16-21, 2005.
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.
- ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do DG-USP**, p. 38-51, 2012.

SANTOS, B. V. **Mapeamento do uso e ocupação do solo entre 1995 e 2015 no município de Goianésia, Goiás.** 2018. 27f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2018.

VALLE, I. C. FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K.. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 295-308, 2016.

WIVALDO, J. N. S., MOREIRA, E. O., SILVA, J. J. C. Políticas públicas e gestão ambiental para conservação dos recursos hídricos: Reflexões sobre a crise hídrica em Minas Gerais. **Agenda Política**, v. 6, n. 3, p. 54-66, 2018.

OBSERVAÇÃO DO ÍNDICE DE USO DO SOLO POR HABITANTE (IUSH) EM ASSIS, INTERIOR DE SÃO PAULO

Felipe Del Massa Martins¹; Teresa Cristina Tarlé Pissarra²;
Gislaine Da Costa Mendonça³; Rafael Parras⁴

- ¹ Bacharel em Engenharia Agrônômica, Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo); UNESP/FCAV, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, felipe.d.martins@unesp.br
- ² Bacharel em Engenharia Agrônômica, Docente; UNESP/FCAV, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, teresa.pissarra@unesp.br
- ³ Bacharel em Ciências Biológicas, Doutoranda em Agronomia, UNESP/FCAV, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, gislaine.costa@unesp.br
- ⁴ Bacharel em Engenharia Agrônômica, Doutorando em Agronomia; UNESP/FCAV, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, rafael.parras@unesp.br

RESUMO: A observação do comportamento do uso e ocupação do solo associado ao número de habitantes de uma unidade político administrativa subsidia os tomadores de decisão sobre a gestão dos recursos ambientais. As mudanças antropogênicas do uso do solo causam um desequilíbrio no ambiente e são capazes de interferir no sistema de produção agrícola. Partindo do exposto, propõe-se aplicação e análise do Índice de Uso do Solo por Habitante (IUSH). O Índice de uso do solo por habitante (IUSH) consiste da relação entre o uso e a ocupação do solo (área) de uma unidade política administrativa e o número de habitantes desta mesma unidade em um determinado momento. Ao analisar, ao longo do tempo, este índice é capaz de indicar o aumento ou a diminuição da demanda sobre os recursos naturais disponíveis. Estes valores auxiliarão os gestores do município de Assis - SP. Para analisar e comparar os resultados obtidos será utilizada a análise multivariada de componentes principais, e apresentação dos mapas de uso e ocupação do solo.
Palavras-chave: Ocupação do solo, Geoprocessamento, Unidade política administrativa.

INTRODUÇÃO

As intensas intervenções antropogênicas sobre o uso e ocupação do solo contribuem para o desequilíbrio dos sistemas naturais e interferem nos sistemas de produção agrícola. A observação do comportamento do uso e ocupação do solo associado ao número de habitantes de uma unidade político administrativa pode fornecer importantes indicadores e subsidiar os tomadores de decisão sobre a gestão e governança dos recursos ambientais e o direcionamento para um desenvolvimento sustentável. Indicadores utilizados para gestão são valores que refletem quais foram as consequências de ações tomadas no passado no que tangencia o tópico de interesse. O Plano Diretor de uma cidade, lei que define a política urbana e as diretrizes para a área urbana e rural, com o objetivo de organizar o crescimento e o funcionamento do município.

O município de Assis está localizado na região oeste paulista, fazendo divisa com os municípios de Lutécia (Norte), Echaporã (Nordeste), Platina (Leste), Paraguaçu Paulista (Noroeste), Maracá (Oeste) e com os municípios de Cândido Mota e Tarumã (Sul). Está situado a uma altitude média de 560 metros em relação ao nível do mar, e possui uma superfície de 460,31 Km² (SEADE, 2017). Em Assis existem duas unidades de conservação: uma de proteção integral — a Estação Ecológica de Assis (1.760,64 ha), um dos maiores fragmentos de vegetação natural em toda a região; e outra de uso sustentável — a Floresta Estadual de Assis (2.816,42 ha). Ambas totalizam 4.577,06 ha, ou seja, quase 10% da área do município. As áreas foram denominadas inicialmente como Reserva Estadual de Assis e depois Estação Experimental de Assis (SIFSP, 2017)

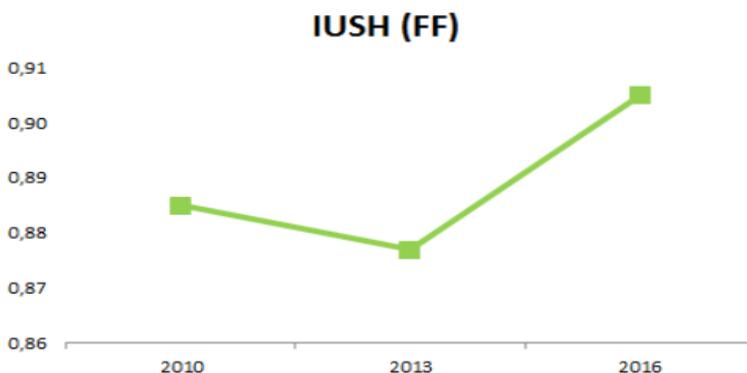
Esse trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento temporal do município de Assis, quanto ao uso e ocupação do solo a partir da aplicação do indicador de sustentabilidade Índice de Uso do Solo por Habitante (IUSH).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Assis, localizada a oeste da capital do estado de São Paulo e que abriga uma população total de 105 087 habitantes em uma área de 462 km² (IBGE/2020). O Índice de Uso do Solo por Habitante (IUSH) consiste da relação entre um uso específico do solo (área) de uma unidade territorial e o número de habitantes desta mesma unidade em um determinado momento. Neste trabalho, os usos específicos utilizados são os Fragmentos Florestais (FF) e as Áreas Edificadas com Acesso Pavimentado (AE). A coleta de dados do uso foi realizada através da fotointerpretação e vetorização manual dos usos específicos sobre imagens orbitais disponíveis na plataforma do Google Earth Pro, dos anos de 2010, 2013 e 2016. Após extrair a área (ha) de cada uso, o IUSH foi determinado sobre cada uso específico em relação ao número estimado de habitantes do município (IBGE/2020). Foram gerados gráficos no Excel para uma melhor interpretação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

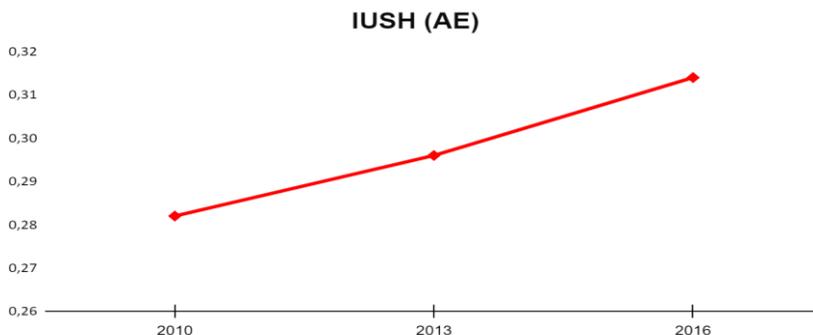
Gráfico 1 - Evolução dos valores do IUSH de Assis-SP para os anos de 2010, 2013 e 2016, analisando as áreas de Fragmentos Florestais (FF).



No Gráfico 1, verifica-se que há uma redução dos valores do Índice de Uso do Solo por Habitante (FF) entre os anos de 2010 (0,885) e 2013 (0,877) com uma elevação em 2016 (0,905). Nesse primeiro intervalo entre os anos ocorreu um aumento populacional em detrimento da manutenção de áreas com FF e no segundo intervalo percebe-se que também ocorreu crescimento, entretanto sem detrimento dos Fragmentos Florestais.

Como é observado no Gráfico 2, que encontra-se a seguir, os valores do IUSH (AE) foi crescente, sendo 0,282 em 2010, 0,296 em 2013 e 0,314 em 2016, indicando que a área da superfície impermeabilizada apresentou maior crescimento que o número de habitantes ao longo do tempo.

Gráfico 2 - Evolução dos valores do IUSH de Assis-SP para os anos de 2010, 2013 e 2016, analisando as Áreas Edificadas com Acesso Pavimentado (AE).



CONCLUSÕES

A partir do Índice de Uso do Solo por Habitante (IUSH) é possível estudar as unidades político-administrativas quanto ao uso e ocupação do solo e às necessidades de sua população. Conclui-se que ocorreu em Assis-SP um processo de aumento populacional e que não houve redução drástica das áreas de florestas, tendo como um dos motivos a aprovação e consolidação da Lei Federal 12651/12 denominada Novo Código Florestal. É de suma

importância o acompanhamento desses dados pelos Gestores municipais, podendo ser anexado no Plano Diretor da cidade para uma eventual tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS: Agradeço a UNESP/FCAV, Grupo POLUS, CNPq e CAPES por toda ajuda e apoio durante a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Código Florestal**, Brasília,DF, maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 25 de abril de 2018.
- BREVIK, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N., Six, J., & Van Oost, K. (2015). The interdisciplinary nature of SOIL. **Soil**, 1(1), 117–129.
- KEESSTRA, S. D., Geissen, V., Mosse, K., Piirainen, S., Scudiero, E., Leistra, M., & van Schaik, L. (2012). Soil as a filter for groundwater quality. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5), 507–516.
- SMITH, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., Pugh, T. A. M. (2016). Global change pressures on soils from land use and management. **Global Change Biology**, 22(3), 1008–1028.
- SÃO PAULO (Estado). Informações dos Municípios Paulistas – IMP. Sistema Estadual de Análise de Dados - SEAD. Site. São Paulo, 2017a. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/perfil>. Acesso em: 25 maio 2021.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente do. Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo - SIFSP. Assis, [20--]. Disponível em: <http://s.ambiente.sp.gov.br/sifesp/assis.pdf>. Acesso em: 29 maio. 2021.
- VALERA, C. A., Junior, R. F. V., Varandas, S. G. P., Fernandes, L. F. S., & Pacheco, F. A. L. (2016). Science of the Total Environment The role of environmental land use conflicts in soil fertility : A study on the Uberaba River basin , Brazil. **Science of the Total Environment**, 562, 463–473.

MAPA PREDITIVO DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE SOLOS MOLES NO BRASIL¹

Leilson Alves dos Santos¹; Rodrigo Affonso Albuquerque de Nóbrega²; Adriana Monteiro da Costa³

¹ Graduado em Geografia, Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais e doutorando em Geografia; IGC-UFMG; Belo Horizonte-MG, Brasil; E-mail: leilson.santos@gmail.com

² Engenheiro Cartógrafo; Doutor em Engenharia de Transportes; Professor do Departamento de Cartografia – IGC-UFMG; Belo Horizonte, Brasil; E-mail: raanobrega@ufmg.br

³ Geógrafa; Doutora em Ciências do Solo; Professora Associada II do Departamento de Geografia – IGC-UFMG; Belo Horizonte-MG, Brasil; E-mail: drimonteiroc@gmail.com

RESUMO: O conhecimento das características do solo é imprescindível para o planejamento territorial. Embora os solos possuam diversas características que possam levar à sua classificação como solos moles, na prática estes são conhecimentos técnicos, até o momento, tratado restritamente no campo da Geotecnia. Os projetos de infraestrutura, em especial de transporte, como rodovias e ferrovias, tradicionalmente são os grandes demandadores de informações sobre ocorrência de solos moles, seja pela abrangência geográfica das vias ou pela necessidade de identificação de locais com solos apropriados para receber a infraestrutura viária e o material rodante. Assim, este trabalho teve por objetivo a elaboração de um mapa preditivo do potencial de ocorrência de solos moles para o Brasil. Para tal foi realizada revisão bibliográfica, identificação das principais características descritas como de solos moles; correlação destas características com

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. SANTOS, L. A. **Modelagem geográfica para caracterização e predição de solos moles direcionada para projetos de infraestrutura.** Dissertação de Mestrado. 2018. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-BBGKHR>

as características físicas, químicas e mineralógicas das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos; elaboração de uma chave preditiva da ocorrência de solos moles; espacialização das classes potenciais em mapas de solos de escala 1: 5.000.000 do Brasil e 1:250.000 para o estado de Goiás e validação dos dados com pontos de campo. Foram definidas duas classes de Potencial de Ocorrência de Solos Moles: Baixo e Alto Potencial de ocorrência.

Palavras-chave: Geotecnia, geoprocessamento, modelagem, transporte, atributos do solo.

INTRODUÇÃO

Os estudos sobre solos têm despertado o interesse da comunidade acadêmica, de órgãos públicos e privados e da sociedade civil ao longo dos anos. O conhecimento das características dos solos é fundamental para orientar o planejamento urbano, as atividades agropecuárias e das indústrias de diversos seguimentos, sendo de suma importância para desenvolvimento econômico (VERHEYE, 2009; HAI, 2007).

No Brasil poucos investimentos têm sido realizados em novas campanhas de mapeamento de solos, reflexo da ausência de políticas públicas destinadas a este fim, associada aos altos custos, tempo de execução e da ausência de mão de obra especializada para tal (FLACH, CORRÊA, 2017). Devido à grande extensão territorial e a escassez de investimentos em mapeamentos de solos no Brasil, estes, quando existentes, apresentam baixo nível de detalhamento (SANTOS et al, 2013), não sendo adequados a interpretações a nível de planejamentos regionais. Dos levantamentos de solos, disponíveis no Brasil, mais de 85% correspondem a levantamentos de baixa intensidade, ou seja, com escala de 1:250.000 a 1:750.000. Os levantamentos de alta intensidade, em escala de 1:50.000 a 1:100.000, cobrem apenas cerca de 1,71% do território brasileiro (EMBRAPA, 2016; WEBER et al., 2006). A ausência de informações mais detalhadas sobre as características dos solos pode trazer vários impactos a diferentes setores, dentre os quais o de transporte. Neste, a identificação prévia de áreas potenciais de ocorrência dos solos definidos como

moles é de grande relevância para o planejamento de projetos relacionados aos transportes, podendo evitar problemas sérios na fase de construção da infraestrutura relacionados a erros no dimensionamento (MAHROOGHY et al., 2016) e no custo do empreendimento (BERBERIAN et al., 2016; NOBREGA et al., 2016). Assim, a introdução de modelos de inteligência geográfica para apoiar Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA – se configurou como forte auxílio para gestores públicos, *stakeholders* e decisores nas fases de definição inicial do corredor (NOBREGA et al., 2016; FERREIRA JUNIOR et al., 2016; STICH et al., 2011 e SADASIVUNI et al., 2009), bem como para apoiar projetistas e engenheiros de estradas no desenvolvimento e mesmo posterior a conclusão da obra. Considerando a inexistência de mapas que apontem áreas de solos moles para suprir a demanda em planejamento, este trabalho tem como objetivos: a) entender a caracterização geotécnica dos solos moles e a correlação de suas características com as classes pedológicas de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (SANTOS et al., 2013), b) propor uma chave de classificação de predição de ocorrência de solos moles; c) espacializar as áreas potenciais de solos moles para todo o território brasileiro e d) classificá-las de acordo com o potencial de sua ocorrência.

METODOLOGIA

Realizou-se um levantamento bibliográfico das características geotécnicas de depósitos classificados como de solos moles no Brasil e em algumas partes do mundo. A partir destas informações e do conhecimento das principais características das Classes de solos brasileiras, em nível de Ordem (1º nível categórico do SiBCS) (SANTOS et al., 2013) elaborou-se uma Chave Preditiva de Classificação do Potencial de Ocorrência de Solos Moles.

Assim, identificou-se as características dos solos moles pela geotecnia e correlacionou-se estas, às características das classes de solos do SiBCS. Para tanto, analisou-se as classes de solos em

primeiro nível categórico com base em suas características físicas, químicas e mineralógicas sendo estas agrupadas em duas categorias de probabilidade de ocorrência de solos moles. A partir da Chave Preditiva reclassificou-se o mapa de solos do Brasil em escala de 1:5.000.000 (SANTOS et al., 2013) e o mapa de solos do Estado de Goiás, em escala 1:250.000 (EMATER, 2016) quanto ao Potencial de ocorrência de Solos Moles. Para validação foram plotados pontos georreferenciados de ocorrência de solos moles para o Brasil, obtidos através de revisão bibliográfica e para o trecho da Ferrovia Norte-Sul no município de São Simão-GO, cedidos pelo TCU (Tribunal de Contas da União) e pela empresa VALEC e comparadas a probabilidade de ocorrência quando da mudança de escala dos mapas. O processamento dos dados e elaboração dos mapas foram realizados no *software* livre QGIS 2.18.13 (GGISBRASIL, 2018) utilizando-se sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da chave de predição foram definidas duas classes de Potencial de Ocorrência de Solos Moles: Baixo e Alto potencial de ocorrência (Figura 1) e, a partir desta elaborado o mapa de Potencial de Ocorrência de Solos Moles para o Brasil (Figura 2) e para o Estado de Goiás (Figura 3 e 4). Analisando o mapa do Brasil observou-se que classe de Baixo potencial representa 62% do território brasileiro e é composta, predominantemente, pelas classes dos Latossolos (32%) e dos Argissolos (19%). São solos que apresentam maior estabilidade física, sendo mais desenvolvidos, bem drenados, com baixos teores de minerais primários, ausência de minerais expansivos e, portanto, de processos de expansão e contração, o que possibilita maior uso destes solos para obras de engenharia. Na classe de Alto Potencial estão os solos hidromórficos; os com altos teores de matéria orgânica; com presença de minerais primários do tipo 2:1 expansivos e, os solos arenosos. Estes representam 34% dos solos no território brasileiros,

apresentam limitações ao uso geotécnico e, são representados predominantemente pelos Cambissolos (11%) e Neossolos (16%). Em 4% do território não foi possível estimar o potencial de ocorrência dos solos moles devido à ausência de informações das classes de solos no mapa pedológico utilizado.

Figura 1 - Chave de Classificação do Potencial de Ocorrência de Solo Moles no Brasil

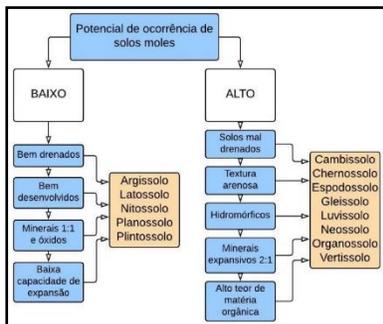


Figura 2 - Mapa Potencial de Ocorrência de Solos Moles no Brasil

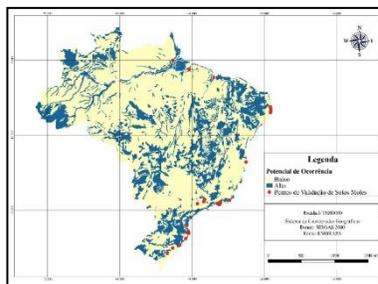


Figura 3 - Mapa Potencial de ocorrência de solos moles em um trecho da Ferrovia Norte-Sul no município de São Simão – Estado de Goiás, na escala de 1:5.000.000

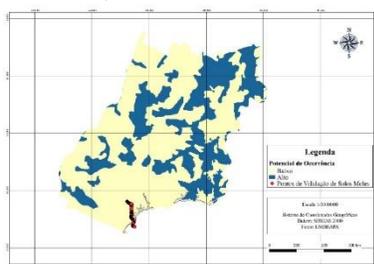
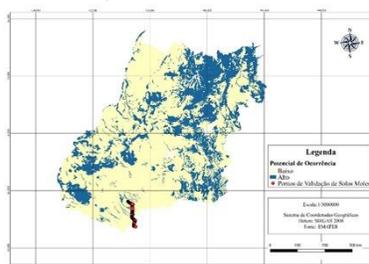


Figura 4 - Mapa Potencial de ocorrência de solos moles em um trecho da Ferrovia Norte-Sul no município de São Simão – Estado de Goiás, na escala de 1: 250.000.



Ao avaliar a probabilidade de ocorrência de solos moles para o estado de Goiás em mapas com distintas escalas, observou-se que não houve diferença significativa na probabilidade de ocorrência

entre o mapa mais detalhado quando comparado ao mapa de menor escala (Tabela 1).

Tabela 1 - Porcentagem das classes previstas de solos moles para Goiás em escalas distintas.

Mapa	Potencial de ocorrência de solos moles (Km ²)					
	Baixo		Alto		Outros	
	Área	%	Área	%	Área	%
1: 5.000.000	242.255,6	67	117.089,14	32	2.384,60	1
	8					
1: 250.000	233.970,0	68	105.203,94	30	6.924,66	2
	0					

Ressalta-se que a escala do mapa utilizada é muito pequena e não permite uma riqueza de detalhes para uma interpretação mais apurada, sendo, portanto, um indicativo desta ocorrência. Desta forma a distribuição das classes no território pode estar sendo superestimada ou subestimada tendo em vista que a escala do mapeamento é muito generalizada.

CONCLUSÃO

O conhecimento tanto das características químicas, físicas e mineralógicas das classes de solos brasileiras quanto das características dos depósitos classificados como de solos moles permitiu a elaboração de uma chave preditiva de ocorrência de solos moles para o Brasil. A utilização dos mapas de solos foi de fundamental importância para espacialização das informações no território brasileiro e mostra a importância de interpretação dessas informações como subsídios ao planejamento do território para diferentes usos como o geotécnico. As escalas de mapeamentos de solos existentes foram as principais limitações para a obtenção de uma espacialização mais fidedigna. Assim, o trabalho mostrou-se promissor para a orientação de tomadas de decisões no que se refere à probabilidade de ocorrência de solos moles no Brasil.

REFERÊNCIAS

- EMATER - Agencia Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária. **Shapefile de solos de Goiás**. 2016. Disponível: <<http://www.sieg.go.gov.br/>> Acesso: 17 maio de 2018.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1054924/programa-nacional-de-solos-do-brasil-pronasolos>. Acesso em: junho de 2018.
- FERREIRA JUNIOR, J. I.; NOBREGA, R. A. A.; OLIVEIRA, L. K. Modelagem de dados geográficos para a definição de corredores alternativos para o Rodoanel da Região Metropolitana de Belo Horizonte: Cenários Comparativos / Geographic data modeling to define alternative transport corridors to bypass the Metropolitan Region of Belo Horizonte: comparative scenarios. **Revista do Tribunal de Contas da União**, v. 137, p. 1-10, 2016.
- FLACH, C. W.; CORRÊA, E. A. Levantamento de solos no Brasil: métodos, práticas e dificuldades. **Geographia Meridionalis**. V 03, n. 03, 2017.
- HAI, T. Q. Spatial organization for rational land use and environmental protection in Uong Bi Town by functional sub-areas. **VNU Journal of Science**, Earth Sciences 23, 2007, p. 88-95.
- NOBREGA, R. A. A.; VIEIRA, R. R. T.; BERBERIAN, C. F. Q.; MASUKAWA, N. ; QUADROS, E. A. T. Inteligência geográfica para avaliação de propostas de projeto de concessão de corredores ferroviários. **Transportes** (Rio de Janeiro), v. 24, p. 75-84, 2016.
- SADASIVUNI, R.; NOBREGA, R. A. A. ; OHARA, C. G. ; DUMAS, J. . A Transportation Corridor Case Study for Multi-Criteria Decision Analysis. In: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Meeting, 2009, Baltimore, MD - USA. **Proceedings of 75th ASPRS annual meeting**, 2009.
- SANTOS, H. G.; CARVALHO JUNIOR, W.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.
- SANTOS, L. A. **Modelagem geográfica para caracterização e predição de solos moles direcionada para projetos de infraestrutura**. Dissertação de Mestrado. 2018. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2018.
- STICH, B.; HOLLAND, J. H.; NOBREGA, R. A. A.; O'HARA, C. G. Using multi-criteria decision making to highlight stakeholders' values in the corridor planning process. **Journal of Transport and Land Use JCR**, v. 4, p. 105-118, 2011.
- VERHEYE, W. H. **Land use planning**. In.: VERHEYE, W. H. Encyclopedia of land use, land cover and soil sciences: land use planning. Volume 3. Orxord, UK: Eolss Publishers Co. Ltd. 2009.

IV Workshop Internacional de Política de Uso e Governança de Solo
III Seminário de Sustentabilidade em Recursos Hídricos
Universidade Vale do Rio Verde – Três Corações
18 a 20 de outubro de 2021

WEBER, E.; HASENACK, H.; FLORES, C.A. Geoprocessamento no apoio ao mapeamento de solos. In: FLORES, C.A. POTTER, R.O., FASOLO, P.J.; HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.) **Levantamento semi-detalhado de solos: região da campanha – Folha Palomas, Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.

DINÂMICA DO USO DO SOLO EM BACIA HIDROGRÁFICA DE CABECEIRA: BASE PARA RECUPERAÇÃO DE MANANCIAL DE ABASTECIMENTO EM AGROECOSSITEMAS

Ana Paula Pedro¹; Gislaíne Costa de Mendonça²; Teresa Cristina
Tarlé Pissarra³

¹ Graduanda em Ciências Biológicas; Universidade Estadual Paulista –
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal; Jaboticabal; São
Paulo; Brasil; ap.pedro@unesp.br

² Bióloga, Pós graduanda em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade
Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal;
São Paulo; Brasil; gislaine.costa@unesp.br

³ Docente; Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; teresa.pissarra@unesp.br

RESUMO: Hodiernamente, no Brasil, o setor agrário rege grande parte do país, tornando clara a importância da agricultura à economia e sociedade. Todavia, o agronegócio também associa-se a muitos problemas ambientais, como o esgotamento dos recursos hídricos, objeto de estudo do projeto. Diante disso, esta proposta como objetivo avaliar as condições ambientais acerca do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas de primeira ordem, a fim de implantar práticas de sistemas agroflorestais para provisão dos serviços de água e os esquemas de pagamento por serviços ambientais. O estudo foi conduzido na área da sub-bacia da nascente do Córrego Rico em Jaboticabal, Estado de São Paulo. A metodologia aplicada consiste no uso de técnicas de sensoriamento remoto e de Sistema de Informação Geográfica, as quais serão executadas pelo uso do software Google Earth Pro, em seguida, os dados passarão por processos de vetorização manual e fotointerpretação de imagens. Além disso, a análise estatística foi

realizada por meio da estatística descritiva para captar o percentual de cada uso do solo no local. Pretende-se no final do estudo, elucidar questões relacionadas à disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas de cabeceira em ambientes rurais e analisar os impactos da ocupação agrária na região, estimulando, dessa forma, práticas de sistemas de produção agrícola e agropecuários sustentáveis que reduzam os impactos ambientais, preservando assim os serviços ecossistêmicos.

Palavras-chave: bacia hidrográfica de primeira ordem; pagamento por serviços ambientais segurança hídrica, sistemas agroflorestais.

