



Estudos Avançados em Conservação e Biodiversidade



Patricia Almeida Sacramento
Yara Campos Miranda
(Organizadoras)



Estudos Avançados em Conservação e Biodiversidade



Patricia Almeida Sacramento
Yara Campos Miranda
(Organizadoras)

Editora Chefe

Marcia A. A. Marques

Coordenadora Editorial

Isabela Arantes Ferreira

Bibliotecária

Aline Grazielle Benitez

Diagramação

Marcos Antonio Ribeiro Pereira

Arte da Capa

Matheus Lacerra

Imagem da Capa

Freepik

Revisão

Os Autores

O conteúdo deste livro está licenciado sob uma licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).



2022 by Bookerfield Editora

Copyright © Bookerfield Editora

Copyright do Texto © 2022 Os autores

Copyright da Edição © 2022 Bookerfield Editora

Os autores cedem à Bookerfield Editora os direitos para esta edição

Esta obra é de natureza digital (e-book). Versões impressas são permitidas, não tendo a Bookerfield Editora qualquer responsabilidade pela confecção e distribuição de exemplares físicos deste conteúdo.

Todos os manuscritos da obra passaram por rigorosa avaliação cega pelos pares, baseadas em critérios científicos e imparciais, recebendo a aprovação após atender os critérios técnicos estabelecidos pelo Conselho Editorial.

Todo o conteúdo do livro e de artigos individuais é de responsabilidade exclusiva de seus respectivos autores, não sendo a Bookerfield Editora responsável por quaisquer eventuais irregularidades.

Situações como plágio, má conduta ética/científica ou dados e resultados fraudulentos são de responsabilidade do autor, comprometendo-se a Bookerfield Editora em investigá-las rigorosamente e tomar as ações cabíveis.

O download, compartilhamento e referenciação da obra são permitidos mediante atribuição de crédito aos autores e à Editora. A comercialização desta obra é expressamente proibida.

CONSELHO EDITORIAL

Ciências Agrárias

Afrânio Silva Madeiro
Alirya Magda Santos do Vale Gomes
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
André Giarola Boscarato
Carlos Eugenio Fortes Teixeira
Daniela Kunkel
Daniele Cristina Ficanha
Elson Barbosa da Silva Junior
Fabiana Schiochet
Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti
Fernanda Morcatti Coura
Flávio José Rodrigues Cruz
Guilherme Donadel
Heiriane Martins Sousa
Jairton Fraga Araujo
João Francisco Severo Santos
Joelma Leão Buchir
Kleber Fernando Pereira
Maria Cristina Bueno Coelho
Monyck Jeane dos Santos Lopes
Pablo Daniel Freitas Bueno
Renato Jaqueto Goes

Ciências Biológicas

Afrânio Silva Madeiro
Alirya Magda Santos do Vale Gomes
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
André Giarola Boscarato
Carlos Eugenio Fortes Teixeira
Daniela Kunkel
Daniele Cristina Ficanha
Elson Barbosa da Silva Junior
Fabiana Schiochet
Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti
Fernanda Morcatti Coura

Flávio José Rodrigues Cruz
Guilherme Donadel
Heiriane Martins Sousa
Jairton Fraga Araujo
João Francisco Severo Santos
Joelma Leão Buchir
Kleber Fernando Pereira
Maria Cristina Bueno Coelho
Monyck Jeane dos Santos Lopes
Pablo Daniel Freitas Bueno
Renato Jaqueto Goes

Ciências da Saúde

Alexandre Visconti Brick
Aline Correa de Carvalho
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
André de Araújo Pinto
Andressa Ribeiro Contreira
Bárbara de Lima Lucas
Bianca Barros da Costa
Carlos Vinícius Pagani Vieira Machado
Débora Cristina Damasceno
Deborah Margatho Ramos Gonçalves
Diogo de Sousa Martins
Elisângela Rodrigues Carrijo
Emanuel Tenório Paulino
Estélio Henrique Martin Dantas
Eveline Fernandes Vale
Fabiana Leticia Sbaraini
Fabio José Antonio da Silva
Jaqueline Rocha Borges dos Santos
João Francisco Severo Santos
José Aderval Aragão
José Roberto Zaffalon Júnior