INTRODUÇÃO

No decorrer da história global, os modelos de uso e ocupação do solo, particularmente, a intensificação e o avanço agrícola sobre áreas de vegetação nativa, impactaram severamente a qualidade dos habitats naturais, e são um grande desafio para a produção agrícola mais sustentável e a conservação dos serviços ecossistêmicos (PARRAS et al., 2020). Para este estudo, destaca-se o serviço ecossistêmico de provisão de água e de balanço hidrológico nas bacias hidrográficas, uma vez que, o desenvolvimento da agricultura sem adaptação normalmente causa a degradação da qualidade da água e afeta o abastecimento (PACHECO et al., 2018). Dessa forma, considerando a segurança hídrica em bacias hidrográficas sob forte pressão antropogênica, a recuperação de áreas ambientalmente degradadas pode ser conduzida pelos processos ecológicos proporcionados pela recomposição da vegetação, que atua na melhoria do solo, no armazenamento e transformação da água (RODRIGUES et al., 2011; BRANCALION et al., 2019; SIMEDO et al., 2020⁵). Estes sistemas ganham força dentro das iniciativas de restauração ecológica e da abordagem das soluções baseadas na natureza (SbN). Estamos na Década de Restauração do Ecossistema e as SbNs são essenciais para se alcançar os Objetivos e as Metas relacionadas à água e restauração dos ecossistemas terrestres na Agenda 2030 para o

Desenvolvimento Sustentável, assim como contribuem de forma indireta para atingir outras premissas interdependentes como a segurança hídrica e alimentar. No Brasil, e para o estudo em questão, é importante destacar a notoriedade dos PSAs direcionados à conservação dos recursos hídricos e os serviços de bacias hidrográficas, há a remuneração pela preservação, principalmente de bacias hidrográficas, em território nacional, as quais são deterioradas por meio da poluição tanto das águas quanto do solo em consequência de processos geológicos e pela substituição da mata original para outros usos, geralmente agrários. As bacias hidrográficas de primeira ordem, que contribuem para os mananciais de água superficial para abastecimento público e as bacias de cabeceiras são as mais afetadas pelas ações do homem e, desta forma, é prioritária a recomposição florestal destas áreas para a manutenção da qualidade e da quantidade do recurso hídrico e a melhoria na qualidade do solo. Deste modo, esta proposta investigou os aspectos da paisagem pela caracterização do uso e ocupação do solo da microbacia de cabeceira da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (BHCR), o qual possui extrema importância regional, uma vez que esta bacia corresponde a área de drenagem do principal manancial, responsável por 75% do abastecimento público de água de Jaboticabal (PISSARA et al., 2010) e que tem enfrentado problemas recorrentes em função do estresse hídrico na BHCR (PISSARA et al., 2004). Dessarte, o objetivo do projeto é identificar a fragilidade do ambiente, analisar a pressão antrópica sobre a relação paisagem/solo/água em mananciais de abastecimento e estabelecer padrões para recuperação ambiental da sub-bacia e aplicação de Pagamentos por Serviços ambientais (PSAs).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área da sub-bacia de cabeceira do manancial e nascente principal (BH_Manancial) da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (BHCR), Jaboticabal - São Paulo. Na

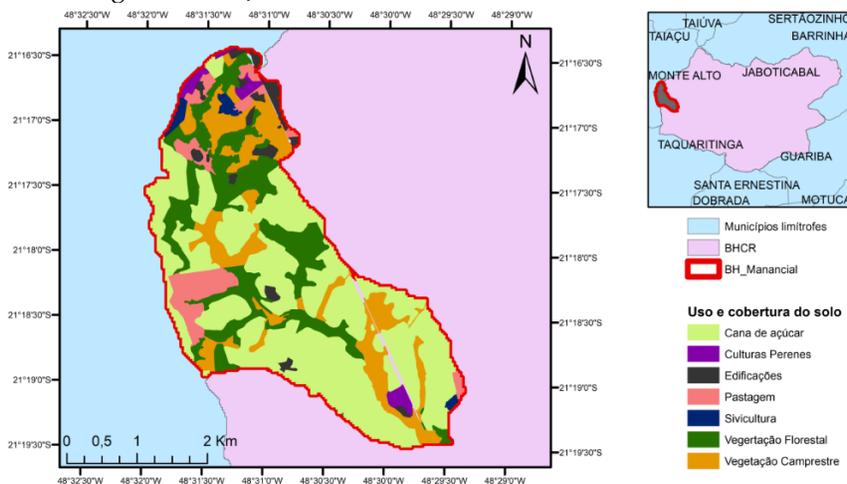
investigação foram considerados o conjunto principal de nascentes e a área de drenagem do manancial que corresponde a região de maior altitude e cabeceira da bacia. A área está localizada entre as coordenadas geográficas de latitudes 21°18'27"S e 21°17'59"S e longitudes 48°31'48"W Gr e 48°30'24"W Gr. e tem extensão aproximada de 12.430 m², correspondendo a 3,95% da (BHCR). A metodologia aplicada no estudo consiste no uso de técnicas de interpretação visual de imagens e de sensoriamento remoto em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, executada por meio da vetorização manual do uso e ocupação do solo sobre imagens orbitais de 2021 disponíveis na plataforma digital *Google Earth Pro*. Para a caracterização e delimitação dos usos específicos, a análise visual da imagem considerou os parâmetros e atributos do objeto alvo: cor, tonalidade, textura, formato, e perfil de elevação. Também foi realizada a visita *in loco* na bacia experimental para verificação e constatação dos usos e balizar a análise visual. Os vetores gerados foram exportados para o software de geoprocessamento *ArcGIS 10.1* para extração das métricas de área de cada uso e suas proporcionalidades dentro da bacia, e a confecção do mapa temático.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo, a partir do mapeamento do uso e ocupação do solo na região da sub-bacia da nascente Córrego Rico, evidenciam a dinâmica intensiva do uso e ocupação do solo e aprimoram o entendimento da pressão antrópica sobre os mananciais de abastecimento. No local do projeto foi constatado que a cobertura vegetal predominante consiste na Floresta Tropical Semidecidual, mas o uso predominante dos solos é agrícola. De acordo com os dados coletados, a área de estudo apresenta 12.323.408 m², em que o uso agrário do solo corresponde a 52% da ocupação total, acrescenta-se que dessa porcentagem, 94% condiz com a plantação de cana-de-açúcar, representando na área total: 6.076.639m², seguida de culturas perenes (citros) com 215.564m², e

silvicultura (eucalipto) com 131.155m². A região apresenta baixa cobertura florestal ao entorno das nascentes e paralelas à calha do manancial ou dispersa em menor expressividade como pequenos fragmentos florestais. A vegetação florestal abrange 2.530.393m². A dinâmica da fragmentação dos ecossistemas naturais também foi evidenciado por Parras et al. (2020) e alerta para o risco da perda dos serviços ecossistêmicos nas paisagens agrícolas. O predomínio da agricultura intensiva ao entorno do manancial e a baixa cobertura de vegetação florestal pode ser observada em toda a área da bacia Figura 1.

Figura 1 - Uso e cobertura do solo na sub-bacia de cabeceira do manancial do Córrego Rico em Jaboticabal – SP.



Adicionalmente, há indícios de processos erosivos na vertente da sub-bacia, o que pode acarretar na perda dos horizontes superficiais do solo e comprometer a produtividade da área. A área de vegetação campestre foi designada com base na visualização de áreas arbustivas, gramíneas e vegetação rasteira, representando 2.170.479m², sendo a segunda maior ocupação no local de estudo equivalente a 22% da totalidade. Além disso, o espaço também manifesta indícios de degradação ecológica e podem ser resultado

de pastagens abandonadas em processo de sucessão ecológica. Em outro lado, também estão presentes em menor extensão as pastagens sob manejo agropecuário, sendo geralmente caracterizada por planícies e correspondem a 357.320m². As edificações em geral tem menor ocupação, as quais se apresentam como manchas urbanas e construções na área rural, representando respectivamente e 344.397m². As investigações, que justificam a realização desta pesquisa, constataram que a área se encontra sob intenso processo de uso e ocupação agrícola com indícios de degradação ambiental em função das ocorrências de voçorocas na região da nascente principal, proeminente em aproximadamente 497.461m². Trabalhos anteriores já ressaltavam as tendências aos processos erosivos na região e a necessidade de um manejo agrícola mais conservacionista (PISSARA et al., 2010, 2013), também foi destacada a necessidade de reflorestamento com a vegetação nativa da região. Logo, por meio dos estudos passados e atuais, fica claro que durante o tempo nada foi feito e a área pavança no processo de degradação, demonstrando assim a importância desse estudo para a segurança hídrica na BHCR, sendo não somente uma questão ambiental, mas também social e econômica em que são fundamentais uma governança integrativa dos serviços ecossistêmicos e o direcionamento de PSAs na bacia como incentivo a recuperação da bacia. A exemplo de esquemas de PSAs que podem ser implementados com vistas a recuperação de bacias hidrográficas nos agroecossistemas, Pissarra et al., (2021) propõem a compensação financeira quando da adesão para conversão de sistemas intensivos à sistemas produtivos mais sustentáveis nas bacias de cabeceira. Em vista disso, é explícito que o projeto de pesquisa da restauração da Bacia do Córrego Rico e do implantamento de sistemas agroflorestais na região vão de acordo com os estudos atuais e passados, sendo de extrema importância que esse ambiente passe por um manejo conservacionista, o qual irá minimizar o processo de erosão pelo qual a área está passando, consequentemente melhorando a qualidade da água e do solo,

evitando problemas de escassez hídrica e assegurando a preservação dos serviços ecossistêmicos, tão importantes em um momento de crise climática global e ambiental.

CONCLUSÕES

O mapeamento feito na sub-bacia da nascente Córrego Rico, fundamentado nas características de uso e ocupação do solo, proporcionou a melhor compreensão da influência antropogênica na região e conseqüentemente o grau de degradação do ecossistema em decorrência da perda da vegetação original para o uso agrário, o qual é predominante na área do estudo. Dessarte, torna-se evidente a importância do projeto para, não somente a preservação e gestão dos serviços ecossistêmicos, mas também para garantia de segurança hídrica e alimentar. Portanto, a investigação conduz ao entendimento das pressões antrópicas sobre os mananciais de abastecimento, a fim de se evitar situações futuras de escassez de água. Outrossim, propõe o incentivo às práticas de sistemas de produção agrícola e agropecuários mais sustentáveis que reduzam os impactos ambientais e auxiliem a provisão de serviços ecossistêmicos e aplicação dos PSAs para a implementação de políticas públicas e privadas voltadas à preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

- BRANCALION, P. H. S. et al. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. *Science Advances*, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 2019.
- PACHECO, F. A. L. et al. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 5, p. 79–86, 2018.
- PARRAS, R et al. The configuration of forest cover in Ribeirão Preto: A diagnosis of Brazil's forest code implementation. *Sustainability (Switzerland)*, v.12, n. 14, p. 1-13, 2020.
- PISSARRA, T. C. T. et al, Production of clean water in agriculture headwater catchments: A model based on the payment for environmental services, **Science of The Total Environment**, v. 785, p.147331, 2021
- PISSARA T. C. T. *et al*, Environmental adaptation of the source of the subbasin of Rico Stream, Monte Alto - SP, Brazil, *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 2, p. 303–311, 2013.

PISSARA T. C. T. et al, Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil, *Revista Árvore*, v. 34, n. 4, p. 669–676, 2010.

PISSARA, T. C. T. et al. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP), *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 2, p. 297–305, 2004

RODRIGUES, R. R. et al. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 261, n. 10, p. 1605–1613, 2011.

SIMEDO, M. B. L. et al. The Assessment of Hydrological Availability and the Payment for Ecosystem Services: A Pilot Study in a Brazilian Headwater Catchment. *Water*, v. 12, n. 10, p. 2726, 2020.

ANÁLISE DO IMPACTO CAUSADO PELO GREENING NA DISPERSÃO TEMPORAL DAS ÁREAS CITRÍCOLAS DO MUNICÍPIO DE LIMEIRA/SP.

Maria Júlia Franchini Souza¹; Gislaíne Costa de Mendonça²; Rafael
Parras³; Teresa Cristina Tarlé Pissarra⁴

¹ Graduada de Engenharia Agrônômica; Universidade Estadual Paulista 'Julio de Mesquita Filho'; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; maria.franchini@unesp.br

² Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista 'Julio de Mesquita Filho'; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; gislaíne.costa@unesp.br

³ Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista 'Julio de Mesquita Filho'; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; rafael.parras@unesp.br

⁴ Prof^a Dr^a; Universidade Estadual Paulista 'Julio de Mesquita Filho'; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; teresa.pissarra@unesp.br

RESUMO: O *greening* ou *huanglongbing* (HLB) é uma importante doença na citricultura causada por bactérias do gênero *Candidatus*. No fim de 2008, foi instaurada a Instrução Normativa n° 53, pelo Ministério da Agricultura, a qual confere aos produtores a responsabilidade de verificar e erradicar as plantas infectadas pelas bactérias, estando sujeitos a sanções. Foi avaliado o impacto causado pelo *greening* na paisagem de Limeira/SP e verificou-se por meio da obtenção das áreas destinadas aos citros nos anos 2004, 2009 e 2020 e as áreas em substituição a esta cultura, com o auxílio do *Google Earth Pro* que disponibilizou as imagens orbitais Landsat, as imagens históricas dos anos citados anteriormente, a ferramenta adicionar polígonos e os dados foram tabulados na planilha eletrônica. Os dados coletados neste estudo demonstraram que houve redução de cerca de 76%, em área de citros. Por outro lado, houve um custo oportunidade de grande parte dos produtores quanto a mudança das áreas dos citrículos que foram erradicadas, por causa das implicações

legislativas. Em 2020, ao verificar a cultura que substituiu as áreas de citros de 2004, observou-se a entrada de cana-de-açúcar. Este aumento ocorreu em razão da influência das usinas de açúcar e etanol nas proximidades do município.

Palavras-chave: Huanglongbing; citros; geoprocessamento; huanglongbing;

INTRODUÇÃO

O *greening* é um dos maiores problemas fitossanitários para a citricultura e foi identificado no Brasil, em meados de março de 2004, no estado de São Paulo, produtor de maior ênfase na época (BASSANEZI *et al.*, 2014). O município de Limeira possui grande tradição na citricultura. Foram instauradas diretivas legais publicadas pelo Ministério da Agricultura para o controle da doença nos pomares, a Instrução Normativa nº53 (17 de outubro de 2008). A produção de citrus decaiu-se em toda região infectada pelo HLB e houve consequente migração para outros locais livres da doença, resultando em uma alteração do comportamento de uso e ocupação do solo agrícola (IBGE, 2017). Os produtores aumentaram a atenção em relação aos sintomas da doença, pois estes, de acordo com a normativa ficaram responsáveis por controlá-la, sujeitos a sanções (DE NEGRI, 2017). Utilizar métodos digitais de coleta de dados espaciais para o desenvolvimento de pesquisas que façam o acompanhamento da alteração do uso e ocupação do solo é fundamental para avaliar o fluxo dos serviços ecossistêmicos e subsidiar os tomadores de decisões, com enfoque no desenvolvimento sustentável, quanto a informações técnicas para a governança de superfícies (PARRAS *et al.*, 2020). O trabalho teve como objetivo foi levantar os dados de área relacionadas ao cultivo de laranja no município de Limeira/SP nos anos 2004, 2009 e 2020 e apresentar como a paisagem modificou-se após a identificação do *greening*.

MATERIAL E MÉTODOS

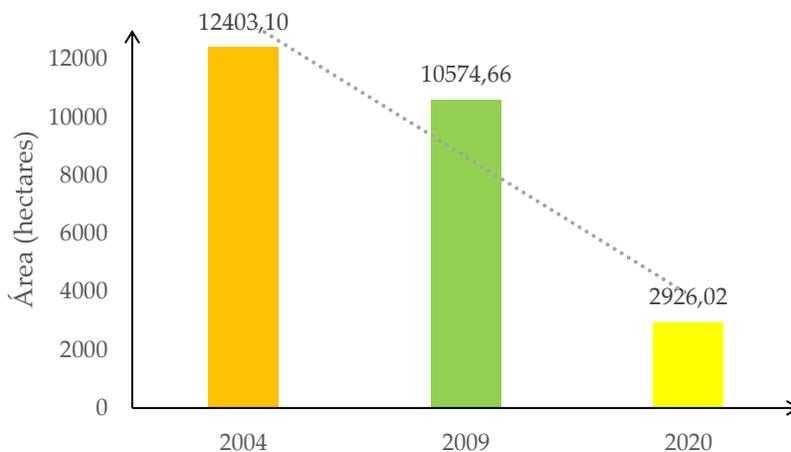
Os dados foram coletados de forma remota do dia 18 de outubro ao dia 22 de dezembro de 2020. A área de estudo compreende o município de Limeira, localizado no Estado de São Paulo a 568 metros de altitude, posicionado na latitude 22°33'52" sul e longitude 47°24'01" oeste e possui uma área de 580.711 km² (IBGE, 2017). Com o auxílio do *software Google Earth Pro*, foram feitas as coletas dos dados referente às áreas destinadas à citricultura nos anos 2004, 2009 e 2020 e das áreas da cultura que entrou em substituição aos citros em 2020, utilizando técnicas de fotointerpretação, ou seja, a identificação dos objetos através de imagens orbitais e históricas fornecidas pela série de satélites Landsat, que gerou informações qualitativas e partindo de técnicas de fotogrametria. Foi feito previamente o download dos limites políticos municipais do estado de São Paulo em formato KML disponível no site <<http://www.gmapas.com/poligonos-ibge/poligonos-municipios-ibge-sao-paulo>>, que foi sobreposto ao mapa do Estado de São Paulo no *Google Earth Pro*, possibilitando a correção dos limites, uma vez que as fronteiras delimitadas por corpos d'água não apresentava a precisão desejada. Foram obtidas medidas precisas dos objetos por meio das informações geométricas e quantitativas em conformidade com a metodologia de Panizza e Fonseca (2011) usando a ferramenta “Adicionar polígono” para demarcar as áreas preenchidas por espécies cítricas e cana-de-açúcar. Sua identificação, interpretação e fotogrametria se deu por análise visual, baseado nos parâmetros e atributos dos objetos alvo como cor, tonalidade, formato, textura e perfil de elevação. Esta metodologia é baseada em associações por dedução, indução e por analogia (CRUZ, 1981). As áreas destinadas à citricultura foram vetorizadas sobre as imagens referentes as cenas de 2004, 2009 e 2020, e as de cana-de-açúcar que entraram em substituição as áreas de citros dispersadas para o ano de 2020, nas imagens históricas fornecidas pela ferramenta “mostrar imagens históricas”, e os seus dados foram armazenados e processados.

Para interpretar e comparar os dados obtidos a partir do *Google Earth Pro*, os dados foram tabulados em planilha eletrônica e foi utilizado a fórmula “=Soma” para fazer o somatório das áreas coletadas dos diferentes anos o que possibilitou a comparação dinâmica da dispersão dos laranjais nas diferentes datas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

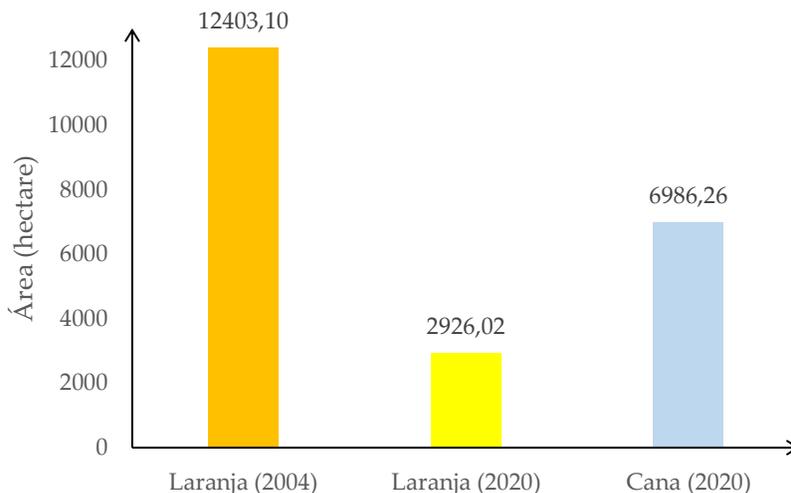
Os resultados indicaram grande diminuição das áreas destinadas à citricultura. Com a perda de 14,74% de 2004 a 2009 e diminuição 76,40% da área total de citros plantada entre os anos 2004 e 2020.

Figura 1 – Variação da área total cultivada de citros no município de Limeira/SP nos anos 2004, 2009 e 2020.



Em contrapartida, é possível visualizar através do Figura 2 que com a diminuição das áreas destinadas à cultura da laranja desde 2004, em grande parte destes locais onde ocorreu a dispersão, houve a entrada do cultivo de cana-de-açúcar em substituição aos citros, devido ao custo oportunidade que os produtores tiveram frente ao impacto gerado pelo HLB e a proximidade do município de usinas processadoras.

Figura 2 – Área total de citros (2004), área remanescente de citros (2020) e área de cana-de-açúcar em substituição aos citros (2020) no município de Limeira/SP.



A maior parte das áreas que em 2004 eram utilizadas para o cultivo de espécies cítricas que em 2020 deixaram de ser, foram então destinadas para o cultivo de cana-de-açúcar, cultura que as substituíram majoritariamente.

CONCLUSÕES

Entre os anos 2004 e 2020 a diminuição da área destinada ao cultivo de citros foi expressiva em detrimento da chegada do *greening*, identificado pela primeira vez no Brasil em 2004 na região de Araraquara, próxima ao município de Limeira, e em função disso houveram instruções legais e normativas para o controle da fitopatologia. Em função disso, houve um custo oportunidade de grande parte dos produtores em relação à mudança das áreas erradicadas para outras culturas, sendo a de maior destaque a cana-de-açúcar, que substituiu aproximadamente 73% das áreas destinadas à citricultura para a implementação da cultura sacarídea, em função da influência exercida pelas usinas de açúcar e etanol próximas a região.

AGRADECIMENTOS: Em especial ao Grupo de Política de Uso do Solo e ao Depto. de Engenharia e Ciências Exatas pelo incentivo a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- BASSANEZI, R. B., AYRES, A. J., MASSARI, C. A., BELASQUE JUNIOR, J., BARBOSA, J. C. Progressão e distribuição espacial das principais pragas dos citros. **Aspectos da Fitossanidade em Citros**, p. 31-50, 2014.
- CRUZ, O. Alguns conhecimentos básicos para a fotointerpretação. In: **Aerofotogrametria, São Paulo**, v. 25, p. 1-13, 1981.
- DE NEGRI, J. D. As Instruções Normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle do huanglongbing. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 2, p. 169-177, 2017.
- Censo Agropecuário. **IBGE**, 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76321>. Acesso em: 16 de junho de 2020.
- Limeira. **IBGE**, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/historico>>. Acesso em 27, maio de 2020.
- PANIZZA, A. D. C., & FONSECA, F. P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, n. 30, p. 30-43, 2011.
- PARRAS, R., DE MENDONÇA, G.C., COSTA, R.C.A., PISSARRA, T.C.T., VALERA, C.A., FERNANDES, L.F.S., PACHECO, F.A.L. A Configuração da Cobertura Florestal em Ribeirão Preto: Um Diagnóstico da Implementação do Código Florestal Brasileiro. **Sustentabilidade**, v. 12, n. 14, p. 5686, 2020.

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE INCÊNDIOS PARA GESTÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Renata Cristina Araújo Costa¹; Michael Windson Gomes²; Dalva
Denize Silva Santos³; Carla Martins Meira⁴; Fernanda Dall Ara
Azevedo⁵

¹Bióloga, Doutora em Agronomia (Ciência do Solo); Professora do Mestrado em
Análise Geoambiental (MAG); Pesquisadora do Grupo de Política de Uso do
Solo – PolUS, Universidade Guarulhos – UNG; Guarulhos; São Paulo; Brasil;
renata.criscosta@gmail.com

²Graduando em Ciências Biológicas; Bolsista de Iniciação Científica;
Universidade Guarulhos – UNG; Guarulhos; São Paulo; Brasil;
michael_windson@yahoo.com

³ Graduando em Ciências Biológicas; Bolsista de Iniciação Científica; Guarulhos;
São Paulo; Brasil; dalvadenizesilva@gmail.com

⁴ Graduando em Ciências Biológicas; Guarulhos; São Paulo; Brasil;
meira_carla@hotmail.com

⁵ Bióloga, Doutora em Ecologia, Professora no Curso de Ciências Biológicas,
Universidade Guarulhos – UNG; Guarulhos; São Paulo; Brasil;
fdallara.azevedo@gmail.com

RESUMO: O monitoramento de focos de incêndio por imagens de satélite por sub-bacias hidrográficas, possibilita a obtenção de dados precisos e confiáveis para determinar as áreas prioritárias para ações de prevenção e contenção do fogo. O estudo buscou realizar uma análise espaço-temporal da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê visando o entendimento dos focos de incêndios. O estudo utilizou dados de 2017 a 2020, focos de queimadas e incêndios florestais identificados pelo satélite AQUA_M-T Acumulado, disponíveis do DataGEO. Esses dados são utilizados pelas instituições governamentais que compõem a Operação Corta

Fogo para elaboração, avaliação, planejamento e desenvolvimento das ações de prevenção, fiscalização e combate ao fogo em coberturas vegetais. Na análise temporal, observou uma queda do número total de focos de incêndio nos três anos iniciais, 2017, 2018 e 2019, fechando com alta de 38% no ano de 2020. Na análise espacial, foi possível observar que as sub-bacias Juqueri-Cantareira e Cabeceiras concentram o total de focos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, com 68%. Sendo que no ano de 2020, as sub-bacias Cabeceiras superam o total de focos da Juqueri-Cantareira. O diagnóstico possibilita o comitê de bacias hidrográficas em conjunto com os municípios, atuar de forma preventiva nestas sub-bacias, pensando em estratégias que possam conter o aumento dos focos de incêndio nos anos subsequentes.

Palavras-chaves: Bacia do Alto Tietê, queimadas, corta-fogo, AQUA_M-T

INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais apresentam um grande risco a seguridade do nosso meio ambiente. Além de atingirem a cobertura vegetal das florestas nativas, os incêndios impactam nas características do solo, a fauna e a atmosfera, causando bilhões de dólares de prejuízo todos os anos (Ferreira Filho e Araújo, 2021). A maior parte dos incêndios tem origem humana, entretanto são os fatores climáticos como seca, velocidade do vento e relevo local que definem sua propagação (Santos, Soares e Batista, 2005).

Dentre os fatores climáticos, a precipitação é um fator de grande importância para o controle de focos de incêndio ao umedecer o solo e a vegetação. No entanto, longos períodos de seca estão normalmente associados a incêndios devastadores (Ribeiro e White, 2011).

O aperfeiçoamento das técnicas de combate e prevenção dependem de políticas protecionistas adequadas às características de cada região, e para isso é necessário conhecer o perfil dos incêndios florestais e suas estatísticas, permitindo a priorização das ações em locais com maior incidência de incêndios (Oliveira et al., 2004). A detecção dos

incêndios florestais por satélites são fundamentais para o planejamento e controle, bem com o dimensionamento dos efeitos produzidos pelo fogo sobre o ambiente (Batista, 2004). Tendo em vista a importância do mapeamento e identificação dos focos de incêndio e a escassez de trabalhos acadêmicos voltados para o tema no estado de São Paulo, foi pensada a presente pesquisa.

A unidade territorial para implementação da Política Nacional do Meio Ambiente é a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). O estudo das bacias hidrográficas auxilia na gestão territorial (Costa et al., 2020), o Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT) tem como objetivo promover o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado dos recursos hídricos. A perda da cobertura florestal das bacias hidrográficas impacta diretamente no armazenamento de água, gerando risco a sobrevivência das gerações atuais e futuras.

Desta forma, a análise espaço-temporal dos focos de incêndios nas sub-bacias da Bacia do Alto Tietê, permitirá avaliar quais as sub-bacias mais acometidas pelos focos de incêndios. O estudo auxiliará na definição de áreas prioritárias e na composição de futuros planos de controle, auxiliando na minimização dos impactos ambientais causados por incêndios.

METODOLOGIA

A área de estudo foi a Bacia Hidrográfica do Alto do Tietê, 592,092 hectares, abrange 31 municípios, com uma população aproximada de 20.258.804 habitantes, compreende, total ou parcialmente, o território de 40 municípios, com uma disponibilidade hídrica per capita de 179,58 m³/ha.ano (CBH-AT, 2018).

Tabela 1 - Distribuição das Sub-bacias hidrográficas da Bacia Alto do Tietê -BAT

Sub-bacias Alto Tietê BAT	Área (km ²)	Área (%)
Cabeceiras	1859,24	32%
Cotia - Guarapiranga	858,41	15%
Penha – Pinheiros	852,71	15%
Juqueri – Cantareira	848,71	15%
Billings - Tamanduateí	824,08	14%
Pinheiros – Pirapora	531,98	9%
Total	5775,12	100%

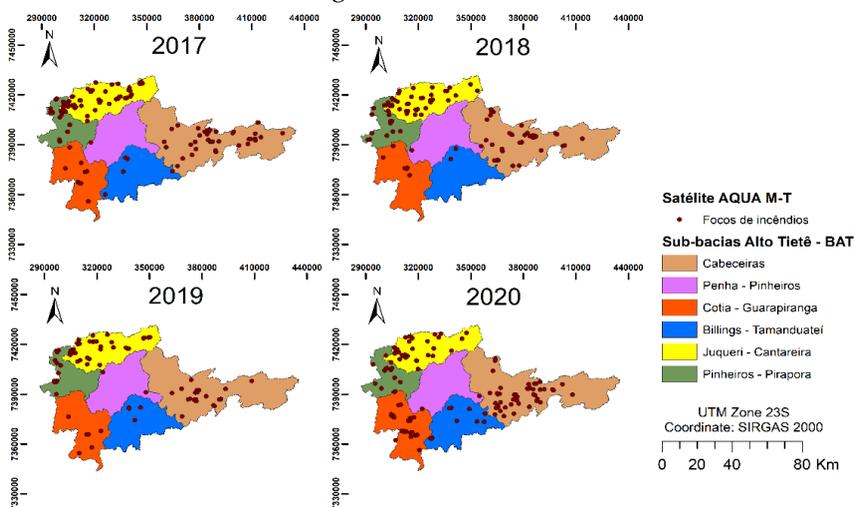
Para análise espaço-temporal dos focos de incêndio utilizou o banco de dados disponibilizado pelo DataGEO (<https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>). O estudo utilizou dados de 2017 a 2020, focos de queimadas e incêndios florestais identificados pelo satélite AQUA_M-T Acumulado. Utilizamos como referência os dados do satélite AQUA-MT, que é o satélite utilizado como referência para coleta de dados sobre a quantidade de focos de queimada pelo Programa Queimadas do INPE. Esses dados são utilizados pelas instituições governamentais que compõem a Operação Corta Fogo (www.ambiente.sp.gov.br/cortafogo) para elaboração, avaliação, planejamento e desenvolvimento das ações de prevenção, fiscalização e combate ao fogo em coberturas vegetais. Os dados baixados foram processados no software ArcGIS. Os limites das sub-bacias hidrográficas foram acessados pelo site do Comitê Alto Tietê (<https://comiteat.sp.gov.br/>). Os pontos foram obtidos a partir de serviço ftp do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O banco de dados após tratados, foram sobrepostos utilizando a ferramenta *spatial join*. A tabela de atributo foi exportada para o Excel, para posterior tratamento e geração de tabelas e gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos 4 anos, 2017 a 2020, o satélite AQUA_M-T identificou 466 focos de incêndios. A Figura 1, demonstra a distribuição espacial dos focos de incêndios nas sub-bacias. Na análise visual do mapa

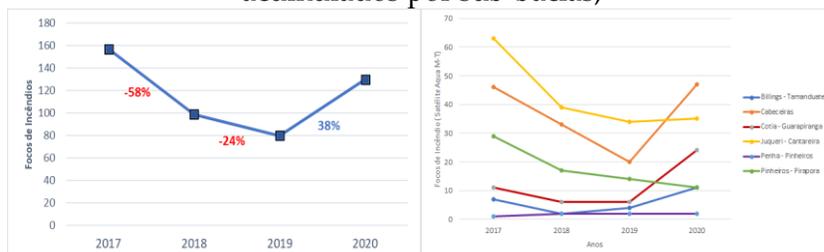
abaixo, Figura 1, é possível observar que algumas regiões são mais afetadas pelos focos de incêndios do que outras áreas da bacia hidrográfica. Nestas áreas deve estruturar ações e direcionar esforços no sentido de diminuir a vulnerabilidade a incêndios florestais, diminuindo a exposição ao risco de incêndio ou aumentando a capacidade de enfrentamento a incêndios florestais das populações e/ou instituições (IEMO e GALVANI, 2021).