Jovino Gentilini Junior
Juliane Campos Inácio
Líncon Bordignon Somensi
Luciane Cristina Arantes
Marcela Melo dos santos
Marcello Alberton Herdt
Marcelo de Oliveira Pinto
Marcos Guimarães de Souza Cunha
Maria Patricia Costa Villela
Nara Michelle Moura Soares
Paulo Celso Budri Freire
Pedro Paulo Gattai Gomes
Raquel Ayres
Renata Oliveira de Barcelos
Renato Carlos Machado
Roberson Geovani Casarin
Rogério Wagner da Silva
Sergio Ibañez Nunes
Sheila Moura Amaral
Taíza Fernanda Ramalhais
Vivian Victoria Vivanco Valenzuela

Ciências Exatas e da Terra

Andrea Sartori Jabur
Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior
Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Dalvani Fernandes
Evandro Preuss
Gerson Cruz Araujo
Gisane Aparecida Michelin
Henrique Mariano Costa do Amaral
Henrique Pereira Oliveira d`Eça
Neves
Isidro ihadua
João César Abreu de Oliveira Filho
Lívia Sancho
Manolo Cleiton Costa de Freitas
Marcos Vinicius de Oliveira Peres
Paulo Celso Budri Freire
Sonia Tomie Tanimoto

Tânia do Carmo
Vagner Marques de Moura
Valdecir Alves dos Santos Júnior

Ciências Humanas

Ana Margarida Theodoro Caminhas
Ana Maria Senac Figueroa
Anderson Dantas da Silva Brito
Breno Henrique Ferreira Cypriano
Bruno Cezar Silva
Camila Bueno Grejo
Camila de Vasconcelos Tabares
Cássia Maria Bonifácio
Dalvani Fernandes
Edonilce da Rocha Barros
Elisângela Rodrigues Carrijo
Eulalia Fabiano
João César Abreu de Oliveira Filho
João Francisco Severo Santos
Josael Jario Santos Lima
Luciano Sérgio Ventin Bomfim
Marcos Pereira dos Santos
Marcos Pereira Magalhães
Miguel Rodrigues Netto
Rebecca Bianca de Melo Magalhães
Roberson Geovani Casarin
Taíza Fernanda Ramalhais
Tatiane dos Santos Duarte

Ciências Sociais Aplicadas

Ana Margarida Theodoro Caminhas
Bruno Cezar Silva
Camila Augusta Alves Pereira
Camila Nathalia Padula de Godoy
Dandara Scarlet Sousa Gomes
Bacelar
Daniel Nascimento e Silva
Darline Maria Santos Bulhões
Denise Tanaka dos Santos
Elisângela Rodrigues Carrijo

Eulalia Fabiano
Fabio Adriano Stürmer Kinsel
Fabricio Lemos de Siqueira Mendes
Gelson Mario Filho
Hector Rodrigo Ribeiro Paes Ferraz
Helga Midori Iwamoto
Horácio Monteschio
João Francisco Severo Santos
Josael Jario Santos Lima
Leandro Nunes Soares da Silva
Lucas Rosas de Freitas Sá Barreto
Miguel Rodrigues Netto
Nagib Abrahão Duailibe Neto
Nelson Calsavara Garcia Junior
Patrícia Loureiro Abreu Alves
Barbosa
Renato Obikawa Kyosen
Sandy Rodrigues Faidherb
Silvia Helena Ribeiro Cruz
Solange Kileber
Stella Villela Florêncio
Thiago Nery Pandolfo
Veyzon Campos Muniz
Ygor de Siqueira Mendes Mendonça

Engenharias

Alejandro Victor Hidalgo Valdivia
Alex Milton Albergaria Campos
Ana Carla Fernandes Gasques
Andrea Sartori Jabur
Arlete Barbosa dos Reis
Cristhiane Michiko Passos Okawa
Daniele Cristina Ficanha
Diego Matheus Sanches
Elaine Patricia Arantes
Fernando Oliveira de Andrade
Henrique Mariano Costa do Amaral
Jefferson Sousa Farias
Laís Roberta Galdino de Oliveira
Leila Cristina Nunes Ribeiro

Letícia Reis Batista Rosas
Marcelo Henrique da Silva
Marcelo Marques
Marcos Guimarães de Souza Cunha
Mileni Cristina da Silva
Renata Jardim Martini
Thiago Averaldo Bimestre
Tiago Brandão Costa
Valdecir Alves dos Santos Júnior

Linguística, Letras e Artes

Adriana dos Reis Silva
Anderson Dantas da Silva Brito
Danuzia Marjorye Santos de Araújo
Jane Catia Pereira Melo
Luceni Lazara da Costa Ribeiro
Márcia Donizete Leite-Oliveira
Maria Christina da Silva Firmino
Cervera
Simone Oliveira Vieira Peres
Thiago Blanch Pires
Vera Regiane Brescovici Nunes

Multidisciplinar

Alejandro Victor Hidalgo Valdivia
Ana Carla Fernandes Gasques
Ana Margarida Theodoro Caminhas
Andrea Sartori Jabur
Arlete Barbosa dos Reis
Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Cristhiane Michiko Passos Okawa
Érika Alves Tavares Marques
Fabricio Lemos de Siqueira Mendes
Fernando Oliveira de Andrade
Isidro ihadua
José Amorim
Marcelo Marques

Estudos Avançados em Conservação e Biodiversidade

Editora Chefe Marcia A. A. Marques
Coordenadora Editorial Isabela Arantes Ferreira
Bibliotecária Aline Grazielle Benitez
Diagramação Marcos Antonio Ribeiro Pereira
Revisão Os Autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Estudos avançados em conservação e biodiversidade
[livro eletrônico] / organização Patricia
Almeida Sacramento, Yara Campos Miranda. --
São Paulo : Bookerfield, 2022.
PDF.

Bibliografia.
ISBN 978-65-89929-71-0

1. Biodiversidade 2. Conservação da natureza
3. Meio ambiente 4. Sustentabilidade ambiental
I. Sacramento, Patricia Almeida. II. Miranda,
Yara Campos.

22-123470

CDD-333.9516

Índices para catálogo sistemático:

1. Biodiversidade : Conservação : Educação ambiental
: Economia 333.9516

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

DOI 10.53268/BKF22080400

Bookerfield Editora
São Paulo – Brasil
Telefone: +55 (11) 98441-4444
www.bookerfield.com
contato@bookerfield.com



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores declaram não haver qualquer interesse comercial ou irregularidade que comprometa a integridade desta obra; declaram que participaram da elaboração e revisão da obra, atestando a confiabilidade dos dados e resultados; declaram que a obra está livre de plágio acadêmico; declaram que a publicação desta obra não fere qualquer outro contrato por eles firmados; declaram ter atendido eventuais exigências de outras partes, como instituições financiadoras, para a publicação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Este livro reúne estudos relevantes relacionados aos avanços em conservação e biodiversidade.

Por meio do primeiro capítulo foi realizada a caracterização molecular de amostras de *Escherichia coli* produtora da toxina Shiga (STEC). Se constitui em um microrganismo agente de infecções de amplo espectro clínico. O estudo contribuiu para a constatação de que a elevada prevalência de STEC em bovinos clinicamente sadios confirma o seu papel como importantes reservatórios ambientais. A ampla circulação desses patógenos em animais de propriedades rurais, em especial, aquelas cujas condições de infraestrutura e boas práticas de manejo são insatisfatórias, representa um sério risco ambiental de concentração desses microrganismos, propiciando a exposição e a ocorrência de doenças e das demais manifestações clínicas relacionadas ao patógeno.

A degradação de áreas vegetadas se constitui em uma das principais alterações resultantes das atividades humanas. O emprego de técnicas de recuperação podem se basear em fatores bióticos e abióticos. Por meio do segundo capítulo foi realizada uma revisão narrativa, relacionando a contribuição da polinização na recuperação de áreas degradadas e a compreensão do equilíbrio entre plantas e agentes polinizadores. Algumas das técnicas incluíram o plantio de espécies, nucleação e regeneração natural, que contribuíram com a recuperação de ecossistemas degradados.