Figura 1 – Distribuição espacial dos focos de incêndio nas sub-bacias -
Bacia hidrográfica do Alto Tietê – BAT.



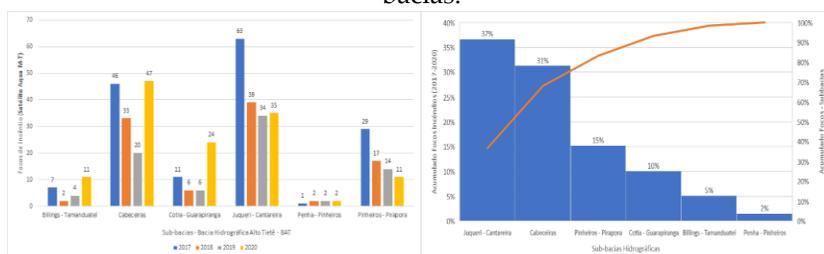
Na análise temporal dos focos de incêndio, podemos observar três anos seguidos com tendência de queda no número de focos, -58% e -24%, no último ano houve tendência de alta para 38%. Os motivos devem ser investigados, para que possam ser revisto o plano estratégico preventivo da BAT. Na análise temporal por sub-bacias, os últimos 3 anos, a tendência de queda ou estabilização, em 4 das 6 sub-bacias analisadas.

Figura 2 – a) Distribuição do acumulado anual dos focos de incêndios b) Distribuição Temporal dos Focos de incêndios acumulados por sub-bacias;



No ano de 2020, com a tendência de aumento, a posição das sub-bacias foi alterada. A sub-bacia Cabeceiras foi da 2ª para a 1ª posição e a Cotia-Guarapiranga de 4ª para 3ª posição. Estas sub-bacias devem ser consideradas prioritárias nos programas de diagnóstico para combate aos incêndios (Figura 2b). O diagnóstico auxilia o comitê para priorizar as regiões de maior risco, de forma a estruturar os serviços de combate a incêndios dentro de limites economicamente viáveis, sendo importante avaliar as épocas de ano são os maiores ocorrência de incêndios (Santos, Soares e Batista, 2006).

Figura 3 – a) Distribuição Espacial dos Focos de incêndios acumulados por sub-bacias. b) Pareto da distribuição dos focos de incêndios por sub-bacias.



As sub-bacias Juqueri-Cantareira (37%) e Cabeceiras (31%) se destacam no acumulado dos quatro anos, seguidas por Pinheiros-Pirapora (15%), Cotia Guarapiranga (10%), Billings-Tamanduateí (5%) e Pena – Pinheiros (2%) (Figura 3a). As sub-bacias Juqueri-

Cantareira e Cabeceiras concentram o total de focos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, com 68% (Figura 3b).

CONCLUSÃO

A análise espacial da BAT, as sub-bacias de Juqueri-Cantareira e Cabeceiras foram as mais impactadas com os focos de incêndio. Na análise temporal, foi observado 3 anos de queda (2017, 2018 e 2019), seguido por aumento, no ano de 2020, quase chegando no patamar de 2017. O comitê de bacias hidrográficas em conjunto com os municípios, atuar de forma preventiva nestas sub-bacias, optando por estratégias focadas nas subbacias com o aumento dos focos de incêndio. O diagnóstico auxiliará em programas de enfrentamento contra incêndios, como a Operação Corta-Fogo.

REFERÊNCIAS

- FERREIRA FILHO, J. E.; ARAÚJO, A. C. Análise de Ocorrências de Incêndios Florestais na Área do Parque Estadual do Cocó, Região Metropolitana de Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2021.
- IEMBO, J. L. V.; GALVANI, E. Vulnerabilidade a incêndios florestais: reflexões acerca do Parque Estadual do Juquery e seu entorno. **Revista Brasileira de Climatologia**. n. 17 – v. 28 – 2021
- COSTA, R. C. A.; PISSARRA, T. C. T.; CALDAS, A. M.; VALLE JUNIOR, R. F. Conflito de uso e indicadores morfométricos para a gestão de política de uso do solo. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 467-476. 2020,
- BATISTA, A. B. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Revista Floresta**. v. 34, n. 2, Curitiba, 2004, 237-241.
- OLIVEIRA, D. S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. Zoneamento de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, 2004, 217-221, Curitiba, PR. ISSN 1982-4688.
- RIBEIRO, A. S.; WHITE, B. L. A. Análise da Precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais do Parque Nacional de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 1, 2011.
- SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos Incêndios Florestais no Brasil em Áreas Protegidas no Período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, jan./abr. 2006.
- CBH-AT. Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PBH-AT 2009). São Paulo: FUSP, 2009.

O PAPEL DO USO DO SOLO NA PROTEÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO – MG.

Max Paulo Rocha Pereira¹; Adriana Monteiro da Costa²

¹ Engenheiro Ambiental, Mestre em Análise e Modelagem de sistemas Ambientais; Doutorando em Geografia; UFMG, Belo Horizonte; MG; Brasil; mqualidadeambiental@gmail.com

² Geógrafa, Mestra em Agronomia, Doutora em Ciências do Solo; UFMG; MG, Brasil; drimonteiroc@gmail.com

RESUMO: A gestão e o ordenamento territorial possuem o potencial de diminuir os impactos da ação humana nos sistemas ambientais. O objetivo deste trabalho foi através da análise espacial, analisar a área de ocorrência do Faveiro-de-Wilson, espécie arbórea criticamente ameaçada de extinção na região da bacia do Córrego Marinheiro, sob a ótica do uso do solo e das políticas de gestão territorial e sua relação com a manutenção da espécie. Observou-se que a tipologia sociopolítica na área de ocorrência era o rural, com predominância de áreas de pastagem, no entanto, em 2019 houve a revisão do plano diretor do município que promoveu a expansão do perímetro urbano para a área de ocorrência do Faveiro-de-Wilson, observou-se também a tentativa de se criar uma unidade de conservação municipal para promover a proteção da área.

Palavras-chave: Uso e cobertura do solo; biodiversidade, gestão territorial.

INTRODUÇÃO

O Brasil apesar de ser um país com grande biodiversidade apresenta altas taxas de desmatamento e fragmentação de habitats promovida pela urbanização e industrialização, pelo aumento constante da fronteira agrícola e pela extração de recursos naturais de uma forma geral, levando à necessidade de se discutir e realizar estudos sobre a abrangência da perda dessa biodiversidade e de suas consequências no equilíbrio dos ecossistemas. Segundo Salati et al. (2006) a perda de biodiversidade por extinção é o segundo tema de maior relevância no Brasil, perdendo apenas para os impactos das mudanças climáticas. Dentre as espécies criticamente ameaçadas de extinção encontra-se o Faveiro-de-Wilson, que integra um dos Planos Nacionais de Conservação, o PAN-FAVEIRO de 2014. Estes visam compreender a biodiversidade e principalmente analisar os impactos e riscos associados à ação antrópica e empregar recursos e esforços na proteção, restauração e manutenção das comunidades biológicas ameaçadas. Neste cenário, a gestão dos territórios e sua dinâmica de uso possuem papel de destaque como forma de garantir a preservação de espécies, isso porque os mecanismos de regulação do uso do solo em suas diferentes escalas (municipal, estadual e federal) podem facilitar ou dificultar os impactos. O objetivo deste trabalho foi analisar o uso do solo na bacia do Córrego Marinheiro e sua relação com a preservação do Faveiro-de-Wilson, a luz das políticas de regulação dos solos urbanos e apontar potenciais estratégias que possam contribuir com a preservação da espécie em seu local de ocorrência.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à bacia do Córrego do Marinheiro e adjacência onde estão catalogados exemplares do Faveiro-de-Wilson. A bacia do Córrego Marinheiro localiza-se entre os municípios de Sete Lagoas e Prudente de Moraes, no estado de Minas Gerais. Está inserida no Cráton do São Francisco sob litologia de siltitos da Formação Serra de Santa Helena, calcários da

Formação Sete Lagoas, e do granito-gnaiss do Complexo Belo Horizonte, com predomínio de materiais de origem do Grupo Bambuí (OLIVEIRA, 2016). A formação vegetal predominante é o Cerrado *strictu sensu* (64% da área), seguido da Floresta Estacional Semidecídua (26%) e do Campo cerrado (8%). A área com vegetação de mata semidecídua e cerrado, solos pobres em nutrientes e sujeitos a déficit hídrico em função das condições climáticas, corresponde ao ambiente de adaptabilidade do Faveiro-de-Wilson (FONSECA, 2010).

Os materiais utilizados consistiram em limite da bacia do Córrego Marinheiro (IGAM 2010); Setores Censitários brasileiros (IBGE, 2019); Uso e Cobertura da Terra, na escala de 1:100.000 (MapBiomas, coleção 6 de 2021); Limite do novo perímetro urbano de Sete Lagoas e área da APA do Marinheiro (Plano diretor municipal, 2019) e catálogo de Exemplares de Faveiro-de-Wilson (Fernandes, 2014).

Inicialmente especializou-se os pontos com exemplares do Faveiro-de-Wilson e, após realizou-se um campo para validação dos dados e preenchimento de ficha de caracterização do entorno de cada exemplar identificado. Posteriormente foram adicionadas as camadas de setores censitários para identificar o padrão socioespacial da área de ocorrência, o mapa de uso e cobertura do solo, o novo perímetro urbano do município de Sete Lagoas e a área da APA do Marinheiro. A partir da espacialização dos dados foram discutidas as classes predominantes na área de ocorrência para interpretação da relação entre os exemplares catalogados e o entorno, como subsídio à orientação de políticas públicas de preservação e conservação das espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os exemplares do Faveiro-de-Wilson, estão localizados majoritariamente nos terços inferior e médio, o restante se encontra no terço superior da vertente. Dos 34 exemplares identificados, 3 estavam localizados em área de Formação Florestal, todas as

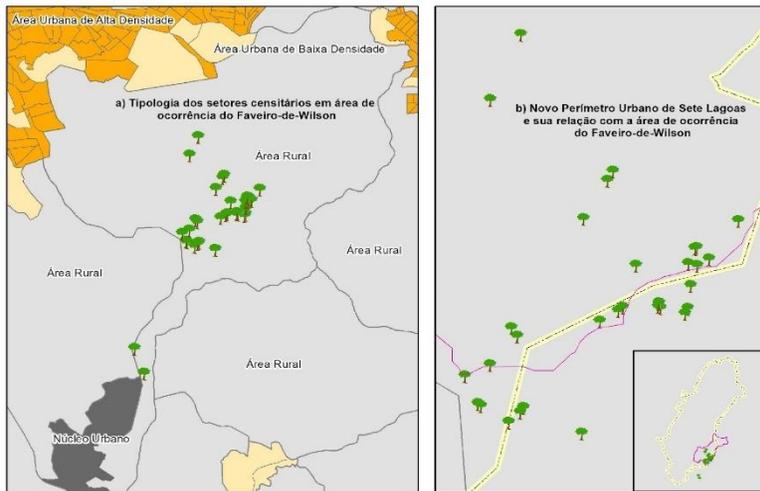
demais estavam localizadas em áreas classificadas como pastagem (Figura 1). Todos os exemplares identificados estavam localizados em área rural fora do perímetro urbano até o ano de 2019, cenário que sofre mudanças a partir da revisão do plano diretor do município de Sete Lagoas. Estudos realizados Santos *et al.* (2016), apontam para a área da bacia do Córrego Marinheiro como um possível vetor de crescimento urbano do município de Sete Lagoas, dando destaque ainda para o fato da área estar localizada na divisa com o município de Prudente de Morais, região que vem sofrendo constantemente pressão ambiental, tanto pela expansão urbana quanto pela busca de água para abastecimento do município de Sete Lagoas, principalmente. Os autores destacam ainda que, nos últimos anos, intensificou-se o interesse pelo conhecimento da dinâmica físico-hídrica e dos possíveis conflitos futuros pelo uso da água que podem surgir na bacia do Córrego Marinheiro, em função dos problemas de escassez hídrica e do aumento da demanda por captação de suas águas.

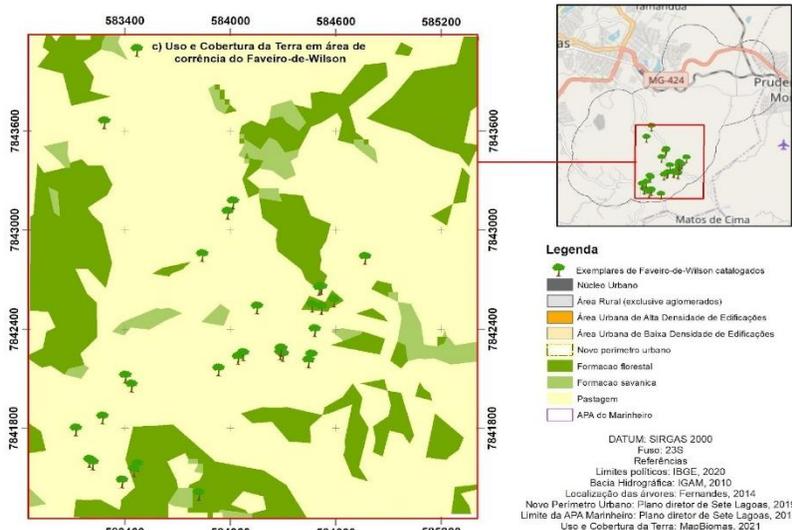
A legislação brasileira determina que o parcelamento do solo em áreas urbanas (perímetro urbano), de expansão urbana e áreas rurais seja feito obedecendo critérios de área mínima, essa lógica de parcelamento está atrelada ainda a um importante princípio constitucional brasileiro, a função social da propriedade. Tal princípio possibilita dentre outras coisas a construção da compreensão de que o direito do proprietário não é absoluto, mas deve observar também os interesses da coletividade e a proteção ambiental, nessa perspectiva o tamanho do imóvel é extremamente relevante para que o mesmo tenha condições mínimas de cumprir sua função social, que no caso dos imóveis rurais está diretamente ligada a produção de bens que são fundamentais para a manutenção e a qualidade da vida das populações, mas também a proteção de recursos naturais como a recarga hídrica, a regulação microclimática, dentre outros elementos e serviços prestados por essas áreas.

A área mínima de parcelamento para a zona rural do município de Sete Lagoas é de 2 módulos fiscais, o tamanho do módulo varia por

critérios regionais, mas no caso em análise cada módulo fiscal deve conter 20 hectares de área (INCRA 2012). Logo, em processos de parcelamento na área de ocorrência do Faveiro-de-Wilson seria de 40 hectares, o que dificulta o próprio processo de fragmentação, uma vez que o imóvel em área urbana possui como fração mínima ou desmembramento a área de 125m² de acordo com a Lei Federal 6766/79. Os municípios, no entanto, possuem competência para aprovar desmembramentos em área inferior, salvo situações como o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes. Assim, fica evidente que as diferenças do tamanho da área mínima parcelável em áreas urbanas e áreas rurais pode ser um importante fator de risco na maior fragmentação de ambientes, principalmente em áreas de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção.

Figura 1 - Análise dos padrões de uso e tipologia política da área de ocorrência do Faveiro-de-Wilson





Com as alterações aprovadas no plano diretor do município de Sete Lagoas em 2019 houve a expansão do perímetro urbano, incluindo a área da bacia do Córrego Marinheiro, região de ocorrência do Faveiro-de-Wilson. A avaliação das implicações práticas desse processo somente será possível nos próximos anos, no entanto, essa alteração permite que as propriedades rurais ali existam sejam submetidas ao parcelamento do solo em frações mínimas menores do que aquelas permitidas em áreas rurais, facilitando a exploração por parte do setor imobiliário e favorecendo a fragmentação de habitats.

Como estratégia de preservação da área de ocorrência do Faveiro-de-Wilson foi proposta a criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) de gestão municipal. As APAs são unidades de conservação de uso sustentável previstas no Sistema Brasileiro de Unidades de Conservação (SNUC), que apresentam como restrição ao uso os parâmetros estabelecidos no seu plano de manejo. O plano de manejo para a área de estudos ainda não foi elaborado, o que impõe, ainda, condição de fragilidade sobre o real potencial de preservação dessas áreas. Figueiredo et al., (2017) destacam ainda que, as unidades de conservação em áreas urbanas, estão mais

sujeitas a impactos ambientais como desmatamento, caça ilegal, extrativismo predatório, introdução de espécies exóticas, dentre outras ações antrópicas, sendo, portanto, fundamental a elaboração de um conjunto de instrumentos de comando e controle que regulem o uso e fiscalizem as atividades desenvolvidas tanto no seu interior quanto nas bordas destas unidades.

CONCLUSÕES

A área de ocorrência do Faveiro-de-Wilson possuía tipologia rural e uso predominante de pastagem.

No ano de 2019 a revisão do plano diretor do município de Sete Lagoas expandiu o perímetro urbano incluindo a bacia do Córrego Marinheiro e parte significativa da área de ocorrência do Faveiro-de-Wilson.

Foi proposta a criação de uma Área de Proteção Ambiental da bacia do Córrego Marinheiro visando principalmente a preservação do Faveiro-de-Wilson, no entanto, não houve a elaboração de um plano de manejo estabelecendo as medidas restritivas de uso para a área, o que faz com que a área se encontre sobre grande fragilidade quanto à sua preservação.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Plano Nacional de Conservação do Faveiro-de-Wilson** – PAN FAVEIRO. Disponível em: <http://dspace.jbrj.gov.br/jspui/handle/doc/29>. Acessado em 30/082021
- FERNANDES, F. M. e REGO, J. O. *Dimorphandra wilsonii* Rizzini (Fabaceae): distribution, habitat and conservation status. **Acta Botanica Brasilica**. v. 28, n. 3, p. 434-44. 2014.
- FIGUEIREDO, H. P. DE et al. Políticas Públicas e fragilidades na gestão de Unidades de Conservação Urbanas no Brasil. **Multítemas**, v. 22, n. 51, 16 maio 2017.
- FONSECA, M.B; SIMÕES, J.L; ISAÍAS, R.M.S; FRANÇA, M.G; SCOTTI, M.R; JAMES, E.K; SPRENT, J. 2010. Rhizobial and arbuscular mycorrhizal fungal symbioses in *Dimorphandra wilsonii*, a threatened caesalpinioideae legume native to Brazilian cerrado. In: contributions of **XIII National Meeting of the spanish society of nitrogen Fixation and II Portuguese-spanish congress on nitrogen Fixation**. Zaragoza, p. 127-128

OLIVEIRA, A. R. de. **Relações solo-paisagem e modelo de predição de solos da bacia do córrego Marinheiro, Sete Lagoas (MG)**. v, 74 f., enc.: il. Dissertação de Mestrado 2016, Instituto de Geociências - UFMG, Belo Horizonte - MG, Brasil.

SALATI, E; SANTOS, A. A. e KLABIN, I. Temas Ambientais Relevantes. **Estudos Avançados** v. 20, n. 56, p. 107-127, 2006.

SANTOS, D.de F. M. **Dinâmica do uso e cobertura do solo nos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais – MG [manuscrito]: uma análise espacial do crescimento urbano** / Dalila de Fátima Moreira dos Santos. – 2016. 57 f., enc.: il. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM REFLORESTAMENTO APÓS GEADA NO OESTE PAULISTA

Giovanni Alexander de Oliveira¹; Vitor Corrêa de Mattos
Barretto²; Roberto de Lima Donato³; Carlos Leonardo Pereira
Bogas³; Rafael Simões Tomaz⁴

¹Discente do curso de graduação em Engenharia Agrônômica; Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp - Dracena; São Paulo; Brasil; giovanni.alexander@unesp.br

² Professor Assistente Doutor; Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp - Dracena; São Paulo; Brasil; vitor.barretto@unesp.br

³ Discentes do curso de graduação em Engenharia Agrônômica; Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp - Dracena; São Paulo; Brasil; roberto.donato@unesp.br; carlos.bogas@unesp.br

⁴ Professor Assistente Doutor; Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp - Dracena; São Paulo; Brasil; rafael.tomaz@unesp.br

RESUMO: A dinâmica do desenvolvimento da sociedade no espaço geográfico e as relações que o homem mantém com o mesmo tornam-se relevantes os estudos que objetivem auxiliar no planejamento do uso e posterior monitoramento deste espaço. O presente trabalho teve como escopo realizar a análise temporal dos índices de vegetação antes e após geada da superfície de fragmentos de área de um reflorestamento por espécies nativas no município de Dracena – SP. Para tanto, foram utilizadas as técnicas de interpretação visual de imagens obtidas da tomada fotográfica com o sensor RGB utilizando uma aeronave remotamente pilotada – ARP, e com o uso de sistema de informação geográfica – SIG. A interpretação visual foi realizada nos períodos antes (junho) e após a geada ocorrida em julho de 2021. Deste modo, foi concluído que os mecanismos de avaliação da ocupação do solo por imagens aéreas são aliados do pesquisador ao analisar as alterações

temporais e locais que ocorrem no fragmento florestal. Este trabalho tem como meta nortear possíveis políticas públicas e trabalhos de planejamento do uso do solo.

Palavras-chave: Geotecnologia, uso e ocupação do solo, interpretação visual de imagens aéreas.

INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, a dinâmica do desenvolvimento da sociedade no espaço geográfico e as relações que o homem mantém com o mesmo tornam-se relevantes para a condução de estudos de análise do meio relacionadas ao uso sustentável dos recursos naturais.

Com o avanço da tecnologia, informações de sensoriamento remoto e geoprocessamento tornaram-se grandes aliadas no estudo temporal e em especial, do uso das terras. Atualmente, a agropecuária moderna conta com mais uma ferramenta que é uso de aeronaves remotamente pilotadas que apresenta custos mais acessíveis, sistemas de navegação automática de fácil uso e proporciona alavancar a produtividade e maximizar a produção de culturas agrícolas, bem como, pode ser utilizado para o monitoramento de áreas de proteção ambiental.

A coleta de dados de campo com o uso de sensores obtidas por meio de veículos aéreos tripulados ou não tripulados é uma alternativa às imagens de satélite (AASEN et al., 2015), ampliando a possibilidade para monitoramento de sistemas agropecuários (JORGE; INAMASU, 2014). Os sensores de aeronave remotamente pilotada capturam parte da energia eletromagnética que interage com o alvo e com o meio. A interação da irradiância solar com as plantas é um fenômeno complexo influenciado por questões de forma, tamanho e composição inerentes às células, tecidos e estruturas vegetais representados pelas folhas e dosséis, mas que fundamentalmente resulta em uma parte de energia transmitida, parte absorvida e parte refletida distintamente por comprimento de onda (OLLINGER, 2011).

As informações registradas pelas bandas podem ser utilizadas individualmente, ou como índices de vegetação (IV), calculados a

partir de operações matemáticas entre bandas, cujo objetivo é realçar a resposta da vegetação e/ou minimizar efeitos de solo e da variação da irradiação solar (JACKSON; HUETE, 1991). As análises de imagens por meio dos índices de vegetação auxiliam na compreensão da “aparência” que uma determinada cobertura vegetal assume em um dado produto de sensoriamento remoto (PONZONI, 2002).

A suscetibilidade de espécies submetidas a extremos climáticos varia com diferenças fisiológicas, morfológicas e genéticas existentes entre as espécies e até dentro de uma mesma espécie (VIEIRA et al., 2003). Os danos causados pela geada podem ser diretos, como a morte das plantas, e indiretos, que são os mais frequentes, em que restringem o potencial de crescimento das plantas.

O presente trabalho teve como escopo realizar a análise temporal dos índices de vegetação antes e após geada da superfície de fragmentos de área de um reflorestamento por espécies nativas no município de Dracena – SP.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo: A área de estudo pertence à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT/UNESP, Câmpus de Dracena-SP, com coordenadas UTM 442553.09 E; 7626566.65 S, altitude média de 400 m. O clima é do tipo Aw (tropical úmido), classificado segundo Köppen, com temperatura média de 22,1°C e precipitação anual média de 1200 mm. O solo da área experimental é o Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. A vegetação predominante do entorno é denominada Floresta Estacional Semidecidual. O reflorestamento foi realizado como forma de Compensação de Supressão de exemplares arbóreos nativos isolados na FCAT (Contrato de Cooperação Recíproca nº GAE/054/2014), em virtude da construção das instalações físicas da Faculdade. O local escolhido para o reflorestamento foi à margem do Córrego das Antas, onde há área de preservação permanente e área destinada a reserva legal. A área total do reflorestamento, de

1 hectare, foi implantada no período de dezembro de 2014 a janeiro de 2015, no espaçamento de 3 m x 2 m.

Aeronave Remotamente Pilotada: Para o aerolevante foi utilizado uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), também conhecida como DRONE ou VANT. O drone Phantom 4 V2.0 Pro foi utilizado para a obtenção das imagens. Apresenta captura de vídeo e imagens RGB com capacidade de Resolução de 4K/60p Fps e fotos de 20 MP, com lente de 8,8 mm e campo de visão de 84 graus, por meio de rajadas de 14 quadros por segundo e rajadas únicas. O sensor utilizado para a captação de dados está adequado à atividade de aerolevante.

Programas informatizados utilizados: O programa de computador WebODM Manager foi utilizado para elaboração dos orthomosaicos referente às imagens coletadas. O processamento dos orthomosaicos foram realizados por meio dos pacotes raster e FIELDimageR (MATIAS et al., 2020), do software livre R (R Core Team, 2021).

Aerolevante: Conforme descrito no Art. 3º, do Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971, aerolevante é: “o conjunto das operações aéreas e/ou espaciais de medição, computação e registro de dados do terreno com o emprego de sensores e/ou equipamentos adequados, bem como a interpretação dos dados levantados ou sua tradução sob qualquer forma”.

Da mesma forma, em conformidade com a Resolução ANAC nº 377, de 15 de março de 2016, que regulamenta os Serviços Aéreos Públicos, em seu Anexo, no item 1.2.6, aerolevante é: “o conjunto de operações para obtenção de informações de parte terrestre, aérea ou marítima do território nacional, por meio de sensor instalado em plataforma aérea, complementadas pelo registro e análise dos dados colhidos, utilizando recursos da própria plataforma ou estação localizada à distância”, e compreende as operações de aeroprospecção e aerofotogrametria, que são Serviços Aéreos Públicos Especializados em aerolevante (SAE-AL).

Durante as visitas técnicas em campo, foram realizados os levantamentos da mata nativa. Para o processo de obtenção dos dados no terreno, foi estabelecido um plano de voo para o drone, via controle remoto e uso do software DJI GS Pro, a uma altura determinada para todas as imagens de 45 metros em relação ao solo. Com o drone já posicionado na altura e coordenadas estabelecidas, foram realizadas rajadas e rajada única em um ângulo de 90 graus em relação ao solo para obtenção das imagens. As observações foram realizadas em duas épocas: antes (22/06/2021) e após a geada (05/08/2021).

O efeito da geada nas espécies arbóreas reflorestadas foi analisado a partir da interpretação da imagem realizada a partir da identificação dos alvos da superfície da área de mata.

Os orthomosaicos foram previamente tratados com o Ocerall Hue Index – HUE – com o intuito de criar uma máscara das imagens sem a influência do solo. Nesta máscara, foram aplicados cinco índices de vegetação: Normalized Green Red Difference Index – NGRDI; Blue Green Pigment Index – BGI; Green Leaf Index – GLI; Brightness Index – BI e Visible Atmospherically Resistant Index – VARI. Esses índices foram aplicados com o intuito de estudar a parte floresta a partir da “parte verde”, uma vez que tais índices, de forma geral, remetem a tanto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens e índices de vegetação permitem projetar e estudar a alteração que ocorreu na área devido ao evento extremo do processo de geada, sendo possível observar no mapa realizado no programa de informação geográfica, conforme observa-se nas figuras 1 e 2. Os índices de vegetação que demonstraram variações foram NGRDI e BI. O estudo mostrou que antes da geada havia clareiras em virtude da desfolha natural das espécies caducifólias no período da seca (outono-inverno). Quando houve a geada, a cobertura florestal que era pequena se tornou menor ainda. Aliado a isso, no reflorestamento (6 anos) já havia clareiras pela morte

natural de mutambos (*Guazuma ulmifolia*) e de outras espécies atacadas por formigas cortadeiras e por não ter seguido a recomendação adequada do espaçamento (6 m²). Ao comparar esse aspecto à vegetação presente na época anterior ao evento extremo, pode-se verificar que o NGRDI da área se tornou de coloração verde claro e com perfilhamentos esparsos de verde claro para rosa claro com lacunas em brancos (clareiras). O índice NGRDI fornece indicações da variabilidade espectral dos dosséis da vegetação no plano horizontal (LI et al., 2016). E o índice BI também apresentou variações na vegetação antes e após geada. Deste modo, o estudo proporcionou observar que é necessária a preservação de matas em áreas de baixadas, pois o efeito da geada é mais proeminente e espaçamentos menores (3x2), uma vez que neste espaçamento ocorre formação de dossel precocemente, promovendo diminuição das perdas radiativas durante a noite.

CONCLUSÃO

O uso do ARP (Aeronave Remotamente pilotada) juntamente com o software DJI GS Pro proporcionaram o aprimoramento do conhecimento sobre a área de reflorestamento no mapeamento da área é possível detectar e quantificar as semelhanças e diferenças entre distúrbios naturais ou antrópicos.

Figura 1 - Imagens obtidas por ARP em reflorestamento antes da geadada (A). Índice NGRDI (Normalized Green Red Difference Index) da área reflorestada antes da geadada (B). Índice BI (Brightness Index) da área reflorestada antes da geadada (C).

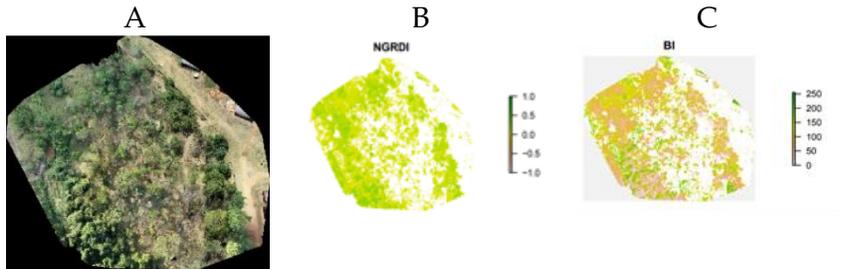
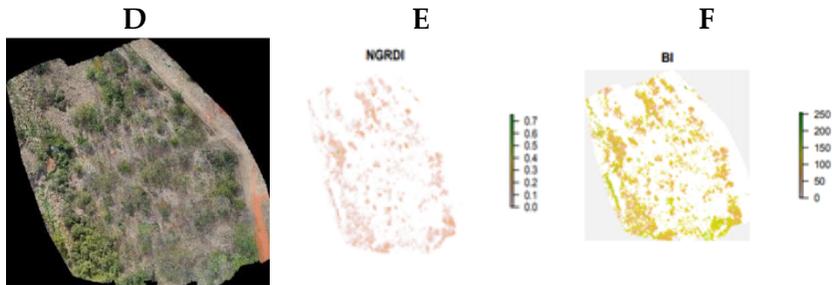


Figura 2. -Imagens obtidas por ARP em reflorestamento após geadada (D). Índice NGRDI (Normalized Green Red Difference Index) da área reflorestada após geadada (E). Índice BI (Brightness Index) da área reflorestada após geadada (F).



REFERÊNCIAS:

- AASEN, H.; BURKART, A.; BOLTEN, A.; BARETH, G. Generating 3D hyperspectral information with lightweight UAV snapshot cameras for vegetation monitoring: From camera calibration to quality assurance. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 108, p. 245-259, 2015.
- JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. Interpreting Vegetation Indices. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 11, p. 185–200, 1991.
- JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 109-134.
- LI, W.; NIU, Z.; CHEN, H.; LI, D.; WU, M.; ZHAO, W.; Remote estimation of canopy height and aboveground biomass of maize using high-resolution stereo

images from a low-cost unmanned aerial vehicle system. **Ecological Indicators**, v. 67, p. 637-648, 2016.

MATIAS, F.I.; CARAZA-HARTER, M.V.; ENDELMAN, J.B. FIELDimageR: An R package to analyze orthomosaic images from agricultural field trials. *The Plant Phenome J.* 2020; <https://doi.org/10.1002/ppj2.20005>

OLLINGER, S. V. Sources of variability in canopy reflectance and the convergent properties of plants. **New Phytologist**, v. 189, n. 2, p. 375-394, 2011.

PONZONI, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica. In:

RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PONZONI, F. J.; CAMARGO JÚNIOR, H.; CONFORTE, J. C.; MOREIRA, J. C.; EPIPHANIO, J. C. N.; MOREIRA, M. A.; KAMPEL, M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. de; MARTINI, P. R.; FERREIRA, S. H.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; SANTOS, V. M. N. dos (Ed.). Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente. São José dos Campos: INPE. p. 27. Cap 8. 2002.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

VIEIRA, A.R.R. FEISTAUER, D.; PORFIRIO DA SILVA, V. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvipastoril, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 627-634, 2003.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ÁGUAS PARADAS VISANDO ADEQUAÇÃO NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE

Pedro Henrique Gatto Juliano¹; Polyana Pereira²; Paulo Roberto
Rodrigues Benevides Filho³; Pedro Henrique Segato⁴; Teresa
Cristina Tarlé Pissarra⁵

¹ Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo), UNESP/FCAV, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, pedro.gatto-juliano@unesp.br.

² Mestranda em Agronomia (Ciência do Solo), UNESP/FCAV, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, polyana.pereira@unesp.br.

³ Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo), UNESP/FCAV, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, benevides.filho@unesp.br.

⁴ Graduando em Agronomia, FCAV/UNESP, p.segato@unesp.br.

⁵ Profa. Dra., Orientadora, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus Jaboticabal, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, teresa.pissarra@unesp.br.

RESUMO: Bacias hidrográficas são unidades de extrema importância no planejamento e na gestão de recursos naturais de uma região. A partir destas unidades territoriais nascem os rios, córregos e riachos, que são de extrema importância para a manutenção do lençol freático e do escoamento da água superficialmente no terreno. As bacias possuem características capazes de refletir os impactos causados ao seu redor, principalmente as pressões antropogênicas. Este estudo tem como objetivo quantificar e qualificar o uso e ocupação dos solos em áreas de preservação, identificadas pelo uso de geotecnologias, na bacia hidrográfica do Ribeirão Águas Paradas, localizada no município de Américo de Campos, no Estado de São Paulo, gerando um banco de dados sobre a unidade territorial para fins de adequação ambiental à Legislação Florestal Brasileira.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, uso e ocupação, geotecnologias.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é considerada uma unidade ideal para o planejamento e gestão de seus recursos naturais. Ambientalmente, é a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas, como a ocupação das terras por atividades agrícolas (JENKINS et. al., 1994). Na bacia hidrográfica, as águas das chuvas são drenadas de forma superficial, gerando os rios e riachos, e também infiltram no solo, formando as nascentes e contribuindo para a manutenção do nível do lençol freático (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

Segundo a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitando o fluxo gênico de fauna e flora, protegendo o solo e assegurando o bem-estar das populações humanas. As formas de uso e ocupação do solo derivam das atividades socioeconômicas e, segundo Souza et al. (2017), além de denunciar o grau de conservação, preservação e degradação dos recursos naturais, refletem sobre o desenvolvimento das relações estabelecidas entre sociedade e natureza.

O presente estudo visa quantificar e qualificar o uso e ocupação dos solos em áreas de preservação, identificadas pelo uso de geotecnologias, na bacia hidrográfica do Ribeirão Águas Paradas, gerando um banco de dados sobre a unidade territorial para fins de adequação ambiental à Legislação Florestal Brasileira.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do Ribeirão Águas Paradas, localizada no município de Américo de Campos, no Estado de São Paulo (Figura 1). Com área de aproximadamente 9.706,29 ha, a região estudada está inserida na sub-bacia do Rio Preto, pertencente a 15ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRH 15), a Bacia do Rio Turvo e Grande.

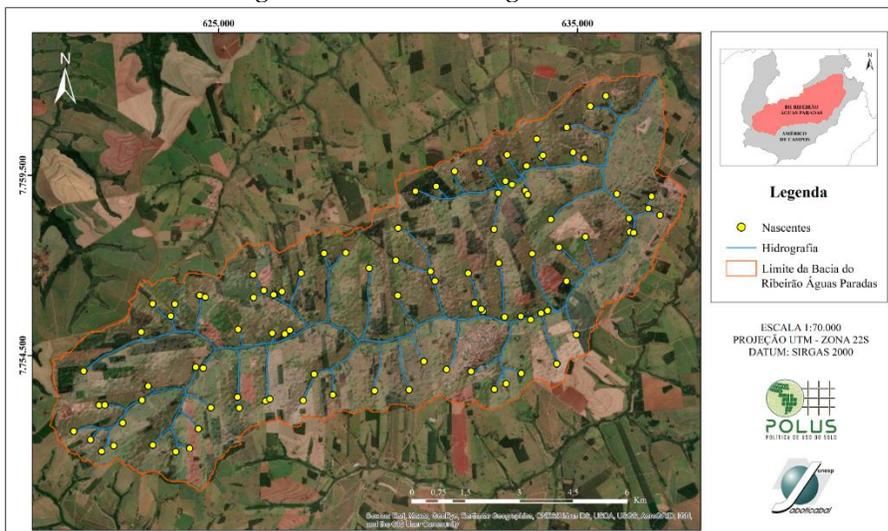
Situada no contexto geomorfológico do Planalto Ocidental Paulista, a Bacia possui altitude média de 476 metros (amplitude de 557 a 408 metros) e predominância de relevo suave ondulado. O material geológico da área está relacionado aos arenitos eólicos da Formação Vale do Rio do Peixe, unidade de maior extensão aflorante na parte leste do Grupo Bauru (FERNANDES; COIMBRA, 2000).

Os solos da área de estudo distribuem-se em Argissolos Vermelho-Amarelos de textura arenosa/média e Latossolos Vermelhos de textura média (ROSSI, 2017). O clima local é caracterizado como tropical quente e úmido, tipo Aw de Köppen (ALVARES et al., 2013), com duas estações bem definidas. A precipitação média anual é de 1.132 mm, com períodos secos de abril a setembro e chuvosos de outubro a março.

O divisor topográfico da bacia do Ribeirão Águas Paradas foi delimitado pela extensão ArcSWAT 2012.10.5.24, desenvolvida para o *software* ArcGIS 10.5 (ESRI), utilizando imagem do modelo digital de elevação (MDE) em formato *raster*, resolução espacial de 12,5 metros, do sensor PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) a bordo do Satélite Japonês ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), fonte de dados do *Alaska Satellite Facility*, <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/>. Definiu-se a rede de drenagem a partir da base hidrográfica otocodificada, escala 1:5.000, fornecida pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), e da interpretação de imagens de satélite fornecidas pela *ESRI Satellite (ArcGIS/World Imagery)*, <https://qms.nextgis->

.com/geoservices/1300/, e acessíveis através do *software* ArcGIS 10.5 (ESRI). As 101 nascentes foram extraídas de informações disponíveis no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2021) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de identificação dos pontos de nascente da bacia hidrográfica do Ribeirão Águas Paradas.



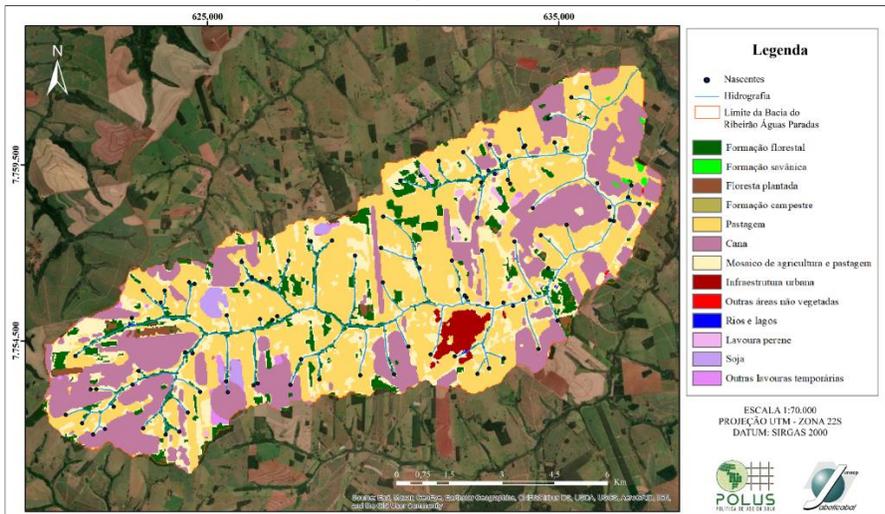
A partir de dados da Coleção 5.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil do Projeto MapBiomas, <https://mapbiomas.org/>, analisou-se o uso e ocupação do solo em áreas de APP e mata ciliar, de acordo o Código Florestal, Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Simulando os limites das áreas de preservação com o *software* ArcGIS 10.5 (ESRI), criou-se buffers de 50 metros de raio ao redor dos pontos de nascente e buffers com 30 metros para cada lado da rede de drenagem da bacia hidrográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na bacia hidrográfica do Ribeirão Águas Paradas, as pastagens ocupam cerca de 43,08% da área total (4.180 hectares) e quase sempre estão próximas à rede de drenagem (Figura 2). A cultura da cana-de-

açúcar e o mosaico composto por áreas de uso agropecuário indistinguíveis entre pastagem e agricultura correspondem a 25,94 e 19,23% da área total, respectivamente, evidenciando a expansão da produção de cana sobre os demais gêneros, principalmente áreas antes ocupadas por outras lavouras e pastagens.

Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Águas Paradas.



As florestas naturais ocupam cerca 7,71% da área total da Bacia (747,63 hectares), correspondendo às formações florestal e savânica do bioma Cerrado. As florestas plantadas, em sua maioria para fins comerciais como o eucalipto e o pinus, ocupam apenas 71,31 hectares (0,73%). Observa-se que a bacia hidrográfica possui áreas fragmentadas de vegetação que, em sua maioria, não compõem as zonas de amortecimento ao longo da área de drenagem.

As áreas de preservação correspondem a 30,48% das áreas de mata ciliar e apenas 13,94% das APPs em nascentes. As classes pastagem/mosaico de agricultura e pastagem somadas correspondem a 81,61% das APPs de nascentes (63,90 hectares). Das 101 nascentes estudadas, nenhuma está de acordo com a

legislação ambiental vigente, sendo 5 nascentes totalmente drenadas para a composição de pastagens.

Tabela 1 - Classes de uso de solo e ocupação do solo em áreas de preservação.

Coleção	Mata Ciliar		Nascentes	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Formação florestal	163,22	30,48	10,92	13,94
Formação campestre	0,32	0,06	-	-
Pastagem	88,43	16,51	31,21	39,86
Cana-de-açúcar	4,32	0,81	3,34	4,27
Mosaico de agricultura e pastagem	276,96	51,72	32,69	41,75
Infraestrutura urbana	0,78	0,15	-	-
Rios e lagos	1,45	0,27	0,14	0,18
Total	535,49	100	78,30	100

CONCLUSÃO

O estudo evidencia que praticamente a metade da área total da bacia hidrográfica do Ribeirão Águas Paradas é composta por áreas de pastagens e indica que ocorre um aumento no cultivo da cana-de-açúcar na região. Das 101 nascentes estudadas, nenhuma está de acordo com a legislação ambiental vigente no intuito de desenvolver a função ecológica. Dentre todas, 5 encontram-se totalmente drenadas para a composição de pastagens. Este cenário reflete a negligência ou a falta de conhecimento da função das áreas de nascentes e APP's. Recomenda-se ações de educação ambiental na região e de restauração ecológica.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO5k)**. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/f7b1fc91-f5bc-4d0d-9f4f-f4e5061e5d8f>>. Acesso em: 3 jul. 2021.

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 União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p. 1, 28 mai. 2012. PL 1876/1999.

ESRI – ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop**: Release 10.5. Redlands, 2018.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 717-728, 2000.

JENKINS, S. K.; PETERS, N. E.; RODHE, A. Hydrology. In: MOLDAN, B. CERNY, J. Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research. **Chichester: John Wiley**, 1994. p. 31-54.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. v. 1. 118 p. (inclui Mapas)

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus, Bahia: Editus, 2002. 293 p.

SICAR – SISTEMA NACIONAL DE CADASTRO RURAL. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>>. Acesso em: 9 jul. 2021.

SOUZA, T. L. de; CAMPOS, S.; CAMPOS, M.; RODRIGUES, B. T.; AZEVEDO, E. P. G. Sistema de informações geográfica na análise hidrológica e ambiental de uma microbacia. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 3, p. 112-127, 2017.

ANÁLISE TEMPORAL DA SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Michelle Adelino Cerqueira¹; Flavia Mazzer Rodrigues²;
Gleymerson Vieira Lima de Almeida³

¹ Engenheira de Agrimensura, Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação; Universidade Federal de Alagoas - Campus de Engenharias e Ciências Agrárias; Rio Largo; Alagoas; Brasil; michelle.cerqueira@ceca.ufal.br

² Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia; Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrárias; Montes Claros; Minas Gerais; Brasil; flamazzer@hotmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal; Escola Técnica Estadual de Pernambuco; São José do Belmonte; Pernambuco; Brasil; gleymersonalmeida@hotmail.com

RESUMO: A desertificação é definida como sendo a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de fatores tais como: variações climáticas e atividades humanas. Além disso, é possível observar que a remoção da vegetação é uma das ações que pode desencadear o processo de desertificação, e com consequências severas relacionadas aos solos das regiões afetadas. Pesquisas que utilizam a tecnologia da detecção remota indicam que esse tipo de monitoramento é eficaz para diagnosticar as alterações desencadeadas na superfície terrestre. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise temporal da suscetibilidade à desertificação na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, região semiárida pernambucana, utilizando índices espectrais. Foram utilizadas imagens de satélite *Landsat* referente ao período de 23 anos (1993-2016). A avaliação temporal na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú dos índices: Vegetação por Diferença

Normalizada (NDVI), Água por Diferença Normalizada (NDWI), Óxido de Ferro (OI) e Temperatura de Superfície (TS), demonstraram que houve uma homogeneização e compatibilidade dos dados gerados, ocorrendo um comportamento quase que totalmente estável para o período de estudo. Contudo os municípios de Serra Talhada e Floresta requerem prudência quanto a preservação de suas áreas, pois verificou-se uma maior suscetibilidade ao processo de desertificação.

Palavras-chave: índice espectral, vegetação, geotecnologias.

INTRODUÇÃO

A desertificação é um processo dinâmico e progressivo de degradação ambiental (UNCCD, 2011). Essa ação consiste numa série periódica de eventos de degradação, que ocorrem pela atuação ordenada de vulnerabilidades naturais e atividades humanas, que podem desencadear um processo de desertificação, assim como potencializar fragilidades pré-existentes (FERREIRA *et al.*, 2014). Segundo Roxo (2006) a desertificação ocorre, ou é passível de ocorrer nas diversas regiões de clima seco do mundo, principalmente em virtude de determinadas formas de manejo a que são submetidos os recursos naturais existentes, em particular a vegetação e os solos.

Durante a década de 1990 a desertificação expandiu-se rapidamente e passou a constituir uma das principais preocupações ecológicas, tendo sido classificada como um dos maiores desafios para o desenvolvimento sustentável (UNCCD, 2012).

Na região semiárida brasileira, o desmatamento da caatinga para produção agrícola ou pecuária provoca severas perdas de água, solo e nutrientes, intensificando os efeitos das secas recorrentes e promovendo a desertificação (SILVA; SANTOS, 2012).

Conjuntamente, observa-se que uma bacia hidrográfica tende a apresentar um arranjo espacial decorrente da inter-relação entre seus componentes de naturezas geológica, geomorfológica,

hidroclimática, pedológica e bioecológica, resultando em diferentes padrões de paisagens (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Estes componentes naturais estão em constantes mudanças em função da evolução natural e das atividades humanas, e as intervenções antrópicas neste meio podem desencadear alterações nos elementos que compõe este sistema, causando impactos e/ou processos de degradação e alterando a dinâmica dos ciclos naturais (CRISTOFOLETTI, 1999; FIGUEIRA DE SÁ *et al.*, 2010).

Ainda neste contexto, verifica-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, por ser uma área localizada em uma região semiárida, torna-se mais vulnerável e susceptível aos efeitos das mudanças ambientais e do processo de desertificação, com sérias implicações econômicas e socioambientais (RIBEIRO, 2016). Portanto, autores como: Tong *et al.*, (2016), Zanchetta *et al.*, (2016) e Guo *et al.*, (2017), recomendam o uso das geotecnologias para estudo da desertificação, pois os impactos ambientais alteram profundamente a interação da radiação da eletromagnética com o meio. Para tanto, segundo Shimabukuro e Ponzoni (2007) e Jensen (2009), diversos índices de vegetação têm sido propostos na literatura com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação.

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise temporal, com o auxílio das geotecnologias, da suscetibilidade à desertificação na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, semiárido pernambucano, por meio de índices espectrais, para subsidiar o planejamento e manejo ambiental, visando auxiliar na orientação e tomada de decisão do poder público na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, corresponde à chamada Microrregião do Vale do Rio Pajeú, situada na porção Centro-Oeste do Estado de Pernambuco, localizada nas coordenadas geográficas 07° 16' 20" e 08° 56' 01" de latitude sul, e 36° 59' 00" e 38° 57' 45" de longitude oeste, que forma a Unidade de Planejamento Hídrico UP-9, com 355 km extensão da sua nascente até sua foz no Lago de Itaparica no

Rio São Francisco, com uma área de 16.685,63 km², correspondendo a 16,97% da área do Estado (FEITOSA *et al.*, 2011).

O primeiro processo para elaboração deste estudo foi a aquisição de imagens obtidas junto ao servidor GLOVIS, gerido pelo USGS (*United States Geological Survey*). As imagens corresponderam ao período seco, onde é observado uma baixa pluviosidade e pouca incidência de nuvens. A análise temporal abrange um intervalo de 10 anos, sendo uma composição de imagens para cada decêndio, uma vez que os sensores utilizados não recobrem, em uma única imagem, toda a área da bacia hidrográfica, foi necessário a composição de mosaicos para o recobrimento total da área de estudo.

De posse dos produtos orbitais, as mesmas foram submetidas ao registro (reposicionamento geográfico) com base em uma imagem gerada pelo mesmo sensor, porém, georreferenciada. Em seguida a imagem registrada foi submetida ao processo de calibração radiométrica, onde foram obtidas a radiância e a reflectância espectral. Após a reflectância espectral, foi realizada uma análise da variabilidade espaço-temporal de cinco fatores: Índice de Aridez (AI), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), Índice de Óxidos de Ferro (OI) e Temperatura da Superfície (TS).

O Índice de Aridez (IA) foi calculado usando a fórmula sugerida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nation Environment Program-UNEP*, 1992), que tem sido utilizada para a classificação de áreas susceptíveis à desertificação.

A evapotranspiração de referência foi calculada para oito estações convencionais situadas no estado: Arcoverde, Cabrobó, Garanhuns, Ouricuri, Petrolina, Recife, Surubim e Triunfo, pelo programa Ref-ET (ALLEN, 2007). Os dados das estações foram fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi desenvolvido por Rouse *et al.*, (1973), e envolve a razão entre duas combinações lineares de bandas nas regiões espectrais do vermelho e do infravermelho próximo. Os valores do NDVI variam de -1 a 1,

sendo que a vegetação possui valores positivos, corpos d'água e áreas úmidas têm uma resposta negativa e os próximos de zero representam solo sem vegetação.

Com o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) foi possível quantificar percentuais de água que fica retida no solo, relacionada com áreas de cobertura verde, destacando que valores mais altos indicam disponibilidade hídrica e valores baixos e/ou negativos configuram estresse hídrico. (GAUTAM, 2015; GAO, 1996). O Índice de Óxidos de Ferro (OI) indica o intemperismo a que foram submetidos a oxidação de ferro nos solos ou em rochas hidrotermicamente alteradas (DRURY, 1987).

A Temperatura da Superfície (TS) foi obtida através da Equação de Planck invertida, em função da radiância espectral da banda termal e da emissividade (SILVA, BRAGA e BRAGA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados, observa-se que para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), no intervalo compreendido entre 1993 – 1998 ocorreu uma heterogeneidade entre os padrões de classes analisados, indicando em algumas áreas, uma considerável queda dos valores. Contudo verificando pontos insolados na imagem, áreas desprovidas de nuvens, verificou-se um aumento dos valores, período 2003 – 2008, alcançando estabilidade e recuperação nos valores de NDVI na maior parte da região analisada. Já no período 2013 – 2016 há uma recuperação notável da vegetação.

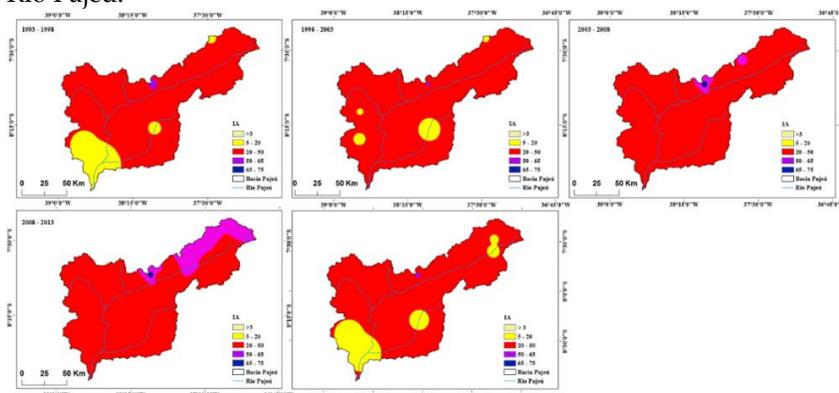
Para o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), no período 1993 - 1998 observou-se baixos valores de umidade em contraste com os intervalos de 1998 – 2003, 2003 - 2008 e 2008 - 2013 onde a Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú apresentou altos índices de umidade.

Nos dados obtidos para o Índice de Óxidos de Ferro (OI), no período de tempo compreendido entre 1993 – 1998 e 1998 – 2003 verificou-se valores elevados, entretanto, em 2003 – 2008 ocorreu um decréscimo bastante significativo para toda a região analisada.

No período 2008 – 2013, notou-se em toda a área de estudo altos valores, podendo ser justificado pelos baixos valores de NDVI registrados neste período.

Em relação ao Índice de aridez (IA), os dados demonstraram que no intervalo de 1993 – 1998 a área da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú possui regiões designadas como áridas e semiáridas. Nos cinco anos seguintes, 1998 – 2003, houve uma redução das regiões áridas, e foi intensificada no período seguinte, 2003 – 2008. Porém, no período de 2013 – 2016 houve redução das áreas seca e sub-úmidas, sendo ocupadas pela classe árida (Figura 1).

Figura 1 -Comportamento do Índice de Aridez na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú.



Para a Temperatura da Superfície (TS) na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, no período 1993 – 1998, houve registros de valores elevados na maior parte da área, e para 1998 – 2003, os dados apresentaram redução expressiva.

Com base nos índices espectrais analisados, observa-se que não houve como estabelecer uma relação entre os valores, isso é evidenciado em áreas que não estão desenvolvendo ou apresentam suscetibilidade à desertificação. Diante desse resultado, realizou-se o balanço global para cada índice espectral. Foi possível observar que para o NDVI a área de estudo permaneceu estável, em relação ao NDWI, houve redução dos pontos de umidade, porém a vegetação é mantida,

configurando a característica da vegetação Caatinga. Os baixos valores da umidade, são corroborados diante do balanço global da temperatura da superfície, que obteve altos valores de temperatura. Por fim, o balanço global do índice de Óxidos de Ferro (OI), demonstrou estabilidade em toda a área de estudo.

CONCLUSÃO

De acordo com a análise dos índices espectrais foi possível concluir que os valores demonstram comportamento flutuante, mais precisamente alcançado por meio da equação do balanço global, corroborando que a área de estudo tem suscetibilidade muito baixa à desertificação, pois os resultados demonstram regeneração da vegetação controladas pelos aspectos climáticos da região, típico de áreas semiáridas. No entanto, nos municípios Serra Talhada e Floresta, ocorreu uma maior probabilidade de desenvolver processos de desertificação, sugerindo um planejamento e manejo ambiental, visando auxiliar na orientação e tomada de decisão do poder público nestas áreas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-Based Energy Balance For Mapping Evapotranspiration With Internalized Calibration (METRIC) - Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.4, p.380-394, 2007.
- CHRISTOFOLLETTI, A. Modelagens de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.
- FEITOSA, A., SANTOS, B. O., ARAÚJO, M. D. 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.
- FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; SANTOS, A. M.; MORAIS, Y. C. B.; MIRANDA, R. DE Q.; FERREIRA, J. M. S.; GALVÍNCIO, J. D.. Análise do cenário de suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú – Estado de Pernambuco. **Scientia Plena**, v. 10, n. 10, p. 1–11, 2014.
- GAO, B. C.. A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote sensing of environment**, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.