O terceiro capítulo investiga a presença de algumas espécies de hidromedusas na Bacia de Campos. A espécie *Aglaura hemistoma* foi encontrada em todas as massas de água na região, em ambos os períodos, com significativa contribuição na composição das comunidades em cada massa de água. Conjuntamente, *Liriope tetraphylla* e *Corymorpha gracilis* foram espécies indicativas da Água Tropical (AT), enquanto as espécies *Sminthea eurygaster* e *Amphogona apicata* foram indicativas da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e *Halicreas minimum* da Água Intermediária Antártica (AIA). O estudo contribui para uma melhor compreensão da diversidade de hidromedusas para as regiões mesopelágicas e batipelágicas na Bacia de Campos.

As abelhas se destacam como principais polinizadores de culturas agrícolas e de ambientes naturais. Pelo quarto capítulo foi analisado o efeito do incremento de polinizadores em um cultivo de tomate, utilizando *Melipona quadrifasciata* como objeto de estudo. Para tanto, o efeito da visitação de abelhas na produção e na qualidade dos frutos do tomateiro foi avaliado antes e após a introdução de ninhos de *M. quadrifasciata* na área de cultivo. O estudo constatou que o número de sementes dos frutos foi maior após o incremento de polinizadores, concluindo-se que a *M. quadrifasciata* apresenta

grande potencial para a polinização do tomateiro em cultivo aberto, mas que para que a introdução das colônias seja possível é necessário repensar o manejo tradicionalmente utilizado nessa cultura.

Por meio do quinto capítulo é apresentada uma metodologia rápida e viável que permite avaliar a estrutura física dos riachos e, remetem à condição do estado de conservação dos corpos hídricos. A metodologia é denominada Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) e foi aplicada com o objetivo de investigar a condição de conservação de riachos inseridos no município de Umuarama, localizado na região noroeste do estado do Paraná, sob a formação de solo do tipo Arenito-Caiuá.

Entre os fatores que podem influenciar a vulnerabilidade ambiental de um local, o presente estudo trata da influência da declividade e da intensificação da ocupação irregular. A combinação entre estes dois fatores pode intensificar os impactos ambientais. A identificação e priorização de áreas de fragilidade facilita o planejamento territorial. Por meio do sexto capítulo foi analisada a vulnerabilidade ambiental das propriedades rurais do município de Cruzeiro do Oeste, localizado na região noroeste do Paraná. Pela elaboração de um mapa de vulnerabilidade ambiental foi constatado um alto nível de vulnerabilidade nos entornos dos corpos hídricos, justificando a realização de programas de regularização ambiental das propriedades rurais, priorizando as áreas com maior fragilidade ambiental.

Boa leitura!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR DE AMOSTRAS DE *ESCHERICHIA COLI* CARREADORAS DOS GENES *STX* ISOLADAS DE BOVINOS DE REGIÕES AGROPECUÁRIAS BRASILEIRAS 13

Cristiane Mara Silva da Costa
Adriana Hamond Regua Mangia
Alice Gonçalves Martins Gonzalez
Bruno Gomes de Castro
Denis Yukio Otaka
DOI: 10.53268/BKF22080401

CAPÍTULO 2

CONTRIBUIÇÃO DA POLINIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: UMA REVISÃO NARRATIVA..... 31

Ana Carolina Saldanha Paulino
Yara Campos Miranda
Patrícia Almeida Sacramento
DOI: 10.53268/BKF22080402

CAPÍTULO 3

DIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DAS HIDROMEDUSAS NA BACIA DE CAMPOS (SUDESTE – BRASIL) 46

Paula Keshia Rosa Silva
Renato Mitsuo Nagata
Otto Müller Patrão de Oliveira
DOI: 10.53268/BKF22080403

CAPÍTULO 4

INCREMENTO DE POLINIZADORES EM CULTIVOS DE TOMATE: UM RELATO DE CASO COM A INTRODUÇÃO DE NINHOS DE MANDAÇAIA (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier) 62

Bárbara Matos da Cunha Guimarães
Fernanda Helena Nogueira Ferreira
DOI: 10.53268/BKF22080404