- GUO, Q., FU, B., SHI, P., CUDAHY, T., ZHANG, J., XU, H. Satellite monitoring the spatial-temporal dynamics of desertification in response to climate change and human activities across the Ordos Plateau, China. **Remote Sensing**, 9(6), 1–20, 2017.
- HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v. 4, n. 4, p. 367-376, 1988.
- NASCIMENTO, F. R., DA CUNHA, S. B., DE SOUZA, M. J., & DA CRUZ, M. L. B.. Diagnóstico Geoambiental da bacia hidrográfica semi-árida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, n. 1, p. 41-62, 2008.
- ROXO, M. J. Panorama mundial da desertificação. **Agricultura Familiar e Desertificação. João Pessoa: EDUFPB**, p. 11, 2006.
- ROUSE, J. W. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. **NASA/GSFC, type III, final report, greenbelt, MD**, v. 371, 1974.
- SILVA, B.B. da; BRAGA, A.C.; BRAGA, C.C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. **Revista Caatinga**, v.24, pp.145- 152, 2011.
- TONG, X., WANG, K., BRANDT, M., YUE, Y., LIAO, C., FENSHOLT, R. Assessing future vegetation trends and restoration prospects in the Karst regions of Southwest China. **Remote Sensing**, 8(5), 1–17, 2016.
- UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification; 2011.
- ZANCHETTA, A., BITELLI, G., KARNIELI, A. Monitoring desertification by remote sensing using the Tasselled Cap transform for long-term change detection. **Natural Hazards**, 1–15, 2016.

RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE PARTÍCULAS SUSPENSAS EM ÁGUA DO AÇUDE CUREMA, COREMAS, PARAÍBA

Gleyton Lopes Barboza Lacerda¹; Lucas José de Souza Silva²;
Richárlisson Filipe Francisco de França³; Alex Souza Moraes⁴;
Anildo Monteiro Caldas⁵

¹Graduado em Engenharia Ambiental, Pós-graduando em Engenharia Ambiental; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; gleytonlb@gmail.com

²Graduado em Agronomia, Pós-graduando em Engenharia Ambiental; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; lucasj.engenharia@gmail.com

³Graduando em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; filipeffranca7@gmail.com

⁴Graduado em Química, Mestre e Doutor em Geociências, Pós-Doutor em Transporte de Poluentes Emergentes em Solos, Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; alex.moraes@ufrpe.br

⁵Graduado em Agronomia, Mestre em Engenharia Ambiental, Doutor em Agronomia, Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil; anildo.caldas@ufrpe.br

RESUMO: Os recursos hídricos são indispensáveis para manutenção da vida. Portanto, é fundamental que haja monitoramento de parâmetros que indiquem a situação qualitativa desses efluentes. Dentre os diversos fatores que podem ser indicadores de qualidade da água, está a concentração das partículas em suspensão (CPS), que são provenientes de fenômenos que alteram a dispersão de sedimentos na região analisada, como a precipitação, por exemplo. Destarte, este estudo objetivou, por meio de instrumentos das geotecnologias, verificar esse parâmetro

no açude Curema, em Coremas, na Paraíba, entre abril de 2019 e abril de 2020. O estudo foi realizado com base em cenas do satélite Landsat 8, sensor OLI e TIRS, que foram reprojctadas e submetidas ao processamento e análise em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Verificou-se a indicação de áreas com menores concentrações de sedimentos à jusante do reservatório se comparada as outras, e, ainda, uma tendência inversamente proporcional entre a CPS média e o volume.

Palavras-chave: sedimentos suspensos, SIG, recursos hídricos, reservatório, monitoramento.

INTRODUÇÃO

Os reservatórios de água, ambientes lânticos, fornecem serviços importantes para manutenção dos ecossistemas e da sociedade, dando suporte a inúmeras atividades antrópicas, a partir da disposição de água para abastecimento público, irrigação de lavouras agrícolas, geração de energia hidroelétrica, abastecimento de água para consumo industrial, navegação, recreação, turismo ecológico, dentre outros (SCHALLENBERG et al., 2013; SILVA et al., 2016).

As regiões semiáridas são mais susceptíveis aos efeitos ambientais, que podem estar associados em sua grande maioria as condições climáticas (LACERDA et., 2019). Períodos de escassez hídrica, por exemplo, podem potencializar ou afetar os processos hidrodinâmicos e o balanço energético em reservatórios, entre os efeitos destaca-se: o aumento no nível trófico; diminuição do tempo de residência da água; as alterações na biomassa e composição dos organismos aquáticos; e, a suspensão ou ressuspensão de partículas e nutrientes (ZOHARY; OSTROVSKY, 2011; MOSLEY, 2015; WATANABE et al., 2015; ARENAS-SÁNCHEZ et al., 2016; FADEL et al., 2017).

Diante disso surge a importância de monitorar a dinâmica dos sistemas de armazenamento de água e sua qualidade, pressuposto para tomadas de decisão, possibilitando analisar parâmetros e relações entre eles (MASOCHA et al., 2017; ROCHA et al., 2019).

Um dos instrumentos para tomadas de decisão é a utilização de geotecnologias na estimativa da concentração de partículas em suspensão – CPS, apresentando grande potencial em estudos de comportamento de reservatórios, rios e lagos (MONTANHER et al., 2014; PEIXOTO; GUASSELLI; PEREIRA FILHO, 2018).

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo estimar e espacializar a concentração de partículas em suspensão de um reservatório de água, localizado na cidade de Coremas-PB, em diferentes períodos sazonais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto de análise foi o açude Curema, coordenadas 7°1'45"S, 37°57'13"W, localizado na cidade de Coremas-PB, sertão paraibano. O reservatório possui espelho d'água estimado em 7062,72 km² e capacidade de 720 milhões de m³ (AESAs, 2021).

Foram utilizadas imagens de diferentes meses do ano de 2019 (abril, agosto e dezembro) e 2020 (abril), do satélite *Landsat 8*, sensor OLI e TIRS, retirados do *U.S. Geological Survey* – USGS, (USGS, 2020), especificamente as imagens referentes a banda do vermelho (*Band 4-Red*). Para fins comparativos foram coletados dados pluviométricos e de volume do reservatório na Agência Estadual de Águas do Estado da Paraíba – AESA (AESAs, 2020).

A concentração de partículas em suspensão pode ser medida através do cálculo simplificado proposto por Vanhellemont e Ruddick (2014), usando a reflectância da banda 4, Equação 1. A partir disso, realizado o processamento digital de cada imagem, foi possível espacializar e estimar a CPS.

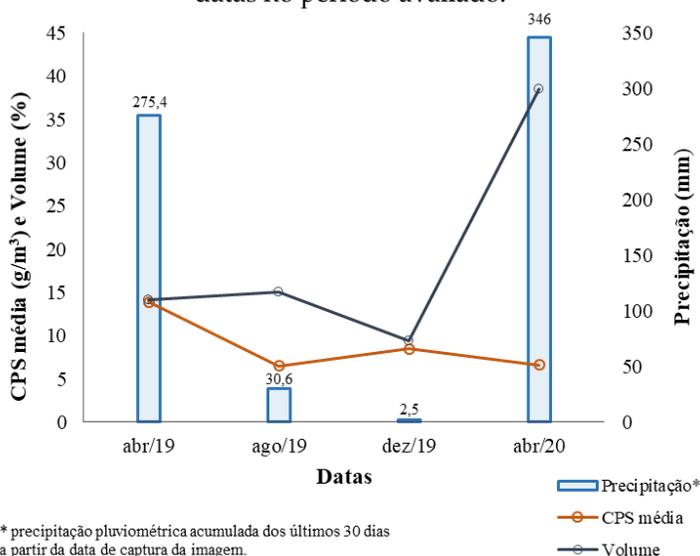
$$CPS = A \cdot p^4 \quad (1)$$

Sendo que, *A* é o valor 289,29 g/m³ e o *p*⁴ refere-se a banda 4 convertida para refletância no topo da atmosfera (TOA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as datas analisadas, a CPS média variou entre 6,5 e 13,9 mg/m³, sendo em abr/2019 a maior média obtida, Figura 1. Houve uma discrepância nos valores médios da CPS para abr/2019 e abr/2020 (6,6 mg/m³), sabendo que, a precipitação ultrapassou os 275 mm em ambas as datas, apresentando volume de 14,2 e 38,5%, respectivamente. Essa constatação pode ser explicada pela precipitação, que favorece a descarga de sedimentos, em conjunto com o volume do reservatório, podendo influenciar na permanência e recirculação do material particulado (SILVA et al., 2016; PEIXOTO; GUASSELLI; PEREIRA FILHO, 2018). Conforme Kun et al. (2015), a distribuição dos sedimentos é influenciada pela maior quantidade de eventos de chuva e consequente elevação do fluxo dependendo da dimensão longitudinal do reservatório.

Figura 1 – Resultados da CPS média, precipitação e volume para as datas no período avaliado.

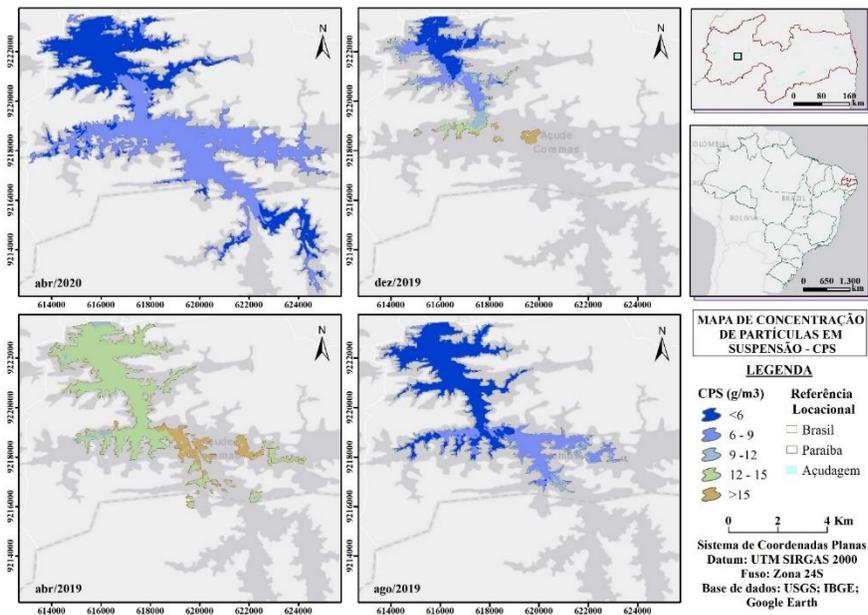


Nota-se uma tendência inversamente proporcional entre a CPS média e o volume do reservatório. Verificou-se uma precipitação de 346 mm, maior do período, em abr/2020, que não contribuiu de

forma significativa para concentração de sedimentos, evidenciando uma certa homogeneidade da CPS, fato semelhante encontrado no estudo de Peixoto, Guasselli e Pereira Filho (2018). Mesmo sabendo da variabilidade espacial e temporal envolvida nesse tipo de estudo, os valores médios se mostraram coerentes.

No que se refere a espacialização, observou-se uma homogeneidade da CPS em abr/2020 e ago/2019, com valores predominantemente inferiores a 9 g/m^3 , Figura 2. Essas duas datas obtiveram os menores valores médios e os maiores níveis de volume do reservatório. Em contraponto, para ago/2019, foi observada uma predominância de valores da CPS entre 12 e 15 g/m^3 e um valor mínimo de $8,2 \text{ g/m}^3$.

Figura 2 – Espacialização da concentração de partículas suspensas em água no reservatório.



Em todos os meses analisados houve um decaimento na CPS da região mais à montante para as outras (jusante) (MONTANHER,

2013; PEIXOTO; GUASELLI; PEREIRA FILHO, 2018), mais consideravelmente perceptível em dez/2019.

CONCLUSÕES

A análise espaço-temporal foi atendida, indicando áreas com menores concentrações de sedimentos à jusante do reservatório. O estudo ainda mostrou uma tendência inversamente proporcional entre a CPS média e o volume.

Sabendo que CPS pode ser ocasionada pelas alterações na dinâmica do reservatório e do seu entorno, se torna relevante a realização de estudos para estimativa de CPS em água como instrumento nas tomadas de decisão para gestão de recursos hídricos e de bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

- ARENAS-SÁNCHEZ, A.; RICO, A.; VIGHI, M. Effects of water scarcity and chemical pollution in aquatic ecosystems: State of the art. **Science of the Total Environment**, v. 572, p. 390-403, 2016.
- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS NO ESTADO DA PARAÍBA-AESA. **Meteorologia-chuvas**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 12 mai. 2020.
- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS NO ESTADO DA PARAÍBA-AESA. **Geoportal**. Disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes>. Acesso em: 1 jul. 2021.
- FADEL, A.; LEMAIRE, B. J.; VINÇON-LEITE, B.; ATOUI, A.; SLIM, K.; TASSIN, B. On the successful use of a simplified model to simulate the succession of toxic cyanobacteria in a hypereutrophic reservoir with a highly fluctuating water level. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 26, p. 20934-20948, 2017.
- KUN, S.; YUNLIN, Z.; GUANGWEI, Z.; XIAOHAN, L.; YONGQIANG, Z.; HAI, X.; BOQIANG, Q; GE, L.; YUNMEI, L. Long-term Sremote monitoring of total suspended matter concentration in Lake Taihu using 250 m MODIS-Aqua data Remote. **Sensing of Environment**, v. 164, p. 43-56, 2015.
- LACERDA, G. L. B.; NOGUEIRA, V. F. B.; SILVA, R. M. G.; AGRA FILHO, J. B.; SANTOS, E. N.; NASCIMENTO, A. H. C.; ALVES, B. B. Análise temporal da

- vegetação na Sub-Bacia do Rio do Peixe, Paraíba/Brasil. **Braslian Journal of Development**, v.5, n. 8, p. 11794-11807, 2019.
- MASOCHA, M.; DUBE, T.; NHIWATIWA, T.; CHORUMA, D. Testing utility of Landsat 8 for remote assessment of water quality in two subtropical African reservoirs with contrasting trophic states. **Geocarto International**, v. 33, n. 7, p. 667-680, 2017.
- MONTANHER, O. C. **Modelos empíricos para estimativa da concentração de sedimentos em suspensão em rios amazônicos de águas brancas a partir de imagens Landsat 5**. 2013. 145 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.
- MONTANHER, O. C.; BARBOSA, C. C. F.; RENNÓ, C. D, SILVA, T. S. F. Empirical models for estimating the suspended sediment concentration in Amazonian white water rivers using Landsat 5/TM. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 29, p. 67-77, 2014.
- MOSLEY, L. M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. **Earth-Science Reviews**, v. 140, p. 203-214, 2015.
- PEIXOTO, D. W. B.; GUASSELLI, L. A.; PEREIRA FILHO, W. Estimativa de concentração de sedimentos em suspensão a partir de imagens Landsat 8 em PHSs no rio Ivaí-RS. **Geociências**, v. 37, n. 1. p. 147-154, 2018.
- ROCHA, I. L.; SALOMÃO, L. C.; IWATA, B. F.; SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A. Qualidade ambiental das nascentes do Rio Paraim, extremo sul do Piauí. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.385-399, 2019.
- SCHALLENBERG, M.; WINTON, M. D.; VERBURG, P.; KELLY, D. J.; HAMILL, K. D.; HAMILTON, D. P. **Ecosystem services of lakes**. In: DYMOND JR ED. ECOSYSTEM SERVICES IN NEW ZEALAND – CONDITIONS AND TRENDS, New Zealand, 2013.
- SILVA, T. F. G.; VINÇON-LEITE, B.; GIANI, A.; FIGUEREDO, C. C.; PETRUCCI, G.; LEMAIRE, B. J; VON SPERLING, E.; TASSIN, B.; SEIDL, M.; KHAC, V. T.; VIANA, P. S.; VIANA, V. F. L.; TOSCANO, R. A.; RODRIGUES, B. H. M.; NASCIMENTO, D. O. Modelagem da Lagoa da Pampulha: uma ferramenta para avaliar o impacto da bacia hidrográfica na dinâmica do fitoplâncton. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 95-108, 2016.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY- USGS. **EarthExplorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- VANHELLEMONT, Q.; RUDDICK, K. Turbid wakes associated with offshore windturbines observed with Landsat 8. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p. 105-155, 2014.
- WATANABE, F. S. Y.; ALCÂNTARA, E.; RODRIGUES, T. W. P.; IMAI, N. N.; BARBOSA, C. C. F.; ROTTA, L. H. S. Estimation of Chlorophyll-a Concentration and the Trophic State of the Barra Bonita Hydroelectric Reservoir Using OLI/Landsat-8 images. **International Journal of Environment Research and Public Health**, v. 12, n. 9, p. 10391-10417, 2015.

ZOHARY, T.; OSTROVSKY, I. Ecological impacts of excessive water level fluctuations in stratified freshwater lakes. **Inland Waters**, v. 1, p. 47-59, 2011.

MAPEAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TAPACURÁ - PE

*Lucas José de Souza Silva¹; Gleyton Lopes Barboza Lacerda²;
Fernando Cartaxo Rolim Neto³ ;
Anildo Monteiro Caldas⁴; Tiago Henrique Schwaickartt Feitosa⁵*

¹ Graduado em Agronomia, Pós-graduando em Engenharia Ambiental;
Bolsista FACEPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE;
Recife; Pernambuco; Brasil; lucasj.engenharia@gmail.com

² Graduado em Engenharia Ambiental, Pós-graduando em Engenharia
Ambiental; Bolsista CAPES; Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE;
Recife; Pernambuco; Brasil; gleytonlb@gmail.com

³ Graduado em agronomia, Mestrado em Agronomia, Doutor em Agronomia,
Professor adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Brasil;
fernandocartaxo@yahoo.com.br

⁴ Graduado em Agronomia, Mestre em Engenharia Ambiental, Doutor em
Agronomia, Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia Rural da
Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife; Pernambuco; Brasil;
anildo.caldas@ufrpe.br

⁵ Graduando em Agronomia; UFRPE - Sede; Recife; Pernambuco; Brasil;
tiagoschwaickartt@gmail.com

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio Tapacurá (BHRT) é uma bacia de relevante importância para a região metropolitana do Recife e aos municípios cortados pela mesma, uma vez que, na década de 70 foi construída a barragem do Tapacurá com o intuito de diminuir as enchentes e inundações em períodos extremos de precipitação no Recife e em épocas de escassez de chuvas, servir para o abastecimento humano dessa região e aos municípios cortados por esta bacia. Para o mapeamento e identificação das áreas de risco de inundação na bacia, foram utilizadas como base de mapeamento e coleta de dados o mosaico de radar SRTM

(*Shuttle Radar Topography Mission*) e do satélite Landsat-8. A modelagem digital aconteceu no software ArcGIS 9 da *ESRI GIS and Mapping Software*, gerando a morfometria, os mapas dos fatores ambientais (altitude, declividade, uso e ocupação do solo e as unidades de mapeamento de solo) e a determinação dos respectivos pesos estatísticos hierarquizados utilizando o método de AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Através dessa metodologia de pesquisa e processamento de dados, foi possível diagnosticar, mapear e identificar as áreas de Altíssimo Risco de inundação nas porções de menor altitude, com baixa declividade na bacia, nas áreas próximas a corpos d'água, com presença de solos mal drenados e baixo escoamento superficial. As áreas de alto risco de inundação, foram encontradas em áreas urbanas, nas porções de menor altitude, com baixa declividade na bacia, apresentando solos mal drenados ou impermeabilizados e com baixo escoamento superficial. As de médio risco são encontradas em áreas com declividade acima dos 8%, em solos destinados a agropecuária, mal a bem drenados. Quanto as áreas de baixo risco, apresentam-se nas áreas acima dos 500 metros de altitude, apresentando boa declividade, porém baixa capacidade de infiltração e escoamento superficial da água devido a classe e uso do solo.

Palavras-chave: Geoprocessamento, SIG, Bacia Hidrográficas, Uso do Solo, Morfometria.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a falta de investimentos públicos no setor habitacional direcionados à população de baixa renda tem levado esta faixa da sociedade a ocupar áreas de risco, sem planejamento urbano, na qual estão sujeitas a desastres naturais a exemplo das enchentes, deslizamentos e inundações. Em muitas regiões do planeta os eventos de inundação são cada vez mais frequentes e intensos por causa da mudança climática e do uso indevido da terra. Para Tucci (1993), esse fenômeno natural é intensificado pelas atividades antrópicas como o

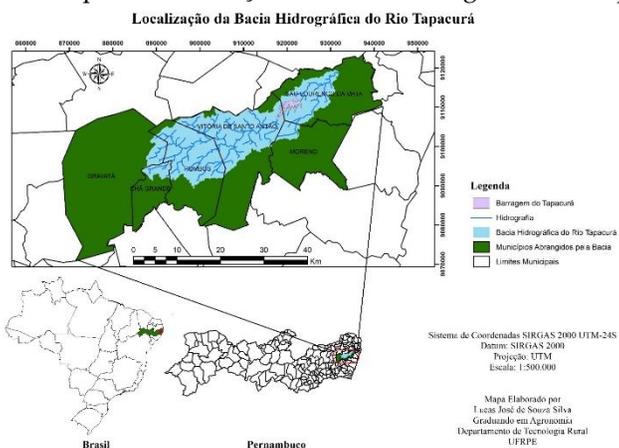
desmatamento de nascentes e matas ciliares, assoreamento de rios, impermeabilização urbana, drenagem inadequada, e precipitações muito intensas que causam o transbordamento das águas de um canal de drenagem, atingindo as áreas marginais da bacia.

Segundo Caldas (2015), o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e as técnicas de geoprocessamento são ferramentas poderosas e estratégicas na gestão ambiental e na busca de soluções integradas e sustentáveis, que abranjam todos os setores da sociedade. Esta gestão além de complexa, é de extrema importância, pois facilita a compreensão de parâmetros importantes para identificar as áreas da bacia mais susceptíveis a processos erosivos, enchentes e inundações. Com isso, optou-se por estudar a bacia hidrográfica do rio Tapacurá (BHRT) devido a sua importância para com a região metropolitana do Recife e aos municípios cortados pela mesma, uma vez que , a barragem do Tapacurá foi construída na década de 70 contando a capacidade máxima de armazenamento de 94.200.000 m³ de água, a mesma foi construída com o intuito de diminuir as enchentes e inundações em períodos extremos de precipitação no Recife e em épocas de escassez de chuvas, servindo para o abastecimento humano dessa região e aos municípios cortados pela bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Tapacurá (BHRT) que possui uma área de 471,33 Km² (figura 1), tendo sua localização entre a Zona da Mata e o Agreste Pernambucano entre as latitudes 7° 58' 0" S e 8° 13' 0" S e as longitudes 35° 5' 0" O e 35° 30' 0" O (BRAGA, 2001). Esta bacia é uma sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, na qual é composta por doze sub-bacias sendo as principais formadas pelos riachos Itapessirica, Natuba, Gameleira e Várzea do Una e abrange seis municípios, sendo que 38,6% localizam-se em Vitória de Santo Antão, 31,2% em Pombos, 19,8% em São Lourenço da Mata, 4,3% em Gravatá, 3,3% em Moreno e 2,8% em Chã Grande.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia Hidrográfica do Tapacurá



A fim de mapear e identificar as áreas de risco de inundação em áreas da BHRT, foram utilizadas como base de mapeamento e coleta de dados o mosaico de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e do satélite Landsat-8 disponíveis gratuitamente, respectivamente nos sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Earth Explorer do United States Geological Survey (USGS). A modelagem digital aconteceu no software ArcGIS 9 da *ESRI GIS and Mapping Software*, gerando a morfometria (figura 2) e a delimitação da BHRT. Para cada fator ambiental foi pré-definido classes de valores variando numa escala de zero a dez referentes ao grau de susceptibilidade à inundação e a determinação dos respectivos pesos estatísticos hierarquizados utilizando o método de AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Foi estabelecido a altitude (figura 3) o peso 7, declividade (figura 4) peso 3, uso e ocupação do solo (figura 5) peso 5, e as unidades de mapeamento de solo (figura 6) peso 1.

RESULTADO (EQUAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO)

Risco de inundação = $(0,5650 \times \text{Altitude}) + (0,2622 \times \text{Uso do solo}) + (0,1175 \times \text{Declividade}) + (0,0553 \times \text{Classe de solo})$

Aplicado os fatores ambientais e seus pesos na equação do risco de inundação, foi obtido o resultado final e gerado o mapa de Risco de inundação da bacia hidrográfica do Tapacurá (figura 7).

Figura 2 -Morfometria da Bacia e ordem dos rios

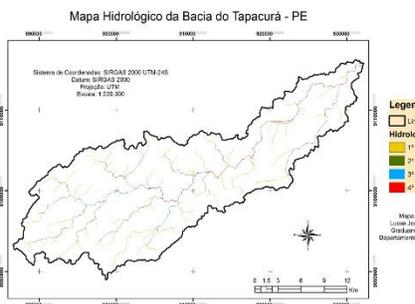


Figura 3 -Altimetria da bacia

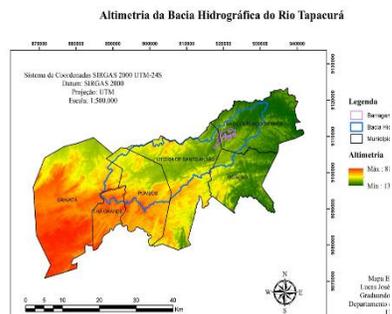


Figura 4 - Declividade da bacia

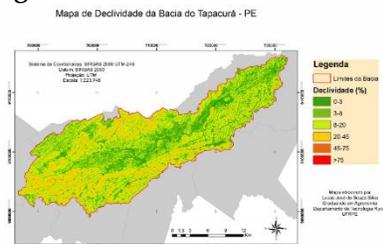


Figura 5 - Uso do solo da bacia

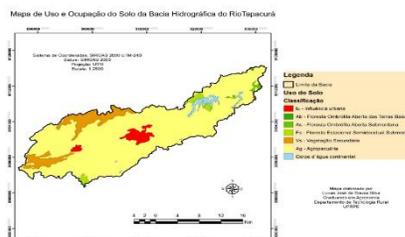


Figura 6 - Tipos de solo da bacia

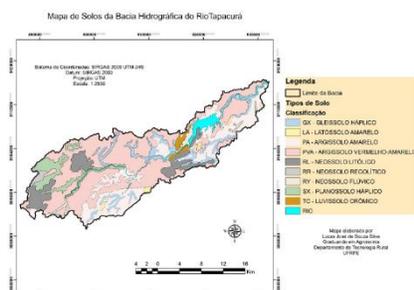
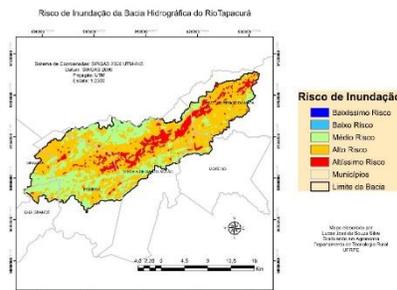


Figura 7 - Risco de inundação da BHRT



O diagnóstico mapeou e identificou as áreas de Altíssimo Risco de inundação nas porções de menor altitude, com baixa declividade na bacia, nas áreas próximas a corpos d'água, com presença de solos mal drenados e baixo escoamento superficial. Quanto as áreas de alto risco de inundação, as mesmas se encontram em áreas urbanas, nas porções de menor altitude, com baixa declividade na bacia, apresentando solos mal drenados ou impermeabilizados e com baixo escoamento superficial. As de médio risco são encontradas em áreas com declividade acima dos 8%, em solos destinados a agropecuária, mal a bem drenados. Quanto as áreas de baixo risco, estas encontram-se nas áreas acima dos 500 metros de altitude, apresentando boa declividade, porém baixa capacidade de infiltração e escoamento superficial da água devido a classe e uso do solo.

CONCLUSÃO

A caracterização morfométrica da área de estudo através do modelo AHP possibilitou o melhor entendimento da bacia, bem como também a obtenção de informações relevantes para o processo de identificação de áreas susceptíveis a inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá. Tais informações são relevantes para políticas públicas no planejamento urbano dos municípios.

REFERÊNCIAS

- CALDAS, Anildo Monteiro. **Diagnóstico geoambiental no município de Batatais-SP**. 2015. x, 108 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/136712>>.
- CALDAS, A.M.; Pissarra, T.C.T.; Costa, R.C.A.; Neto, F.C.R.; Zanata, M.; Parahyba, R.D.B.V.; Sanches Fernandes, L.F.; Pacheco, F.A.L. **Flood Vulnerability, Environmental Land Use Conflicts, and Conservation of Soil and Water: A Study in the Batatais SP Municipality**, Brazil. *Water* 2018, 10, 1357.
- TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª ed., Editora da Universidade, p. 943, 1993.

PRELIMINARY CHARACTERIZATION AND COMPARISON OF TWO RESERVOIRS SURROUNDED BY AREAS OF AGRICULTURAL ACTIVITIES IN PINDORAMA/SP

Gabriel Gonsalves Bertho¹; Antônio Lúcio Mello Martins²;
Leandro Contri Campanelli³; Maria Conceição Lopes⁴; Mariana
Bárbara Lopes Simedo⁵

¹ Chemical and Biomolecular Engineering; University of Pennsylvania;
Philadelphia-PA; EUA; ggbertho@seas.upenn.edu

² APTA- Polo Regional Centro Norte; Pindorama-SP; Brazil; almartins@sp.gov.br

³ Campanelli Consultoria Empresarial Ltda; São Carlos-SP; Brazil;
leandro@campanelliconsultoriaempresarial.com

⁴ APTA- Polo Regional Centro Norte; Pindorama-SP; Brazil; maclopes@sp.gov.br

⁵ Agente Local de Inovação do Sebrae - Bolsista CNPQ; Catanduva-SP;
mariana_blopes@hotmail.com

ABSTRACT: The monitoring of physicochemical parameters in rural reservoirs is essential to detect the interference of diffuse pollution sources such as agricultural activities in the water quality. This paper describes a preliminary study to characterize and compare two reservoirs in Pindorama/SP surrounded by active plantations, noting that one of them has its surface filled with floating macrophytes. The reservoirs' areas were characterized, and analysis of physicochemical parameters were made in strategic sampling points. The results showed elevated total phosphorus concentrations in both reservoirs, and it was hypothesized that the source of this nutrient is the lixiviation/runoff of agricultural products in the surroundings. The reservoir filled with macrophytes had greater phosphorus concentration, and was characterized as in a eutrophic state, thus explaining the overpopulation of macrophytes as they can be a consequence of the

eutrophication process. The morphological characteristics and the presence of a more consolidated riparian forest in the other reservoir may explain its greater capacity in preventing phosphorus pollution. For both reservoirs, it was proposed that practices for adequate soil management in the surroundings, for increasing the reservoirs' water circulation, and for sustainably retaining the contamination sources, could be implemented to control the effects of eutrophication.

Keywords: water resources management, soil management, diffuse pollution, macrophytes.

INTRODUCTION

The monitoring and characterization of water bodies are essential to detect variations in physicochemical parameters that may lead to ecological imbalances. Water bodies are fundamental to the ecosystem that embodies it, and the contamination of their water can cause the loss of important ecosystem services provided by this body such as nutrient circulation, the keeping of the food chain, and water supply (HEINO et al, 2021; BARON et al., 2002).

In rural settings, the contamination of reservoirs and rivers is mainly caused by diffuse pollution of products used in agricultural activities (SODRÉ, 2012). Considering this, the practice of fertilization, the use of pesticides, and the management of the soil surrounding water bodies, especially those with lentic waters, can have a direct effect on the water quality, and thus in the aquatic ecosystem (SODRÉ, 2012; TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011). The diffuse pollution of nutrients related to agriculture practices, if not properly controlled, can lead to the process of anthropic eutrophication, which is characterized by uncontrolled bloom of algae and cyanobacteria, the decrease of dissolved oxygen in the water, the decrease in biodiversity and, in the most serious cases, massive death of fish (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2020). Besides these effects, eutrophic ecosystems can also present an uncontrolled bloom of aquatic macrophytes, high organic

matter concentrations, and the liberation of greenhouse and toxic gases (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011). The monitoring of the occurrence of the aforementioned effects is essential to detect the possibility of the eutrophication process.

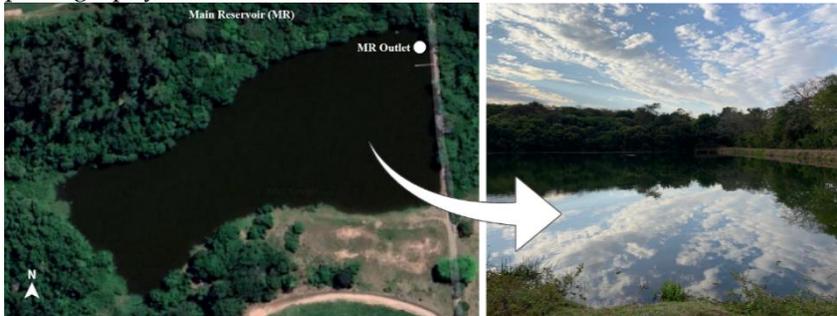
This paper describes a preliminary study of physicochemical parameters in two reservoirs located inside the Polo Regional Centro Norte of the Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), in Pindorama/SP, with the objective of evaluating the presence of the eutrophication process and comparing the water quality in relation to the management of the soil surrounding these water bodies.

METHODOLOGY

The area comprising the two reservoirs which are the focus of this study belongs to the Olaria Stream Watershed, located in the state of São Paulo, Brazil. The area is inside the APTA Regional research center, located in Pindorama/SP. The climate is defined as subtropical dry winter (Cwa) (ALVARES et al., 2013) and the predominant natural land cover is the seasonal semi-deciduous forest.

The reservoir denominated as Main Reservoir (MR) was installed in the 1970s, being mainly used for conventional sprinkler irrigation on agricultural crops. MR sub-basin covers an area of approximately 211 ha and the reservoir has a volume of 59573 cubic meters and a retention time of 123 days (LOPES et al., 2021). Its vegetation was anthropically changed over the years, and currently, the MR sub-basin has a natural riparian forest and is occupied by annual crops (beans, corn, wheat, oats, among others), perennial crops (pupunha, peach, among others), and sugar cane plantations.

Figure 1 - Main Reservoir (MR), satellite picture and June 2021 photography.

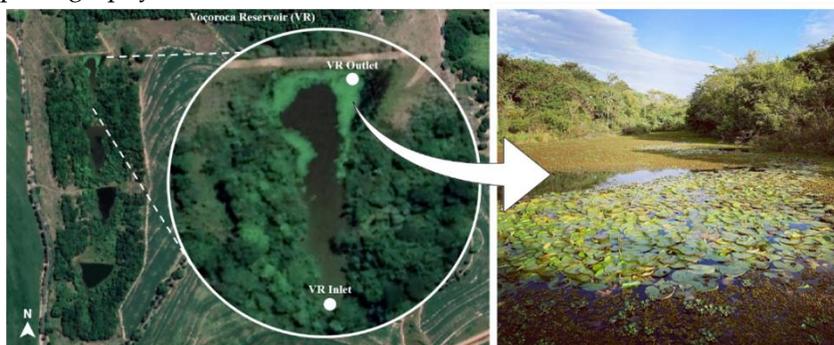


The reservoir denominated as Voçoroca Reservoir (VR) is a set of four interconnected reservoirs built to contain a gully using conservationist practices in 1998 and being in the state of natural regeneration ever since. The VR sub-basin covers an area of 70.5 ha and each reservoir has a volume of approximately 6125 cubic meters and a retention time of 60 days (LOPES et al., 2021). In 2011, riparian vegetation was planted along the drainage network surrounding the reservoir to work as a permanent preservation area. Besides this vegetation, there are pastures, sugar cane plantations, and annual soybean planting in the surroundings. Both reservoirs are fed by perennial springs located in forest fragments, and the soil in the reservoirs' area is classified as eutrophic argisol. The declivity in the reservoirs' area varies from 2% at the elevation tops and floodplains, to 10%–20% near the watercourses. There aren't any point sources of pollution in any of the reservoirs.

Floating aquatic macrophytes have taken the surface of the water in the last two reservoirs of VR since March 2021, which may indicate diffuse sources of pollution and a process of eutrophication. The MR reservoir presents a moderate odor, which also may indicate contamination. In order to make a preliminary characterization of the water quality in both reservoirs, strategic sampling points were defined based on accessibility and the possibility of continuous monitoring in the future. At the MR, a

sampling point was defined near the outlet of water (MR Outlet in Figure 1). At the VR, two sampling points were defined in the inlet and outlet (VR Inlet and VR Outlet in Figure 2) points of the last reservoir, which is connected to the previous ones by concrete channels. The additional sampling point in VR was defined due to the amount of macrophytes in the water, which may absorb the nutrients and interfere in the results. Samples were collected on June 08, 2021 at the sampling points.

Figure 2 - Voçoroca Reservoir (VR), satellite picture and June 2021 photography.



Analysis of total phosphorus were made in all samples following the EPA 3010A (1992) for sample preparation, and following the SMWW, Method 3120B (23th Edition, 2017) for determination. These results were used to calculate and classify the Trophic State Index (TSI) through the equation defined by Lamparelli, 2004 for reservoirs. The parameters of pH, Temperature, Oxido-Reduction Potential (ORP), Electrical Conductivity (EC), Turbidity, and Total Dissolved Solids (TDS) were also determined at the outlet sampling points using a multiparametric probe HORIBA U-50, model W23-XD.

The results were compared and discussed to identify possible causes of contamination and propose environmental management strategies to improve the reservoir's water quality.

RESULTS AND DISCUSSION

The following table summarizes the results of the physicochemical parameters analyzed at the sampling points in the reservoirs.

Table 1 - Physicochemical parameters analyzed in sampling points at VR and MR.

	VR Inlet	VR Outlet	MR Outlet
Total Phosphorus (mg/L)	2,152	0,072	0,046
Temperature (°C)	-	19,7625 ± 0,0457	25,085 ± 0,2333
pH	-	7,460 ± 0,737	7,605 ± 0,148
ORP (mV)	-	107,75 ± 20,886	137,5 ± 3,535
EC (mS/cm)	-	0,13275 ± 0,001	0,192 ± 0,001
Turbidity (NTU)	-	1,15 ± 0,173	3,60 ± 0,141
TDS (g/L)	-	0,0865 ± 0,0010	0,1245 ± 0,0007

Both reservoirs present similar values for physicochemical parameters, except for EC, TDS, and total phosphorus. The concentration of total phosphorus in both reservoirs is above the threshold defined by CONAMA Resolution No. 357/2005 for lentic freshwater Class 2. The results indicate that VR has a greater concentration of this nutrient than MR. According to the TSI defined by Lamparelli, 2004, MR is in a mesotrophic state and VR is in a eutrophic state, VR being hypereutrophic in the inlet and eutrophic in the outlet. Considering that VR has its surface filled with floating macrophytes and MR doesn't, these results evidence that the occurrence of the overpopulation of macrophytes in VR is a consequence of the greater phosphorus concentration and thus of the eutrophication process occurring in this reservoir. The results also demonstrate a decrease of 96,65% of the phosphorus concentration from the inlet to the outlet of VR, evidencing the role

of macrophytes in the absorption of excess nutrients in the water (POMPÊO, 2017).

Considering the non-existence of point sources of pollution and the numerous agricultural activities surrounding both reservoirs, it's hypothesized that the cause of the increased levels of phosphorus is the lixiviation and runoff of agricultural products (SODRÉ, 2012). The results also indicate that this pollution is more influential on VR than on MR. Such a fact may occur due to the greater area of sugar cane plantations closer to VR than to MR, which may lack proper practices for soil management and thus become a source of diffuse pollution. MR also is about 25 years older than VR, so the riparian forest had more time to consolidate and expand, which may contribute to decreasing the impacts of surrounding agricultural activity on the water quality (MILLER et al., 2014). It's also important to note that MR has a water volume almost 3 times greater than VR, so a greater amount of phosphorus is needed to increase its concentration in these waters. On the other hand, MR presents a greater EC and TDS than VR, which may indicate that this reservoir is affected by types of pollution other than phosphorus or that it may be an effect of its greater retention time compared to VR. Future in-depth studies are needed to confirm the hypothesis established in this paper and evaluate the effect of other chemical variables on the behavior of the aquatic systems.

CONCLUSION

Increased levels of total phosphorus in VR and MR occur due to diffuse pollution sources, being hypothesized that the main sources are the surrounding agricultural activities. VR presents a greater concentration of the nutrient compared to MR, being characterized as a eutrophic environment, and explaining the occurrence of its overpopulation of floating macrophytes. The morphological characteristics and the presence of a more consolidated riparian forest in MR may explain its greater capacity in preventing phosphorus pollution and the occurrence of greater amounts of dissolved solids.

For both reservoirs, practices to reduce the effects of the eutrophication process could be focused on developing better soil management practices in the surrounding plantations, increasing the water circulation in the systems, and containing the runoff/lixiviation of nutrients in the system through sustainable systems.

REFERENCES

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARON, J. S. et al. Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications*, v. 12, n. 5, p. 1247-1260, 2002.
- HEINO, J. et al. Lakes in the era of global change: Moving beyond single-lake thinking in maintaining biodiversity and ecosystem services. *Biological Reviews*, v. 96, n. 1, p. 89-106, 2021.
- LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** 235 f. Doctoral thesis - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LOPES, M. C. et al. A case study of factors controlling water quality in two warm monomictic tropical reservoirs located in contrasting agricultural watersheds. *Science of The Total Environment*, v. 762, p. 144511, 2021.
- MILLER, R. B. et al. Estimating sediment and phosphorus loads from streambanks with and without riparian protection. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 189, p. 70-81, 2014.
- POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros.** Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2017. 138 p.
- SODRÉ, F. F. Fontes Difusas de Poluição da Água: Características e métodos de controle. *Agricultura*, v. 1, n. 2o, p. 3o, 2012.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI.** São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2011. 328 p.
- TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. **A água.** São Carlos: Ed. Scienza, 2020. 130 p.

ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, ALTO E MÉDIO ALTO VELHAS - MG

Adriana Monteiro da Costa¹; Victor Cordeiro da Silva², Bárbara
Janine Reis Silva Araujo³, Maíse Soares de Moura⁴

¹ Geógrafa, Doutora em Ciência do Solo; IGC/UFMG; Belo Horizonte; MG; Brasil;
drimonteiroc@gmail.com

² Graduando em Geografia; IGC/UFMG; Belo Horizonte; MG; Brasil;
victorcordeiro818@gmail.com

³ Geógrafa, Mestranda em Geografia; IGC/UFMG; Belo Horizonte; MG; Brasil;
barbarajarsa@gmail.com

⁴ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Geografia; IGC/UFMG; Belo Horizonte; MG;
Brasil; maisedemoura2013@gmail.com

RESUMO: A estimativa da disponibilidade hídrica é fundamental para o entendimento do balanço entre a quantidade de água disponível e vazões demandadas. Relaciona-se às gestões territorial de bacias hidrográficas e dos recursos hídricos, para contribuir à segurança hídrica. Pode, ainda, orientar práticas de conservação do solo e água, avaliações e monitoramentos quali-quantitativos. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) apresenta um quadro de pressão hídrica devido às demandas múltiplas, como o abastecimento público, usos industriais e mineração. Objetivou-se avaliar a demanda e disponibilidade hídricas em recorte da RMBH, em Minas Gerais. Os cálculos foram realizados conforme Semad e Seapa (2016). Observou-se que 9,86% dos trechos encontram-se em estado de atenção e 57,34% em indisponibilidade, considerando-se somente os trechos com captação. Os resultados se mostraram conservadores sinalizando que a metodologia deva ser empregada conectada a outras análises.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos, água superficial, uso da água no espaço urbano.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, e para sua utilização sustentável, garantindo provimento para gerações futuras, é necessário o conhecimento de todos os elementos que afetam a sua dinâmica e, conseqüentemente, a sua disponibilidade e qualidade (SALIS *et al.*, 2014). No entanto, a escassez dos recursos hídricos é constantemente destacada na literatura, devido à crescente demanda associada à degradação ambiental (GREY e SADOFF, 2007). No Brasil há previsão de que, dos 5.565 municípios, 55% poderão ter déficit no abastecimento de água até o ano de 2035, sendo que, destes, 84% necessitam de adequação em seus sistemas produtivos e 16% carecem de novos mananciais (ANA, 2018). A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) também se insere em tal contexto de crise hídrica, estando em áreas com declaração de escassez hídrica na bacia do rio das Velhas (SF5) (IGAM, 2019). Diante de tal problemática, fica evidenciada a necessidade do monitoramento e da elaboração de estudos e diagnósticos que subsidiem planos de ação para contornar ou prevenir potenciais conflitos (LEMOS e MAGALHÃES, 2015; QUEIROZ e OLIVEIRA, 2013). Assim, objetivou-se avaliar a demanda e disponibilidade hídrica superficial para a região metropolitana de Belo Horizonte, Alto e Médio Alto Velhas – MG.

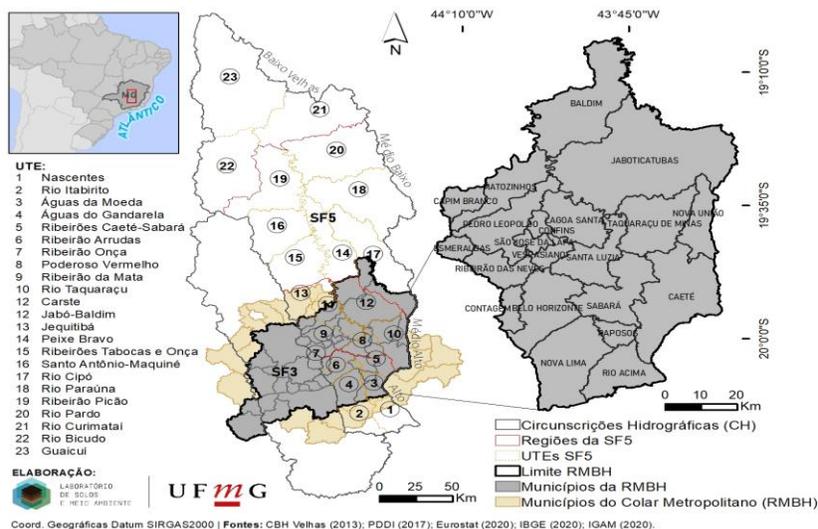
MATERIAL E MÉTODOS

A RMBH (Figura 1) é composta por 34 municípios e outros 16, que formam o Colar Metropolitano, onde destacam-se os sistemas integrados Paraopeba e Rio das Velhas, sendo que o sistema Paraopeba inclui 3 sistemas produtores, com captações nas barragens dos rios Vargem das Flores, Serra Azul e Manso, cujas estações de tratamento possuem capacidade nominal entre 1,5 e 4,2 m³/s, já o sistema Rio das Velhas, que é o principal manancial da

cidade de Belo Horizonte, possui capacidade de 9,0 m³/s (MAGALHÃES *et al.*, 2015).

Para a estimativa da demanda e disponibilidade hídrica foi utilizada a metodologia proposta pela SEMAD/SEAPA (2016). A partir da solicitação dos dados dos usuários de água superficial (outorgas e cadastros de uso insignificante) da área de estudo, estes foram filtrados e consistidos, considerando somente os processos vigentes à época da execução da estimativa (2019). A análise da disponibilidade hídrica é baseada na vazão de referência Q_{7,10} sendo realizada com a hidrografia ottocodificada e regionalizada e com base no disposto, para a SF5, pela Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548/2012, sobre vazões outorgáveis e fluxos residuais (MINAS GERAIS, 2012; SEMAD e SEAPA, 2016). Foram calculadas as vazões outorgáveis e de regularização e, após, realizadas análises com relação ao uso de água superficial na bacia, avaliando o estado de comprometimento dos cursos d'água. Os trechos que apresentaram demanda hídrica em intervalos de 0 a 50% da vazão outorgável foram classificados em estado de disponibilidade; os trechos com demanda hídrica com valores entre 50 a 100% da vazão outorgável, foram classificados em estado de atenção e os trechos com demanda hídrica acima de 100% foram classificados em estado de indisponibilidade.

Figura 1 - Localização da RMBH e seu Colar Metropolitano, inseridos nas bacias SF5 e SF3, com destaque da área de estudos, à direita. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.



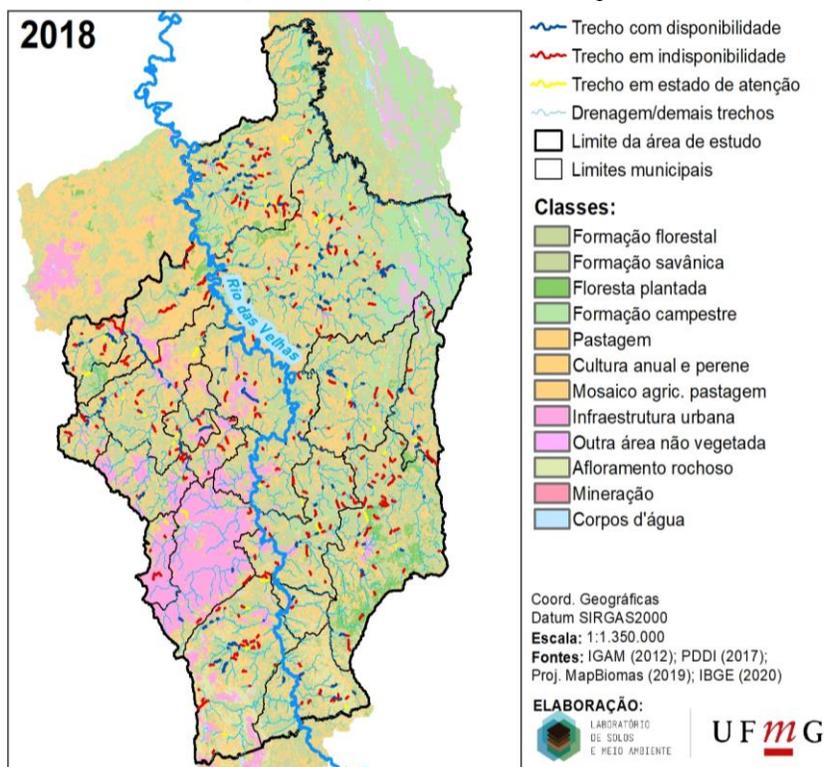
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da disponibilidade hídrica na RMBH revelou 497 trechos com captação, sendo que desses mais de 57% se caracterizam como indisponíveis (Tabela 1, Figura 2) e 9,86% em estado de atenção, resultados condizentes com a literatura e com as resoluções normativas que já indicavam limitações quanto à disponibilidade dos recursos hídricos (IGAM, 2019; MAGALHÃES *et al.*, 2015). Neste sentido, Magalhães *et al.* (2015) indicam que há riscos acima de 70% de não atendimento aos usos de recursos hídricos estabelecidos nos reservatórios e que, em partes, a crise hídrica se justifica também pela diminuição das precipitações nos últimos anos e risco de desabastecimento. Torna-se necessário nesse contexto estudos que analisem os impactos ambientais, econômicos e sociais da escassez hídrica na região, uma vez que a RMBH é composta por uma variedade de usos (Figura 2), e também de aspectos socioeconômicos, além de abrigar cerca de 6.006.091 de pessoas (IBGE, 2020).

Tabela 1 - Classificação dos trechos quanto à disponibilidade hídrica, na região metropolitana de Belo Horizonte.

Trechos com captação	Total	Indisponível	Atenção	Disponível
Nº de trechos	497	285	49	163
%	100	57,34	9,86	32,80

Figura 2 - Disponibilidade hídrica estimada para a RMBH na SF5, sobreposta ao uso e ocupação da Terra, em 2018 (PROJETO MAPBIOMAS, Coleção 4, 2019). Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.



Os municípios de Sabará, Caeté, Jaboticatubas e Baldim (Figura 1), são aqueles que contribuem com afluentes à margem direita (majoritariamente) do rio das Velhas e que possuem maior número de trechos em indisponibilidade, conforme a estimativa. Além das

demandas totais contabilizadas, a Unidade Territorial Estratégica (UTE) Ribeirões Caeté-Sabará, por exemplo, possui trechos com lançamento direto de efluentes (CBH VELHAS, 2015), o que aponta a importância da verificação integrada da disponibilidade hídrica quanto à quantidade e à qualidade da água e pressões sofridas, que possam ser potencialidades em termos de vazão disponível. Situação semelhante foi observada para Nova Lima e Pedro Leopoldo, com a condição de indisponibilidade.

CONCLUSÕES

Através do conjunto de métodos empregados foi possível observar que grande parte dos cursos d'água, com captação, localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte se encontram em situação de indisponibilidade hídrica ou em estado de atenção. Tais resultados indicam que a condição hídrica da região de estudo requer medidas de mitigação de seus efeitos adversos e para elaboração de planos e programas que visem o uso eficiente dos recursos hídricos. A metodologia mostrou-se eficaz, porém, destaca-se a necessidade da análise integrada a outras abordagens, como o monitoramento qualitativo, do uso das águas subterrâneas, do uso da Terra e vulnerabilidades (sejam elas intrínsecas ou antrópicas).

Ressalta-se que estimativas como esta reforçam as fragilidades observadas na SF5, contribuindo ao entendimento sobre as interações entre as demandas totais, os usos dos recursos hídricos na bacia e a severidade diante das dinâmicas hidrológicas, entre os períodos de estiagem, sobretudo e, particularmente, em sua porção metropolitana e o abastecimento público, com impactos à segurança hídrica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). ANA contrata novo Atlas Abastecimento Urbano de Águas, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias/ana-contrata-novo-atlas-abastecimento-urbano-de-aguas>. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DAS VELHAS. Unidade Territorial Estratégica Ribeirões Caetés-Sabará, 2015.

GREY, D.; SADOFF, C.W. Sink or Swim? Water security for growth and development. **Water Policy** 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades>. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Portaria IGAM N°45, DE 17 DE SETEMBRO DE 2019. Disponível em: http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2019/Escassez/Declarações_de_Escassez_Hídrica/2019/Portaria_IGAM_n045.2019.pdf. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

LEMONS, R. S.; MAGALHÃES Jr, A. P. Reflexões sobre os critérios de cálculo de vazões outorgáveis em áreas de conflito do estado de Minas Gerais: o caso da Bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito. **Revista Espinhaço**, v. 4, p. 4-12, 2015.

MAGALHÃES, A. S.; CARVALHO, T. S. C.; SOUZA, K. B; DOMINGUES, E. P. Quanto vale a água que usamos? Projeções dos impactos econômicos de restrições ao uso e elevação de preços da água na região metropolitana de Belo Horizonte, Belo Horizonte, UFMG/CEDEPLAR, 2015.

MINAS GERAIS. DELIBERAÇÃO NORMATIVA CERH/MG N° 50 DE 09 DE OUTUBRO DE 2015. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=39159>. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

QUEIROZ, A. T. E OLIVEIRA, L. A. Relação entre produção e demanda hídrica na bacia do rio Uberabinha, estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 191-206, 2013.

SALIS, H. H. C. DE; EVANGELISTA, L. P.; COSTA, A. M. DA; HORTA, I. M. F. Diagnóstico da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Manso - MG. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, p. 91 – 102, 2017.

SECRETARIAS DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS (SEMAD) E DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS (SEAPA). Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo: ZAP de sub-bacias hidrográficas. Minas Gerais, 2016.

SUBDIVISÃO HIDROLÓGICA: BASE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM MANANCIAL DE ABASTECIMENTO

Gislaine Costa de Mendonça¹; Ana Paula Pedro²; Teresa Cristina
Tarlé Pissarra³

¹ Bióloga, Pós graduanda em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; gislaine.costa@unesp.br

² Graduanda em Ciências Biológicas; Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; ap.pedro@unesp.br

³ Docente; Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal; São Paulo; Brasil; teresa.pissarra@unesp.br

RESUMO: A valoração dos Serviços Ambientais desempenhados dentro das propriedades rurais ainda é uma grande lacuna para a alocação de recursos e a remuneração de esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais. Considerando a importância destes incentivos para recuperação das bacias hidrográficas e segurança hídrica, este trabalho propõe subsidiar métricas e proporcionalidades para compensação dos Serviços Ambientais na bacia hidrográfica de um manancial de abastecimento público. Neste sentido, foi realizada a subdivisão hidrogeológica da microbacia do manancial da Bacia Hidrográfica Córrego Rico, Jaboticabal SP. A modelagem consistiu na determinação da rede de drenagem e divisor topográfico e no delineamento de compartimentos hidrológicos a partir dos dados da amplitude altimétrica do Modelo de Elevação Digital (MDE). Foram identificados 37 compartimentos hidrológicos. Destes, 13 são considerados sub-bacias por apresentarem no seu interior um rio

principal, nascente e foz, portanto, apresentam maior contribuição para o sistema de drenagem superficial. As outras 24 áreas são consideradas sub-compartimentos, pois apresentam no seu interior apenas uma seção da rede de drenagem. A subdivisão e identificação das especificidades na bacia hidrográfica permitem o melhor entendimento das respostas hidrológicas, mensurar a provisão de água em cada compartimento e, assim direcionar e incentivar as ações de recuperação do manancial.

Palavras-chave: modelagem hidrológica, bacia hidrográfica de cabeceira, segurança hídrica, pagamento por serviços ambientais, unidades de resposta hidrológica, zoneamento eco hidrológico.

INTRODUÇÃO

As iniciativas de recuperação da paisagem e das funções ecológicas nos ambientes rurais alcançam novas perspectivas com o estabelecimento de diretrizes e normativas de incentivo à prestação de Serviços Ambientais (SAs), ações que promovem a conservação, a manutenção e a provisão de Serviços Ecosistêmicos (SEs). Os incentivos à prestação desses serviços ocorrem com a implementação de dispositivos econômicos suportados por políticas públicas de valoração ambiental, que são preconizados em esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSAs) (SETTI et al., 2019). No entanto, a valoração dos SAs desempenhados dentro das propriedades rurais ainda é uma grande lacuna para a alocação de recursos e a remuneração, particularmente recompensar proporcionalmente o potencial de produção de água em mananciais e as especificidades locais que influenciam a provisão deste SE nas bacias hidrográficas de cabeceira, fundamentais para a segurança hídrica e integração nos esquemas de PSAs (SIMEDO et al., 2020). Devido à complexidade biofísica nas bacias hidrográficas e considerando a influência dos aspectos geomorfológicos sobre os fluxos hidrológicos, a subdivisão de unidades territoriais possibilita um diagnóstico espacial da contribuição de cada unidade para o sistema hídrico, permitindo a

identificação de áreas prioritárias para o manejo específico e a determinação de métricas mais acuradas para as avaliações e intervenções de gerenciamento dos PSAs (PISSARRA et al., 2021). A aplicação de modelos hidrológicos nas bacias de mananciais pode captar a variabilidade e as especificidades das sub-unidades da bacia, fornecer uma representação da dinâmica e simular processos de escoamento, otimizando a gestão e o governo da unidade territorial de bacia em maior escala. As avaliações em escala espacial são fundamentais para o desenvolvimento de métricas mais eficientes (PARRAS et al., 2020). Assim, este estudo apresenta a sub-divisão hidrogeológica da microbacia do manancial da Bacia Hidrográfica Córrego Rico (BHMCR). A área estudada é de extrema importância regional, uma vez que o manancial é responsável por 75% do abastecimento público de água de Jaboticabal e que tem enfrentado problemas recorrentes de escassez hídrica. A modelagem foi aplicada com o objetivo de identificar e caracterizar as unidades de resposta hidrológica e subsidiar os futuros esquemas de PSAs em função da recuperação ambiental deste manancial.