CAPÍTULO 5

AVALIAÇÃO DA CONSERVAÇÃO DE RIACHOS POR MEIO DE PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA NA FORMAÇÃO ARENITO-CAIUÁ	77
--	-----------

Rafaela Moreira

Yara Campos Miranda

Patrícia Almeida Sacramento

DOI: 10.53268/BKF22080405

CAPÍTULO 6

UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE APOIO PARA A ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO OESTE - PR	93
---	-----------

Marcela Barbosa dos Santos

Patrícia Almeida Sacramento

Yara Campos Miranda

DOI: 10.53268/BKF22080406

ÍNDICE REMISSIVO	106
-------------------------------	------------

SOBRE AS ORGANIZADORAS.....	108
------------------------------------	------------

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR DE AMOSTRAS DE *Escherichia coli* CARREADORAS DOS GENES STX ISOLADAS DE BOVINOS DE REGIÕES AGROPECUÁRIAS BRASILEIRAS

Cristiane Mara Silva da Costa

lattes.cnpq.br/3838944229405795

Instituto de Desenvolvimento
Agropecuário e Florestal Sustentável
do
Estado do Amazonas, Autazes-AM

Adriana Hamond Regua Mangia

lattes.cnpq.br/7739536251589888

Fundação Oswaldo Cruz, Escola
Nacional de Saúde Pública
Departamento de Ciências
Biológicas, Rio de Janeiro-RJ.

Alice Gonçalves Martins Gonzalez

lattes.cnpq.br/4850195722023804

Universidade Federal Fluminense
Faculdade de Farmácia, Higiene e
Microbiologia de Alimentos, Niterói-
RJ.

Bruno Gomes de Castro

lattes.cnpq.br/3422759259130585

Universidade Federal do Mato
Grosso, Campus Universitário de
Sinop-MT

Denis Yukio Otaka

lattes.cnpq.br/1201297509668228

Coordenadoria de Defesa
Agropecuária do Estado de São
Paulo, São Paulo-SP.

RESUMO - *Escherichia coli* produtora da toxina Shiga (STEC) é um microrganismo agente de infecções de amplo espectro clínico incluindo desde quadros assintomáticos, casos diarreicos leves até doenças extra intestinais graves caracterizadas por anemia hemolítica microangiopática, trombocitopenia e insuficiência renal aguda. Além da produção de toxina Shiga, a expressão de intimina e a produção de enterohemolisinas são atributos de virulência também descritos no grupo patogênico. Ruminantes, especialmente bovinos, são reconhecidos como o principal reservatório das STEC e o manejo inadequado desses animais pode representar um risco de contágio e de disseminação desses patógenos. O estudo incluiu 301 isolados de *E. coli* obtidos de amostras fecais de bovinos, com e sem diarreia, de regiões agropecuárias brasileiras no Rio de Janeiro e em Rondônia. As amostras bacterianas foram caracterizadas quanto ao polimorfismo genético e a presença de marcadores genéticos codificadores de virulência e dos grupos antigênicos associados ao

patotipo. Ensaio moleculares revelaram que 55,5% (167/301) das amostras de *E. coli* foram carreadoras do gene *stx*, 36,2% (109/301) e 21,3% (64/301) dos genes *eae+* e *ehxA+*, respectivamente. Dentre as STEC, 24 foram isoladas do Rio de Janeiro (14,4%, 24/167) e 143 de Rondônia (85,6%, 143/167). Treze genótipos de virulência foram observados: *stx*₁/*stx*₂/*eae/ehxA*, *stx*₁/*stx*₂/*eae*, *stx*₁/*stx*₂/*ehxA*, *stx*₁/*stx*₂, *stx*₁/*eae/ehxA*, *stx*₁/*ehxA*, *stx*₁, *stx*₂/*eae/ehxA*, *stx*₂/*eae*, *stx*₂/*ehxA*, *stx*₂, *eae/ehxA* e *ehxA*). 3,6% (6/167) e 93,4% (156/167) das STEC foram carreadoras dos genes *rfb*_{O113} e *rfb*_{O157}⁺, respectivamente, sendo 64,1% desses *rfb*_{O157}⁺_{h7}⁺ (100/156). A tipagem da região LEE revelou os subtipos *eae*α (3/109), *eae*β (6/109), *eae*γ (4/109), *tira* (2/109), *tir*β (3/109), *tir*γ (3/109), *espA*α (3/109), *espA*β (0/109), *espA*γ (0/109), *espB*α (1/109), *espB*β (9/109) e *espB*γ (0/109). A filogrupagem classificou as STEC nos grupos A (44,9%), B1 (47,3%), D (6,6%) e B2 (1,2%). A tipagem pelo RAPD-revelou uma ampla diversidade genética entre as STEC indicando constituir uma população bacteriana de origem não clonal. A elevada prevalência de STEC em bovinos clinicamente sadios confirma o seu papel como importantes reservatórios ambientais. A ampla circulação desses patógenos em animais de propriedades rurais, em especial, aquelas cujas condições de infraestrutura e boas práticas de manejo são insatisfatórias, representa um sério risco ambiental de concentração desses microrganismos, propiciando a exposição e a ocorrência de doenças e das demais manifestações clínicas relacionadas ao patógeno.