MATERIAL E MÉTODOS

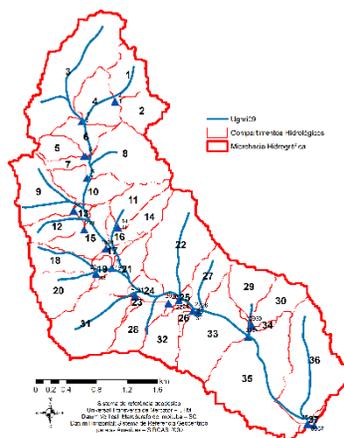
A unidade territorial estudada compreende a microbacia da nascente do Córrego Rico em Jaboticabal – São Paulo que abrange a área de drenagem do principal manancial e bacia de cabeceira da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (UGRHI 09), com área total de 1142,00 ha e localizada entre as coordenadas geográficas de latitude 21 ° 16'04''S e 21 ° 20'49''S e longitude 48 ° 27 '42''W Gr. E 48 ° 31'19''W Gr. A subdivisão hidrológica foi efetuada com base na metodologia proposta por Pissarra et al. (2013), pela divisão em compartimentos hidrológicos (CH) a partir da amplitude altimétrica nos Modelos de Elevação Digital (MDE) do terreno. Cada CH foi caracterizado por um ponto de foz e a subdivididos em sub-bacias e sub-compartimentos hidrológicos de acordo com o MDE, conformando as linhas de drenagem e os divisores

topográficos pelo modelo hidrológico *Soil and Water Assessment Tool* (ArcSWAT). O MDE também foi utilizado para o processamento dos mapas de inclinação e altitude da área, e foi obtido na base de dados do Projeto Topodata (www.dsr.inpe.br/topodata) com resolução vertical de 30m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O delineamento das unidades de resposta hidrológica foi idealizado em dois espaços geográficos para o desenvolvimento da investigação, caracterizado por compartimentos hidrológicos (CH): 13 sub-bacias: 1, 2, 3, 8, 9, 18, 20, 22, 27, 28, 31, 32, 36 e 24 sub-compartimentos hidrológicos: 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 35, 37 (Figura 1).

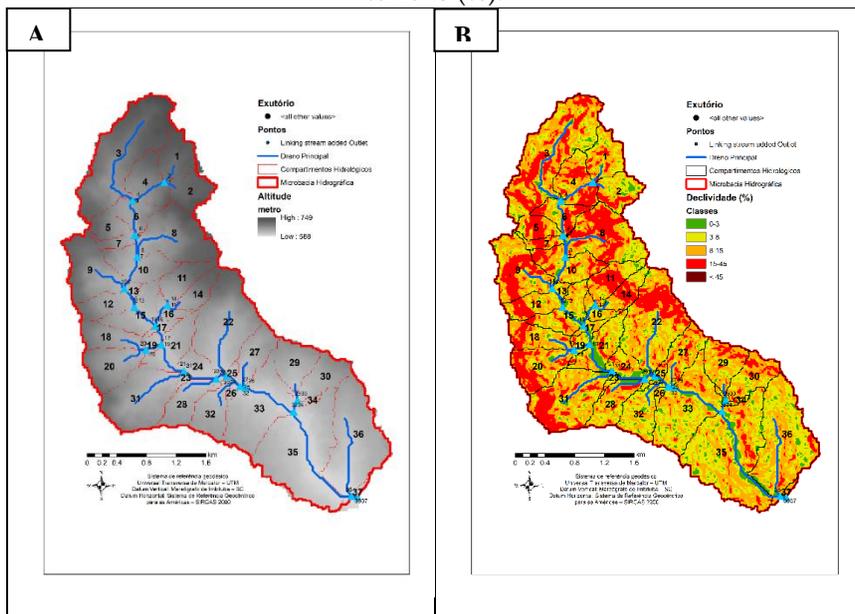
Figura 1. Divisão hidrológica, compartimentos hidrológicos e pontos de monitoramento da Bacia do Manancial do Córrego Rico, Jaboticabal – SP.



Os CHs integram as redes de drenagem que interagem entre si, compondo o sistema de drenagem superficial que irá desaguar no ponto de foz daquela região. E cada CH contribui de modo específico para o armazenamento de água no sistema e para a vazão do rio principal (COSTA et al., 2019). As treze áreas consideradas

como sub-bacias apresentam no seu interior um rio principal que é caracterizado por uma linha de drenagem principal que tem início no ponto de nascente e término no ponto de foz (ponto de monitoramento), isto é, o ponto de confluência com outra rede de drenagem. Esta região é delimitada por uma linha caracterizada geograficamente pelos valores de maiores altitudes, conformando a linha do divisor topográfico (limite). Esta área é uma unidade hidrológica independente e conforma uma região onde as águas oriundas do ciclo hidrológico desaguam e apresentam um efeito direto da relação infiltração/deflúvio. As vinte e quatro áreas consideradas como compartimentos apresentam no seu interior uma secção da linha de drenagem do rio principal (manancial), não contendo o ponto da nascente deste rio no seu interior. Essa região recebe água de seus afluentes e subafluentes na região delimitada pelo divisor topográfico (limite), entretanto, a produção de água não tem origem nesta superfície hidrológica, e a água oriunda da precipitação não apresenta efeito direto na relação infiltração/deflúvio, uma vez que o sub-compartimento recebe águas de nascentes de outras redes de drenagem em seu interior (PISSARRA et al., 2013). O que separa cada CH por sub-bacias e/ou sub-compartimentos, são os divisores de água, que são estruturas do relevo, como morros, serras, chapadas ou picos, que definem o padrão de drenagem das águas da chuva ou nascentes, ou seja, determinam por meio da topografia para onde essas águas escoarão. As águas de CHs escoam no sentido em direção à porção mais baixa da área topográfica que irá desaguar no Córrego Rico, seguindo o padrão do relevo. A espacialização e caracterização topográfica de cada CH seguem nas Figuras 2A e 2B.

Figura 2. Características topográficas da Bacia do Manancial do Córrego Rico, Jaboticabal – SP. A) Amplitude altimétrica (m); (B) Declividade do terreno (%).



Quanto às dimensões dos CHs, as menores áreas correspondem aos 24 subcompartimentos uma média 21,67 ha; as 13 sub-bacias abrangem as maiores extensões, com área média de 47,84 ha. Padrão similar é observado na topografia dos CHs: sub-compartimentos, altitude média 637 m e declividade média 9,8%; sub-bacias, altitude média 664 m e declividade média 11,1%. A caracterização topográfica dos CHs é fundamental para identificar áreas de homogêneas de respostas hidrológicas, uma vez que a geomorfologia influencia diretamente a dinâmica da água no solo, como o escoamento superficial, infiltração e processos erosivos (PACHECO et al., 2018) e portanto, exigem atenção para o estabelecimento de manejos contemplados pelos PSAs. Estes resultados corroboram os estudos de Pissara et al. (2021), que preconiza o ajuste da compensação nos esquemas de PSA de forma dinâmica e integrada a avaliação dos atributos ambientais e da vulnerabilidade ambiental, como forma de

favorecer práticas produtivas mais sustentáveis para incremento da produção de água limpa nas bacias hidrográficas de cabeceira com o envolvimento dos agricultores no processo de conservação ambiental.

CONCLUSÕES

O delineamento hidrológico baseado nas características topográficas possibilita a melhor compreensão da resposta hidrológica em cada compartimento de uma bacia hidrográfica e sua contribuição para a provisão dos serviços de bacia hidrográfica. A dinâmica da água nas sub-bacias exerce influência direta na provisão de água para o sistema de drenagem do manancial, pois abrangem as principais nascentes e, portanto são regiões-chave para a conservação das funções do ecossistema. Este entendimento contribui para elucidar as lacunas em nível de valoração e aplicação dos PSAs nas sub-bacias de cabeceira e incentivar práticas de produção mais sustentáveis. O eco-zonamento a nível local, sobretudo em bacias hidrográficas de cabeceira é fundamental para uma gestão mais sustentável e efetiva dos recursos hídricos e pode otimizar as iniciativas de recuperação do manancial e a implementação de esquemas de PSAs. Priorizar a recuperação das sub-bacias de cabeceira e assegurar o uso sustentável do solo considerando a heterogeneidade hidrológica em cada sub-compartimento são a chave para a segurança hídrica nas bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

- SETTI, A. F. F. et al. Ecosystem Services and Incentive Mechanisms for Environmental Preservation in Brazil. In: **Climate Change Management**. [s.l.] Springer International Publishing, p. 37–51, 2019
- COSTA, R. C. A. et al. Land capability of multiple-landform watersheds with environmental land use conflicts. **Land use policy**, v. 81, p. 689-704, 2019.
- PACHECO, F. A. L. et al. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 5, p. 79–86, 2018.

PARRAS, R et al. The configuration of forest cover in Ribeirão Preto: A diagnosis of Brazil's forest code implementation. **Sustainability (Switzerland)**, v.12, n. 14, p. 1-13, 2020.

PISSARRA, T. C. T. et al, Production of clean water in agriculture headwater catchments: A model based on the payment for environmental services, **Science of The Total Environment**, v. 785, p.147331, 2021.

PISSARRA, T. C. T. et al, Environmental adaptation of the source of the subbasin of Rico Stream, Monte Alto - SP, Brazil, **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 2, p. 303–311, 2013.

PISSARRA, T. C. T. et al, A Regression Model of Stream Water Quality Based on Interactions between Landscape Composition and Riparian Buffer Width in Small Catchments, **Water**, v. 11, n. 9, p. 1757, 2019.

SIMEDO, M. B. L. et al. The Assessment of Hydrological Availability and the Payment for Ecosystem Services: A Pilot Study in a Brazilian Headwater Catchment. **Water**, v. 12, n. 10, p. 2726, 2020.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIA DO PINDARÉ

Márcia Masson Mendes dos Santos¹; Fernando António Leal Pacheco²; Edilea Dutra Pereira³

Título da Graduação Profissional, Título da Pós-Graduação; Instituição; Cidade; Estado; País; E-mail

¹ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agonomia;UNESP; Jaboticabal;São Paulo;Brasil;marcia.masson@unesp.br.

² Engenheiro em Geologia; Doutor em Hidrogeologia;UTAD; Vila Real; Portugal; fpacheco@utad.pt.

³ Bacharel em Geologia; Doutora em Geociências e Meio Ambiente ;UFMA; São Luís; Maranhão; Brasil; edileap@gmail.com.

RESUMO: A Organização das Nações Unidas (ONU), por meio de discussões na Assembleia Geral, estabeleceu, em 2015, 17 metas globais para os próximos 15 anos, chamadas de Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que deverão contribuir com um papel importante na conservação da vida, da natureza e dos recursos naturais da Terra. Uma das formas de conhecimento, análise são os produtos de sensoriamento remoto que mostram as mudanças da cobertura e uso da terra fornecendo informações do uso do solo. Assim, foram utilizados dados temáticos pré-existentes foram adquiridos em bases nacionais pertencentes ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e Agência Nacional de Águas (ANA). O objetivo deste trabalho foi avaliar no ano de 2018 a cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Pindaré. De acordo com o mapeamento demonstraram as transformações ocorridas diante da ação antrópica com atividades agropecuária intensas na região.

Palavras-chave: Base de dados, ArcGis, Amazônia Legal, Meio Ambiente.

INTRODUÇÃO

Com o aumento expressivo da população humana e consequente uso consuntivo da água e do solo, é necessário desenvolver ações com vistas ao uso racional e sustentável destes recursos naturais (Pacheco et al., 2018). É notório que cada vez mais as florestas são derrubadas no Brasil e essas áreas são substituídas pelo crescimento das cidades, implantação de atividades de agropecuárias, indústrias entre outros usos do solo (Ayer et al., 2015). Conhecer essa dinâmica se torna fundamental no estudo da paisagem. No auxílio desta avaliação, a prática do sensoriamento remoto, juntamente com o geoprocessamento, tem se tornado ferramentas versáteis e úteis na caracterização do espaço geográfico, uma vez que suas técnicas permitem uma representação precisa do território, possibilitando identificar, mapear, delimitar e ainda analisar imagens entre períodos, para diversos fins (Roy & Inamdar, 2019).

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Rio Pindaré, afluente da margem direita do rio Mearim, está situada na bacia deste, no estado do Maranhão, entre os paralelos 3°11' e 5°51' Sul e os meridianos 45°38' e 46°26' Oeste. A nascente do Rio Pindaré está localizada nas proximidades da cidade de Montes Altos e Amarante do Maranhão, na serra do Gurupí, em área indígena denominada Krikati, a cerca de 300 metros de altitude. Percorrendo cerca de 466,3 km até atingir a sua foz, no rio Mearim, o Rio Pindaré tem área de drenagem total de aproximadamente 40.482 km². A bacia estende-se na direção sul-sudoeste a norte-nordeste, limitando-se a oeste com a bacia do rio Gurupi e a leste com a bacia do rio Grajaú (Abreu, 2013).

Caracterização e Processamento dos Dados

Os dados temáticos pré-existentes foram adquiridos em bases nacionais pertencentes ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Agência Nacional de Águas (ANA).

Tabela 1 - Caracterização dos dados utilizados.

Atributo	Escala Cartográfica	Fonte
Uso do solo	1:250.000	IBGE (2018)
Drenagem	1:250.000	ANA(2008)

Sistema de Informação Geográfica

Para a análise dos dados e geoprocessamento das imagens será utilizado o sistema de informações geográficas (SIG) - ArcGIS versão 10.2.

Processamento dos Mapas e Análise Multicritério

Para a caracterização da paisagem, será utilizado o banco de dados georreferenciados do estado do Maranhão, na projeção geográfica de Universal Transversa de Mercator, Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000.

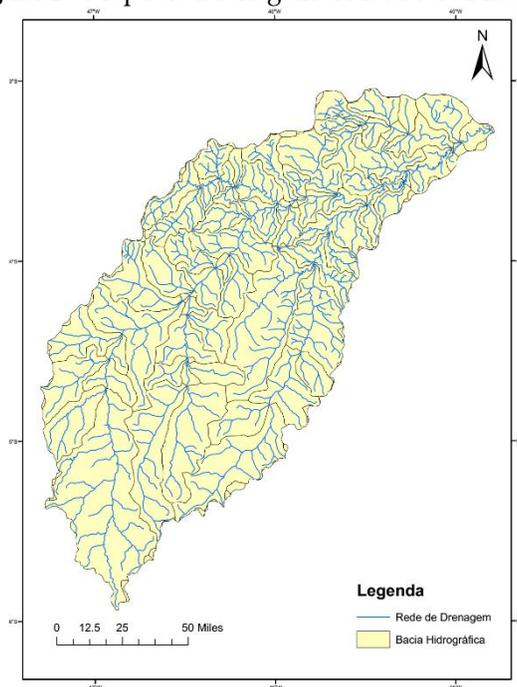
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área da bacia, estimada utilizando dados do Topodata, foi de 40482,5 km² e extensão das drenagens 466,3 km (Figura 1). A bacia estende-se na direção sul-sudoeste a norte-nordeste, imitando-se a oeste com a bacia do rio Gurupi e a leste com a bacia do rio Grajaú (Abreu, 2013).

As seguintes classes de uso do solo foram delimitadas neste estudo de acordo com IBGE; Área Urbana, Área Agrícola, Pastagem, Silvicultura, Vegetação Florestal, Água, Vegetação campestre.

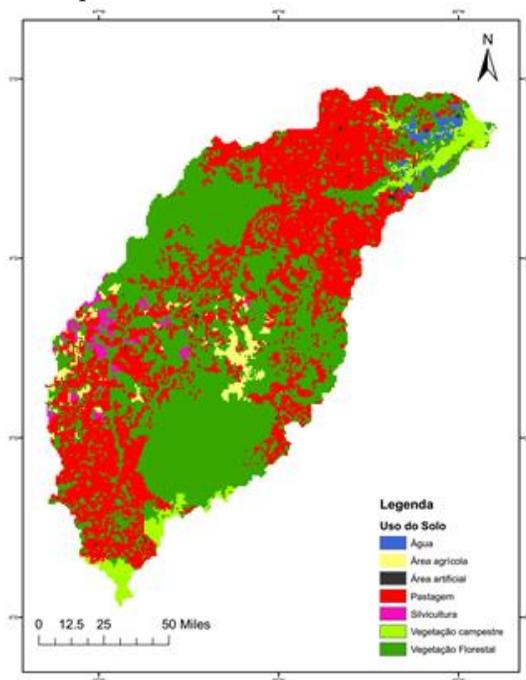
A área da bacia é ocupada predominantemente por fazendas agropecuárias e as zonas urbanas mais próximas situam-se nos municípios de Alto Alegre do Pindaré, Santa Inês, Pindaré Mirim, a bacia possui também outras áreas de reservas indígenas (Abreu, 2013).

Figura 1 - Mapa de Drenagem da Bacia do Pindaré



A área da Bacia escolhida para a pesquisa faz parte da Amazônia Legal que está à beira do colapso pois é uma área em que entre 2007 e 2018, houve redução de 61% nas áreas consideradas prioritárias para a conservação da biodiversidade na região amazônica do Estado (Junior et al., 2020). No percurso da bacia é cortada por dezenas de estradas (rodovias e vicinais), Estrada de Ferro Carajás, margem terra indígena, unidade de conservação, áreas de pecuárias, plantações, desmatamentos e cidades (Tannús et al., 2012).

Figura 2 - Mapa de Uso do solo da área da Bacia do Pindaré



CONCLUSÕES

O uso não sustentável dos recursos naturais na bacia de drenagem, particularmente dos solos, transforma zonas agrícolas e urbanas em áreas produtoras de sedimentos e poluentes, os quais são transferidos ao longo dos anos para os corpos d'água, resultando em prejuízos do ponto de vista social, econômico e ecológico.

AGRADECIMENTOS: Grupo Pollus; CAPES; UNESP.

REFERÊNCIAS

Abreu, B. V. (2013). Estudos Hidrológicos da Bacia do rio Pindaré-Mirim (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro).

- Ayer JEB, Olivetti D, Mincato, EL, Silva MLN (2015). Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 45:180-191.
- Junior, C. H. S., Heinrich, V. H., Freire, A. T., Broggio, I. S., Rosan, T. M., Doblaz, J., House & Aragão, L. E. (2020). Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. *Scientific data*, 7(1), 1-9.
- Pacheco, f. A. L., Fernandes, I. F. S., Junior, r. F. V., Valera, c. A., & Pissarra, t. C. T. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, n.5, p.79-86, 2018.
- Roy A, Inamdar AB (2019). Análise de mudança multitemporal da cobertura da terra do uso da terra (LULC) de uma bacia semi-árida seca no oeste da Índia, seguindo uma robusta estratégia de calibração de imagens por satélite com múltiplos sensores. *Heliyon*, 5:01478.
- Tannús, Ricardo Madeira. Planejamento ambiental da Sub-Bacia Zutiua, Pindaré, Região Pré Amazônica, Maranhão. Universidade Federal do Maranhão, 2012.

LAND USE AND OCCUPATION IN PINDARÉ BASIN

Márcia Masson Mendes dos Santos¹; Fernando António Leal Pacheco²; Edilea Dutra Pereira³

¹ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agonomia;UNESP; Jaboticabal;São Paulo;Brasil;,marcia.masson@unesp.br.

² Engenheiro em Geologia; Doutor em Hidrogeologia;UTAD; Vila Real; Portugal; fpacheco@utad.pt.

³ Bacharel em Geologia; Doutora em Geociências e Meio Ambiente ;UFMA; São Luís; Maranhão; Brasil; edileap@gmail.com.

ABSTRACT: The United Nations (UN), through discussions in the General Assembly, established in 2015, 17 global goals for the next 15 years, called Sustainable Development Goals (SDGs) that should contribute an important role in the conservation of life, nature and the Earth's natural resources. One of the ways of knowledge, analysis are remote sensing products that show land cover and land use changes providing land use information. Thus, pre-existing thematic data were acquired in national databases belonging to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), and National Water Agency (ANA). The objective of this work was to evaluate the land cover and land use in the Pindaré watershed in 2018. According to the mapping demonstrated the transformations that have occurred due to anthropic action with intense agricultural activities in the region.

Keywords: Database, ArcGis, Legal Amazon, Environment.

INTRODUCTION

Com o aumento expressivo da população humana e consequente uso consuntivo da água e do solo, é necessário desenvolver ações com vistas ao uso racional e sustentável destes recursos naturais (Pacheco et al., 2018). É notório que cada vez mais as florestas são derrubadas no Brasil e essas áreas são substituídas pelo crescimento das cidades, implantação de atividades de agropecuárias, indústrias entre outros usos do solo (Ayer et al., 2015). Conhecer essa dinâmica se torna fundamental no estudo da paisagem. No auxílio desta avaliação, a prática do sensoriamento remoto, juntamente com o geoprocessamento, tem se tornado ferramentas versáteis e úteis na caracterização do espaço geográfico, uma vez que suas técnicas permitem uma representação precisa do território, possibilitando identificar, mapear, delimitar e ainda analisar imagens entre períodos, para diversos fins (Roy & Inamdar, 2019).

METHODOLOGY

The hydrographical basin of the Pindaré River, a tributary of the right bank of the Mearim River, is located in the basin of the Mearim River, in the state of Maranhão, between parallels 3°11' and 5°51' South and meridians 45°38' and 46°26' West. The source of the Pindaré River is located near the towns of Montes Altos and Amarante do Maranhão, in the mountains of Gurupí, in an indigenous area called Krikati, at an altitude of about 300 meters. Running for about 466.3 km until it reaches its mouth in the Mearim River, the Pindaré River has a total drainage area of approximately 40,482 km². The basin extends in a south-southwest to north-northeast direction, bordering to the west with the Gurupi River basin and to the east with the Grajaú River basin (Abreu, 2013).

Characterization and Data Processing

The pre-existing thematic data were acquired in national databases belonging to the

Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and the National Water Agency (ANA).

Table 1 - Characterization of the data used.

Attribute	Cartographic Scale	Source
Land use	1:250,000	IBGE (2018)
Drainage	1:250,000	ANA(2008

Geographic Information System

For data analysis and geoprocessing of the images, the geographic information system (GIS) - ArcGIS version 10.2 will be used.

Map Processing and Multicriteria Analysis

For the landscape characterization, the georeferenced database of the state of Maranhão will be used, in the geographic projection of Universal Transverse Mercator, Zone 23 South, SIRGAS 2000 datum.

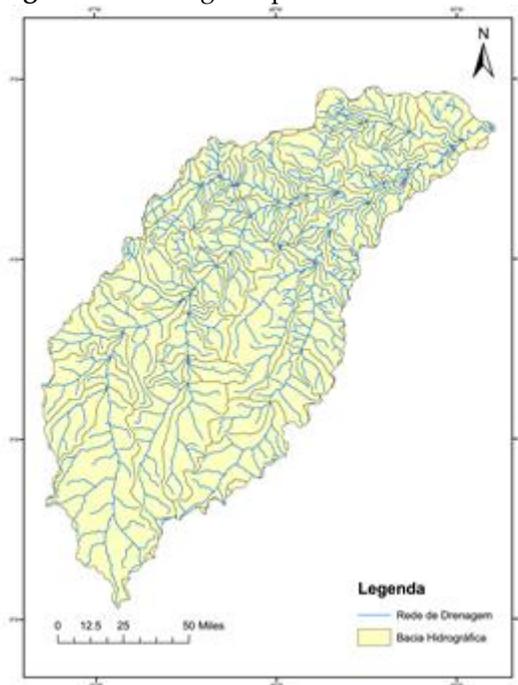
RESULTS AND DISCUSSION

The basin area, estimated using Topodata data, was 40482.5 km² and drainage length 466.3 km (Figure 7).The basin extends in a south-southwest to north-northeast direction, mimicking to the west with the Gurupi River basin and to the east with the Grajaú River basin (Abreu, 2013).

The following land use classes were delimited in this study according to IBGE; Urban Area, Agricultural Area, Pastureland, Forestry, Forest Vegetation, Water, Country Vegetation.

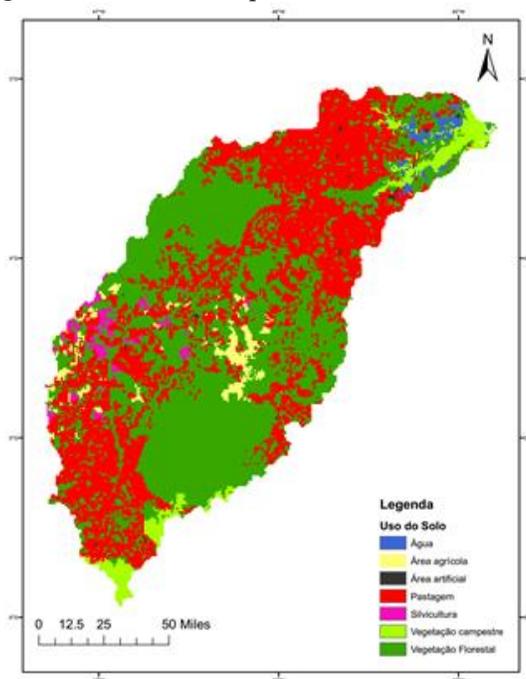
The basin area is occupied predominantly by agricultural farms and the nearest urban areas are located in the municipalities of Alto Alegre do Pindaré, Santa Inês, Pindaré Mirim, the basin also has other areas of indigenous reserves (Abreu, 2013).

Figure 1 - Drainage map of the Pindaré basin



The Basin area chosen for the research is part of the Legal Amazon that is on the verge of collapse because it is an area in which between 2007 and 2018, there was a 61% reduction in areas considered priority areas for biodiversity conservation in the Amazon region of the state (Junior et al., 2020). In the course of the basin is cut by dozens of roads (highways and vicinal), Carajás Railroad, borders indigenous land, conservation unit, cattle ranching areas, plantations, deforestation and cities (Tannús et al., 2012).

Figure 2 - Land use map of the Pindaré Basin area



CONCLUSION

The unsustainable use of natural resources in the drainage basin, particularly of soils, transforms agricultural and urban areas into areas that produce sediments and pollutants, which are transferred over the years to the water bodies, resulting in losses from a social, economic and ecological point of view.

REFERENCES

- Abreu, B. V. (2013). Estudos Hidrológicos da Bacia do rio Pindaré-Mirim (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- Ayer JEB, Olivetti D, Mincato, EL, Silva MLN (2015). Water erosion in dystrophic Red Latosols. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 45:180-191.
- Jr., C. H. S., Heinrich, V. H., Freire, A. T., Broggio, I. S., Rosan, T. M., Doblas, J., House & Aragon, L. E. (2020). Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. *Scientific data*, 7(1), 1-9.

Pacheco, f. A. L., Fernandes, l. F. S., Junior, r. F. V., Valera, c. A., & Pissarra, t. C. T. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, n.5, p.79-86, 2018.

Roy A, Inamdar AB (2019). Multitemporal land-use land cover (LULC) change analysis of a dry semi-arid basin in western India following a robust multi-sensor satellite imagery calibration strategy. *Heliyon*, 5:01478.

Tannús, Ricardo Madeira. Environmental planning of the Zutiua Sub-Basin, Pindaré, Pre Amazon Region, Maranhão. Federal University of Maranhão, 2012.

ANÁLISE DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DE UMA ETE COMPARANDO DQO, PH E SST AO PADRÃO DE LANÇAMENTO DE MINAS GERAIS

Amanda Santana dos Santos¹; Vinícius Carvalho Rocha²

¹ Engenheira Ambiental; Universidade Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba;
Minas Gerais; Brasil; amandasantanasts@gmail.com

² Engenheiro Ambiental; Doutor em Hidráulica e Sanearamento; Universidade
Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba; Minas Gerais; Brasil;
vinicius.rocha@uftm.edu.br

RESUMO: A estação de tratamento de esgotos (ETE) alvo deste estudo é composta de tratamentos preliminar (gradeamento mecanizado, desarenador e removedor de gorduras) e secundário (reatores UASB, lagoas aeradas de mistura completa e lagoas facultativas aeradas), além do tratamento e disposição final do lodo. Analisou-se, para um período de 13 meses, os dados de monitoramento dos parâmetros DQO, pH e SST nas entradas e saídas das unidades de tratamento. A concentração média de DQO afluente e efluente à ETE foi de $476,84 \pm 73,53$ e $40,54 \pm 10,70$ mg/L, respectivamente, o que resultou em uma eficiência global de remoção de $91,56 \pm 1,30$ %. O pH médio do esgoto bruto e tratado foi de $7,06 \pm 0,10$ e $7,28 \pm 0,10$, respectivamente. Já para os SST foram observados valores afluente e efluente de $202,96 \pm 31,42$ e $16,89 \pm 4,44$ mg/L, indicando eficiência média de remoção de $91,66 \pm 1,70$ %. Em comparação ao padrão de lançamento de efluentes dado pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008, observou-se que os parâmetros analisados neste estudo obedeceram os limites impostos. Tal análise indica que a ETE em questão está de acordo com os preceitos legais em termos de DQO, pH e SST.