PALAVRAS-CHAVE: *Escherichia coli*; STEC; Virulência; Filogrupos; Diversidade genética.

1. INTRODUÇÃO

Escherichia coli produtora de toxina Shiga ou STEC constitui uma das categorias diarreio gênicas de *Escherichia coli* com habilidade de produzir potentes citotoxinas que inibem a síntese proteica de células eucarióticas. Estas toxinas constituem o principal fator de virulência das STEC caracterizando dois grupos principais: Stx1 e Stx2 (Hunt *et al.*, 2010). Além das STX, as STEC podem estar envolvidas com uma aderência íntima que destrói as microvilosidades intestinais e induz a formação de uma estrutura em forma de pedestal caracterizando a lesão A/E (“*attaching and effacing*”). Estudos com células epiteliais em cultura revelaram que a lesão A/E envolve a ação conjunta da uma proteína de membrana externa conhecida como intimina, codificada pelo gene *eae*, e de diversos outros genes (China *et al.*, 1996). O principal locus genético desses marcadores é localizado na ilha de patogenicidade conhecida como região LEE (*Locus of Enterocyte Effacement*). Outro fator de virulência que pode estar presente é a proteína enterohemolisina (Ehly), que se insere na membrana plasmática das células eucariotas e forma poros. Ehly é codificada pelo gene *ehxA*, localizado no mega plasmídeo de 60MDa (Schmidt *et al.*, 1999).

Os ruminantes, principalmente os bovinos, são reconhecidos como

o principal reservatório desses microrganismos e, portanto, atuam como a principal fonte de infecção e disseminação (Caprioli *et al.*, 2005; Kolenda *et al.*, 2015). Esses animais não são afetados pelo patógeno e são identificados como excretadores assintomáticos do microrganismo que podem atuar como hospedeiros ou carreadores transitórios em sua microbiota intestinal (Caprioli *et al.*, 2005; Kolenda *et al.*, 2015). Uma vez eliminada através das fezes, a STEC é disseminada de forma direta ou indireta, atingindo a cadeia alimentar dos seres humanos podendo causar surtos de diarreia e epidemias, e ocasionar severas complicações sistêmicas como a anemia hemolítica, a síndrome hemolítica urêmica (SHU) e até mesmo evoluir para a morte (Nataro & Kaper, 1998).

Alguns fatores como a idade dos animais e temperatura ambiente também podem influenciar na presença da STEC O157 em fezes de gado (Cray e Moon, 1995; Garber *et al.*, 1995; Chapman *et al.*, 1997; Dunn *et al.*, 2004).

O sorotipo O157:H7 é de grande impacto para a indústria láctea, por sua alta virulência e a baixa dose infectante (Farrokh *et al.*, 2012). A falta de higiene em propriedades produtoras de leite representa um potencial risco para a contaminação, já que produtos lácteos oferecem condições nutricionais favoráveis para a proliferação desse agente (Farrokh *et al.*, 2012). Observou-se que para reduzir a contaminação ambiental por STEC é necessário um manejo adequado dos dejetos dos bovinos, limpeza e desinfecção de baias, comedouros e bebedouros, sempre disponibilizando água potável para os animais (Stevens *et al.*, 2002). Além disso, é importante evitar a introdução de novos animais no rebanho, principalmente bezerras e novilhas, sem que estes passem antes por um período de quarentena. Adicionalmente, controlar o contato entre bezerras e vacas, assim como a presença de animais de outras espécies, domésticos ou selvagens, podem atuar como medidas preventivas e minimizar a dispersão por possíveis vetores (Stevens *et al.*, 2002, Rahn *et al.*, 1997).