Palavras-chave: eficiência; esgoto bruto; monitoramento; diagnóstico.

INTRODUÇÃO

As estações de tratamento de esgotos domésticos possuem função primordial de garantir o menor impacto ambiental possível do lançamento de efluentes em corpos receptores. Para que isso ocorra, os gestores e operadores destes sistemas devem garantir que as unidades e todos seus níveis de tratamento mantenham uma eficiência mínima, sempre atendendo aos critérios definidos pelos órgãos competentes. No estado de Minas Gerais, o padrão de lançamentos de efluentes é definido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n°01, de 05 de maio de 2008 (COPAM, 2008). Dentre os parâmetros de qualidade da água por ela exigidos, destaca-se a demanda química de oxigênio (DQO), o potencial hidrogeniônico (pH) e os sólidos em suspensão totais (SST). A DQO indica, de maneira geral, a quantidade de matéria orgânica no esgoto, e a sua presença nos corpos hídricos podem acarretar em aumento da atividade microbiana e, por conseguinte, o consumo do oxigênio dissolvido na água, crucial para manutenção da vida aquática aeróbia (ex: peixes, anfíbios, etc). O padrão de lançamento para este parâmetro é de, no máximo, 180 mg/L ou no mínimo 55 % de eficiência de remoção ou 65 % de eficiência na média anual (para sistemas esgotos sanitários e de percolados de aterros municipais). O pH relaciona-se com as atividades metabólicas dos seres vivos ali presentes, a proliferação de algas e o equilíbrio de compostos químicos. Os valores de pH para efluentes tratado deve estar entre 6,0 e 9,0. A presença de SST em excesso nos efluentes podem acarretar, nos corpos receptores, em problemas estéticos, depósitos de lodo, adsorção de poluentes e proteção de patógenos (VON SPERLING, 2002). O valor máximo permitido de SST no efluente a ser lançado é de 150 mg/L quando há o uso de lagoas de estabilização, caso contrário este valor passa a ser 100 mg/L.

De posse dos dados de monitoramento da qualidade do esgoto durante o processo de tratamento em uma ETE no período de 13 meses (julho/2017 a julho/2018), fez-se uma análise do pH e das eficiências de remoção de DQO total (doravante denominada como

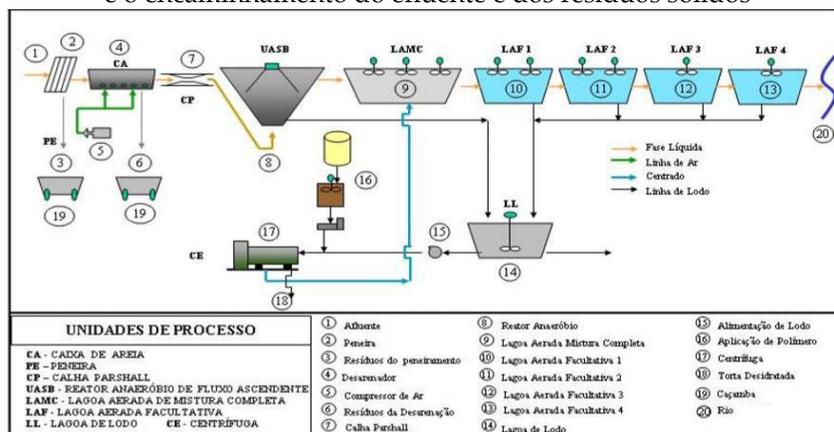
DQO) e SST nas unidades de tratamento presentes na ETE. Desta forma, pôde-se avaliar o comportamento destes parâmetros ao longo do processo e em um contexto global, e confrontar com o padrão de lançamento definido para Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

A ETE objeto de estudo está localizada em um município da região do Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais, foi inaugurada em 2009, é responsável por receber esgoto de 74% da população e possui o maior porte dentre as três ETEs existentes no município. A vazão média de projeto é de 465 L/s, mas é capaz de suportar vazões de pico de 745 L/s (MKMBR, 2009).

A estação opera, considerando o fluxo da fração líquida do esgoto, com tratamento de nível preliminar e secundário, sendo elas: gradeamento mecânico, desarenador a ar, 6 reatores UASB em paralelo, 2 lagoas aeradas de mistura completa (LAMC) em paralelo e 4 lagoas aeradas facultativas (LAF1, LAF2, LAF3 e LAF4) em série. A Figura 1 exibe com mais detalhes as unidades presentes na ETE, incluindo a linhas de lodo e de ar.

Figura 1 - Fluxograma de processo indicando as unidades de tratamento e o encaminhamento do efluente e dos resíduos sólidos



As amostragens compostas de esgoto foram feitas mensalmente nos pontos 1 (esgoto bruto - EB), 7 (efluente preliminar - EP), 9 (afluente às LAMC), 10 (afluente LAF1) e 13 (efluente à LAF4), sendo este o esgoto tratado a ser lançado no corpo receptor. Foram feitas 65 coletas ao todo, sendo 13 meses em 5 pontos de coleta na ETE. Considerando os parâmetros analisados e explicitados neste estudo, totalizaram-se 195 resultados laboratoriais ao longo do período de monitoramento.

As análises foram realizadas no laboratório interno da ETE e seguiu os protocolos contidos em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Os resultados laboratoriais obtidos foram tratados e analisados por estatística descritiva e convertidos em diagramas de caixa (*boxplot*). Estes resultados foram confrontados com os valores recomendados no padrão de lançamento do estado de Minas Gerais (COPAM, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são demonstrados os valores médios de DQO, SST e pH obtidos nos pontos de amostragem ao longo do período analisado (13 meses).

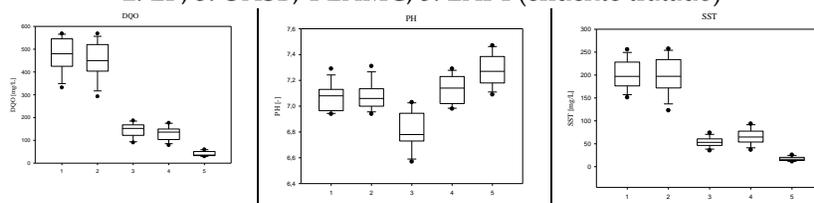
Tabela 1 - Valores médios de DQO, SST e pH nos pontos de amostragem da ETE, considerando 13 meses de monitoramento (jul/2017 a jul/2018)

Parâmetro	EB	EP	UASB	LAMC	LAF4
DQO	476,84 ±	453,00 ±	145,35 ±	130,98 ±	40,54 ±
[mg/L]	73,53	79,10	29,95	29,40	10,70
SST [mg/L]	202,69 ±	198,95 ±	53,50 ±	66,05 ±	16,89 ±
	31,42	39,55	10,21	16,18	4,44
pH [-]	7,06 ±	7,08 ±	6,81 ±	7,12 ±	7,28 ±
	0,10	0,09	0,14	0,11	0,1

À partir dos dados de monitoramento gerou-se os diagramas de caixa (*boxplot*), permitindo uma análise intuitiva dos dados, além de

demonstrar visualmente o comportamento de cada grupo de unidades de tratamento. Estes gráficos estão demonstrados na Figura 2.

Figura 2 - Diagramas de caixa contendo os valores de DQO, pH e SST em cada unidade de tratamento ao longo dos meses monitorados. 1: EB; 2: EP; 3: UASB; 4 LAMC; 5: LAF4 (efluente tratado)



As concentrações de DQO e SST apresentaram tendências similares, uma vez que as unidades de tratamento possuem elevada capacidade de remoção de matéria orgânica e de partículas em suspensão. Os reatores UASB foram os principais responsáveis pela remoção de DQO e SST do esgoto. Os gráficos de DQO e SST apresentados na Figura 2 indicam este acentuado decréscimo, indicado pelas caixas referentes aos números 2 (EP) e 3 (UASB) no eixo das abscissas. As eficiências médias de remoção de DQO e SST no reator UASB foram de $67 \pm 4,16$ e $72,82 \pm 3,49$ %. Este resultado obtido para remoção de DQO está condizente com os valores previsto em projetos de reatores UASB no tratamento de esgotos domésticos (CHERNICHARO, 2008). Apesar de serem as unidades de tratamento que mais contribuem com a diminuição das concentrações de DQO e SST, os reatores UASB não seriam capazes de sozinhos atingirem os padrões de lançamento durante as diferentes épocas do ano, principalmente em termos de DQO. Desta forma, as unidades subsequentes aos reatores são as responsáveis pela remoção restante de DQO e SST.

Ao contrário do observado nos reatores UASB, os resultados apresentados pelas LAMCs indicaram aparentemente baixo rendimento destas lagoas, tanto em remoção de DQO, quanto de SST. Considerando a concepção deste tipo de unidade (aeróbia com aeração forçada) e o método de amostragem e análise (amostra não

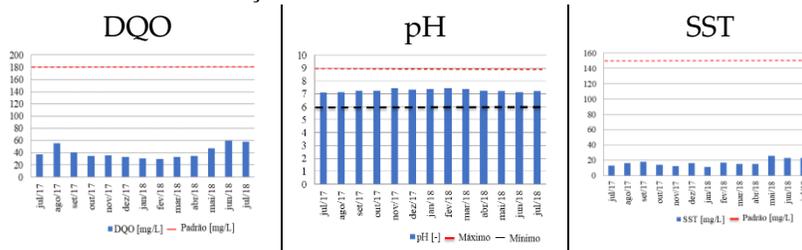
filtrada), pode-se inferir que estas lagoas provavelmente estão removendo DQO. Mas, como o metabolismo dos microrganismos aeróbio apresenta elevado rendimento energético e, conseqüentemente, elevada taxa de reprodução, observar-se-á uma aumento ou manutenção dos valores de SST e de DQO, principalmente para este último parâmetro, caso a análise laboratorial não descarte a parcela particulada da matéria orgânica (VON SPERLING, 2009; APHA, 2012).

As lagoas aeradas facultativas são as últimas unidades da linha do esgoto da ETE, sendo responsáveis pelo polimento final, garantindo, assim, o cumprimento dos padrões de lançamento. A amostragem, para este ponto, foi realizada ao final da quarta lagoa (LAF4), ou seja, estes resultados podem ser interpretados como as lagoas em série sendo apenas uma única unidade (mesmo não sendo assim *in loco*). Os diagramas de caixa indicam eficiências adequadas ao final desta série de lagoas. As eficiências de remoção de DQO e SST observadas foram $68,79 \pm 5,08$ e $73,27 \pm 8,70$ %.

O pH do esgoto ao longo dos processos de tratamento apresentou tendência de queda após os reatores UASB, mas teve seu valor elevado após as LAMCs e as LAFs, enquadrando-se no padrão de lançamento. A queda em seu valor está intimamente ligada ao metabolismo dos microrganismos anaeróbio, uma vez que durante o consumo de matéria orgânica há a conversão da mesma em ácidos voláteis antes da produção do biogás (CO_2 e CH_4) (CHERNICHARO, 2007).

Os dados obtidos no monitoramento indicam, em uma comparação direta, que o efluente tratado é lançado no corpo receptor atendendo os valores permitidos pelo padrão de lançamento do estado de Minas Gerais (DN COPAM/CERH nº1/2008), tanto nos valores médios, quanto nos valores pontuais (mensais). Esta comparação é demonstrada de forma didática na Figura 3.

Figura 3 - Valores de DQO, pH e SST no efluente tratado durante os meses analisados e o comparativo dos valores recomendados no padrão de lançamento do estado de Minas Gerais



Além do atendimento do padrão em termos de concentração, a ETE também atingiu a exigência de eficiência mínima de remoção de DQO ao longo do ano (55 %) e mensalmente (65 %), sendo a eficiência média de remoção obtida de $91,56 \pm 1,3$ %.

CONCLUSÕES

O que se observou na ETE abordada neste estudo foi, primeiramente, o cumprimento dos padrões de lançamento. De forma complementar, observou-se que a primeira etapa do tratamento secundário (reatores UASB) foram os principais responsáveis pela remoção de matéria orgânica, sendo complementados, principalmente, pelas lagoas aeradas facultativas. As lagoas aeradas de mistura completa, aparentemente, não estão apresentando eficiências previstas para este tipo de unidade, porém isto pode estar enviesado pela forma de tratamento da amostra em laboratório, uma vez que a análise de matéria orgânica foi apenas na forma de DQO total. O comportamento dos SST foi similar à DQO, indicando elevada eficiência de remoção global e nas unidades em separado, com excessão para as LAMCs. Por fim, o pH também esteve dentro do padrão ao longo dos meses de monitoramento, completando esta análise e indicando o enquadramento desta ETE, em termos de DQO, SST e pH, no padrão de lançamento de efluentes do estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

- APHA, 2012. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios: Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Vol.5. 2a Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 379p.
- COPAM. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. **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**. 2008, 8p.
- MKMBR ENGENHARIA AMBIENTAL. **Manual de Operação e Manutenção ETE** _____. Brasília – DF, 2009.
- VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização: Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Vol. 3. 3a Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 196p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgoto: Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Vol.1. 4a Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011. 452p.

OZÔNIZAÇÃO CATALÍTICA DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS COM GRAFENO MULTI-CAMADAS

Mário Sérgio da Luz¹; Marcos Vinícius Mateus²; Rogério Valentim
Gelamo³; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves⁴

¹ Engenheiro Químico, Doutor em Engenharia de Materiais; Universidade
Federal do Triângulo Mineiro; mario.luz@uftm.edu.br

² Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental;
Universidade Federal do Triângulo Mineiro; mar.vi.m@outlook.com

³ Físico, Doutor em Física; Universidade Federal do Triângulo Mineiro;
rogerio.gelamo@uftm.edu.br

⁴ Engenheiro Ambiental, Doutor em Hidráulica e Saneamento; Universidade
Federal do Triângulo Mineiro; julio.goncalves@uftm.edu.br

RESUMO: Grafeno multi-camadas (MGL) foi estudado como material catalítico no processo de ozonização para remover substâncias húmicas presentes em águas superficiais. A presença do catalisador aumentou a eficiência do processo de ozonização para remoção de cor e também para remoção de carbono orgânico total (TOC). A reação de ozonização não-catalítica possibilitou uma remoção de cor, em apenas 15 min, de 64%. Com a adição do MGL ao processo, a eficiência de remoção saltou para 77%. As taxas de remoção de TOC em 60 min utilizando apenas ozônio foram de 41%, 38% e 48% com valores iniciais de pH de 6,0; 9,5 e 12, respectivamente. Já utilizando ozônio em conjunto com MGL, as taxas de remoção de TOC foram de 45%, 41% e 49%. Este trabalho contribuiu para ampliar as opções de catalisadores que podem ser utilizados para aumentar a eficiência das estações de tratamento de efluentes, indicando que o MGL tem potencial para esse fim. Palavras-chave: processo oxidativo avançado, tratamento de águas residuárias, material catalítico.

INTRODUÇÃO

As águas superficiais brutas, i.e. não tratadas, podem ter altos níveis de substâncias húmicas (SH), o que pode afetar negativamente o desempenho de processos de tratamento comuns, como o processo de coagulação. Por outro lado, durante a cloração de água bruta contaminada com alta densidade de SH, subprodutos desinfetantes tóxicos para os seres humanos são formados (TURKAY et al., 2017), sendo necessário eliminar efetivamente as SH das águas brutas antes da cloração.

Neste sentido é essencial aprofundar a pesquisa sobre novos processos de tratamento eficientes para remoção das SH. Até o momento, alguns métodos convencionais, como oxidação avançada (ASGARI et al., 2013; JUNG et al., 2016), filtração por membranas (MOHD YUSOF et al., 2016), biofiltração (SEREDYŃSKA-SOBECKA et al., 2006), coagulação/precipitação (JIN et al., 2018), troca iônica (WANG et al., 2009) e adsorção (AN et al., 2016) têm sido amplamente estudados para a remoção de SH da água.

O ozônio é bem conhecido como um oxidante potente com boa eficiência na degradação de matéria orgânica. No entanto, o processo de ozonização tradicional é considerado como um método caro devido ao seu alto custo de produção; especialmente se for usado em aplicações de grande escala (MOUSSAVI et al., 2015). Nos últimos anos, o processo de ozonização catalítico foi introduzido como uma nova classe de processos oxidativos avançados (POAs). Em um processo de ozonização catalítico heterogêneo, o ozônio e um composto sólido (usado como catalisador) participam de uma reação para gerar poderosos radicais oxidantes, como os radicais hidroxila (OH^*).

A ozonização catalítica tem sido extensivamente investigada como um novo AOP devido à sua alta eficiência na degradação e mineralização de compostos orgânicos recalcitrantes a uma alta taxa de oxidação e baixo tempo de reação (WU et al., 2008). Uma grande variedade de óxidos metálicos ou óxidos metálicos suportados e alguns materiais porosos foram avaliados até agora

para revelar sua capacidade catalítica no processo de ozonização catalítica envolvido no tratamento de água e esgoto (LEE et al., 2005; WU, KUO e CHANG, 2008).

O principal objetivo desta etapa do estudo foi analisar se o uso de grafeno multi-camadas (MLG) como catalisador pode potencializar a reação de ozonização das SH.

MATERIAL E MÉTODOS

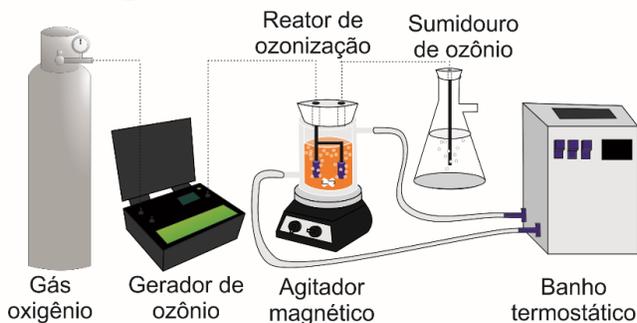
Materiais

Ácido sulfúrico (H_2SO_4), hidróxido de sódio (NaOH) e sulfito de sódio (Na_2SO_3) foram adquiridos da Dinâmica, Brasil. O gás oxigênio (99,5%) foi fornecido pelo IBG, Brasil. As substâncias húmicas foram adquiridas na forma de sal de ácido húmico fornecido pela Sigma-Aldrich. As partículas de grafeno multicamadas (MLG) foram resultantes pela expansão térmica do grafite natural doado pela Nacional de Grafite Ltda.

Experimentos de ozonização

Os experimentos de ozonização foram realizados em um reator de vidro encamisado (300 mL), mantido a 25 °C por um banho termostático (TECNAL TE-2005, Brasil). O gás ozônio foi gerado a partir de gás oxigênio por um gerador de ozônio (myOZONE M10, Brasil) a uma concentração de 22 mg L⁻¹. O ozônio foi alimentado no reator através de um difusor poroso de sílica a uma taxa de fluxo de 1 L min⁻¹. O ozônio residual no gás do reator foi absorvido por uma solução aquosa Na_2SO_3 de 10%. O diagrama esquemático do sistema de reação é mostrado na Fig. 1.

Figura 1 - Esquema ilustrativo do aparato experimental



Os experimentos de ozonização catalítica e não-catalítica foram realizados em triplicata. O reator foi preenchido com 250 mL de solução aquosa de SH (concentração inicial = 750 mg L⁻¹; pH inicial = 9,5) e 0,1 g de MLG (apenas para ozonização catalítica), bem como quantidades apropriadas de soluções de H₂SO₄ ou NaOH para correção do pH. Posteriormente a solução foi submetida à agitação magnética (Fisatom 752A, Brasil) e o gás ozônio foi inserido no reator, e as alíquotas da solução aquosa foram coletadas em vários intervalos de tempo, centrifugadas e filtradas.

Análises de cor e carbono orgânico

A cor foi analisada utilizando-se um espectrofotômetro UV-Vis (PerkinElmer Lambda25) com um comprimento de onda de absorção máxima de 436 nm. Foi utilizado um analisador TOC (Shimadzu TOC-L CPH/CPN) para análise do TOC.

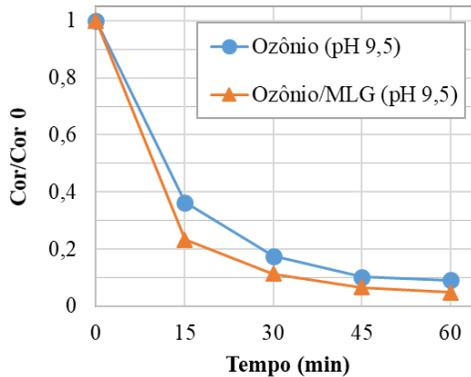
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do tempo de reação na remoção de cor

Processos de descolorização usando ozônio geralmente produzem resultados rápidos, onde o tempo não é uma variável significativa. Corroborando isso, os resultados da Fig. 2 mostram que a cor da solução de substâncias húmicas foi drasticamente reduzida para 64% em apenas 15 minutos de reação apenas com gás ozônio. Após 45 min,

o impacto do tempo de reação na eficiência de remoção de cores após esse momento é quase nulo e a remoção atinge 91% aos 60 min.

Figura 2 - Comparação entre a remoção de cor por ozonização não-catalítica e o por ozonização catalítica com MLG.



Apesar da alta eficiência injetando apenas ozônio na solução, decidimos verificar se a presença de MLG, com ozônio combinado, poderia interferir no processo de remoção de cores. Com adição de MLG, a eficiência na remoção de cor subiu para 77% em 15 min e chegou a 95% após 60 min de reação. Com base nos resultados da Fig. 2, pode-se concluir que a remoção de cores em soluções contendo SH é fortemente dependente do tempo de exposição ao ozônio e é melhorada pela presença de materiais catalíticos.

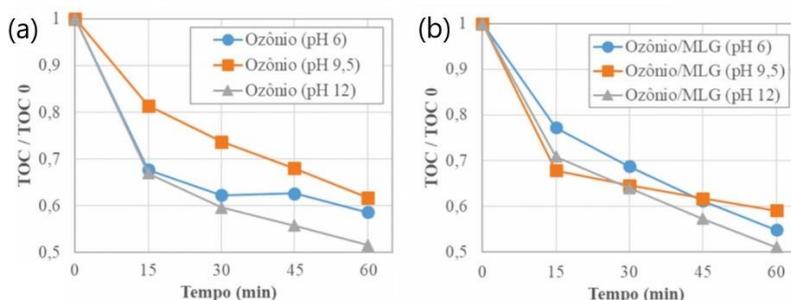
Oxidação de carbono orgânico total (TOC) em soluções de substâncias húmicas

O parâmetro mais importante das águas residuais é a cor; no entanto, este parâmetro único não garante que a matéria orgânica, presente nessas soluções, tenha sido parcial ou completamente mineralizada (oxidada). Assim, foram realizadas medidas de carbono orgânico total (TOC) para verificar o efeito do tempo de reação na capacidade de oxidação catalítica. A Fig. 3 mostra o TOC/TOC₀ normalizado (onde o TOC₀ é o total orgânico de carbono estimado a partir da solução bruta) em soluções de SH por (a) ozonização não-catalítica e (b)

ozonização catalítica com MLG, ao longo de 1 hora de reação, partindo de diferentes valores iniciais de pH.

Os resultados indicam que o teor de carbono orgânico total nas soluções diminuiu gradualmente com o tempo de reação. As taxas de remoção de TOC em 60 min utilizando apenas ozônio (Fig. 3a) foram de 41%, 38% e 48% com valores iniciais de pH de 6; 9,5 e 12, respectivamente. A reação de ozonização não-catalítica partindo do pH natural da solução (9,5) foi a que apresentou pior resultado. Já utilizando ozônio em conjunto com o catalisador MLG (Fig. 3b) as taxas de remoção de TOC em 60 minutos foram de 45%, 41% e 49%, com valores iniciais de pH de 6; 9,5 e 12, respectivamente. Esses resultados indicam uma pequena melhora na eficiência do processo quando iniciado com pH 6 ou 9,5, mas a melhora foi quase nula com pH 12.

Figura 3 - Remoção de TOC nas soluções de SH; (a) ozonização não-catalítica e (b) ozonização catalítica com MLG



A Fig. 3 também mostra que a melhora na eficiência de remoção de TOC devido a adição de MLG tende a ser maior nos primeiros 15 minutos de reação e diminui ao longo do tempo, o que foi mais expressivo especialmente para a reação sem ajuste do valor inicial de pH. Essa diminuição da melhora causado pela adição de MLG pode ser em parte explicada pelo fato de que as grandes moléculas de SH foram degradadas em pequenas moléculas de sub-produtos orgânicos, que não podiam mais ser mineralizadas pelos agentes oxidantes.

CONCLUSÕES

A adição do material MLG como catalisador aumentou a eficiência do processo de ozonização para remoção de cor e também para remoção de TOC. Esses resultados colocam a ozonização catalítica como uma alternativa para a remoção de SH, encontradas naturalmente em corpos hídricos, prejudicando a eficiência dos sistemas de tratamento de água. Este trabalho contribuiu para ampliar as opções de catalisadores que podem ser utilizados para aumentar a eficiência das estações de tratamento de efluentes, indicando que o MLG tem potencial para esse fim. Corroborando essa conclusão há o fato de que MGL é um material livre de metais, principalmente livre de metais nobres e de transição, que são tóxicos e podem poluir o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AN, Chunjiang et al. Removal of sulfonated humic acid from aqueous phase by modified coal fly ash waste: equilibrium and kinetic adsorption studies. **Fuel**, v. 165, p. 264-271, 2016.
- ASGARI, Ghorban et al. Investigation on the pyrolysis of cow bone as a catalyst for ozone aqueous decomposition: kinetic approach. **Journal of Analyt. and App. Pyrolysis**, v. 99, p. 149-154, 2013.
- JIN, Pengkang et al. Selective binding behavior of humic acid removal by aluminum coagulation. **Environmental Pollution**, v. 233, p. 290-298, 2018.
- JUNG, Jong-Tae; LEE, Won-Hee; KIM, Jong-Oh. Photodegradation and permeability of conventional photocatalytic reactor and two different submerged membrane photocatalytic reactors for the removal of humic acid in water. **Desal. and Water Treat.**, v. 57, n.55, p. 26765-26772, 2016.
- LEE, Ji-Eun et al. Catalytic ozonation of humic acids with Fe/MgO. **Korean Journal of Chemical Engineering**, v. 22, n. 4, p. 536-540, 2005.
- MOHD YUSOF, Mohammad Amirul; ABU SEMAN, Mazrul Nizam; HILAL, Nidal. Development of polyamide forward osmosis membrane for humic acid removal. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 60, p. 29113-29117, 2016.
- MOUSSAVI, Gholamreza; ALAHABADI, Ahmad; YAGHMAEIAN, Kamyar. Investigating the potential of carbon activated with NH₄Cl for catalyzing the degradation and mineralization of antibiotics in ozonation process. **Chem. Engineering Research and Design**, v. 97, p. 91-99, 2015.

OSKOEI, V. et al. Removal of humic acid from aqueous solution using UV/ZnO nano-photocatalysis and adsorption. **Journal of Molecular Liquids**, v. 213, p. 374-380, 2016.

SEREDYŃSKA-SOBECKA, Bożena; TOMASZEWSKA, Maria; MORAWSKI, Antoni W. Removal of humic acids by the ozonation–biofiltration process. **Desalination**, v. 198, n. 1-3, p. 265-273, 2006.

TURKAY, Ozge; INAN, Hatice; DIMOGLO, Anatoli. Experimental and theoretical study on catalytic ozonation of humic acid by ZnO catalyst. **Separation Science and Technology**, v. 52, n. 4, p. 778-786, 2017.

WANG, Jin Nan et al. Study on the influence of humic acid of different molecular weight on basic ion exchange resin's adsorption capacity. **Chinese Chemical Letters**, v.20, n.12, p.1478-1482, 2009.

WANG, Xuejiang et al. Adsorption–photodegradation of humic acid in water by using ZnO coupled TiO₂/bamboo charcoal under visible light irradiation. **Journal of hazardous materials**, v. 262, p. 16-24, 2013.

WU, Chung-Hsin; KUO, Chao-Yin; CHANG, Chung-Liang. Homogeneous catalytic ozonation of CI Reactive Red 2 by metallic ions in a bubble column reactor. **Journal of hazardous materials**, v. 154, n. 1-3, p. 748-755, 2008.

O IV Workshop de Política de Uso e Governança do Solo e o III Seminário Sustentabilidade em Recursos Hídricos foram realizados em uma reunião sobre o tema central “Segurança Hídrica em Bacias Hidrográficas”. As atividades de discussão sobre o tema enfatizaram a troca de ideias e experiências técnicas e científicas, bem como demonstraram a aplicação de metodologias, técnicas e habilidades, a partir do processo ensino-aprendizagem, onde os participantes foram convocados a participar do evento ativamente, interagindo com os temas abordados. O evento teve caráter prático e sua realização promoveu uma abertura ao diálogo por parte dos palestrantes, mediadores e debatedores. As Mesas Redondas proporcionaram exposições de trabalhos científicos para um modelo de gestão sustentável dos recursos hídricos e solo, visando a Agenda 2030 e os 17 ODS com vistas à governança ambiental, social e corporativa nas empresas e nas instituições de ensino, pesquisa e extensão.