O presente estudo foi conduzido visando investigar a prevalência de isolados STEC em rebanhos bovinos de importantes regiões agropecuárias brasileiras e caracterizar geneticamente visando elucidar aspectos da diversidade e da virulência desses enteropatógenos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo incluiu 58 bovinos, com idade variando de 1 mês a 15 anos, de propriedades agropecuárias localizadas nos estados do Rio de Janeiro (duas propriedades com 20 bovinos no total) e de Rondônia (seis propriedades com 38 bovinos no total).

O material fecal coletado após emissão espontânea foi transportado em meio Cary Blair e semeados nos meios seletivos para enterobactérias ágar azul de metileno (EMB - Difco®) e ágar MacConkey Sorbitol (Difco®).

As colônias bacterianas foram selecionadas com base nas características morfofisiológicas sugestivas da espécie e submetidas a provas bioquímicas utilizando-se os meios EPM, MILi e Citrato de Simmons (Probac do Brasil®) para a identificação da espécie bacteriana. No meio EPM o padrão bioquímico para *E. coli* consiste em produção de gás em glicose (+), utilização da glicose (+), produção de sulfeto de hidrogênio (-), hidrólise da ureia (-) e desaminação do triptofano (-). No meio MILi é observada motilidade (+/-), produção de indol (+) e descarboxilação de lisina (+/-) (Koneman *et al.*, 2008). As amostras bacterianas identificadas bioquimicamente como *Escherichia coli* foram estocadas e congeladas para posterior caracterização molecular. A cada teste foram avaliados o grau de pureza e a viabilidade das células bacterianas.

Todos os isolados de *E. coli* foram submetidos à extração de DNA para a investigação do potencial de virulência e da diversidade genética.

Para a extração do DNA as amostras foram semeadas em ágar de tripticaseína de soja (TSA - Difco®) e incubadas a 37°C por 18-24 horas. Após o período de crescimento, as células bacterianas foram ressuspensas em 100µL de tampão TE (Tris-HCl 10mM, EDTA 0,1mM, H₂O q.s.p. - 100mL, pH 7.5), submetidas à fervura por 10 minutos e centrifugado a 12.000 rpm por cerca de 1 minuto.

O lisado bacteriano foi utilizado como fonte de DNA para a detecção dos seguintes marcadores genéticos: *stx*₁, *stx*₂, *eae*, *ehxA*, *rfb*_{O113'}, *rfb*_{O157'}, *rfb*_{O111'}, *rfbE*_{O157'}, *fliC*_{h7}, *chuA*, *yjaA* e o fragmento de DNA TspE4.C2; segundo recomendações de Paton e Paton (1998), Paton e Paton (1999), China e colaboradores (1999), Gordillo e colaboradores (2011) e Clermont e colaboradores (2000). Como controles de reação foram utilizadas as cepas ATCC E30138 (*rfbE*_{O157'}), a amostra clínica bovina 771 (*rfb*_{O113'}), as cepas ATCC E30138 (*stx*₂+ *eae*+ *ehxA*+), E40705 (*stx*₁+ *eae*+ *ehxA*+) e UPEC 46III (*chuA*+, *yjaA*+ e TspE4.C2+).

Os isolados carreadores do gene *eae*+ foram submetidas a ensaios de amplificação, amplificação para a detecção das variantes genéticas da região LEE: *eae*α, *eae*β, *eae*γ, *tira*, *tir*β, *tir*γ, *esp*α, *esp*β, *esp*γ, *esp*βα, *esp*ββ, *esp*βγ conforme descrito por China e colaboradores (1999). Como controles de reação foram utilizadas as cepas E2348 (*eae*α+ *tira*+ *esp*α+ *esp*βα+), B171 (*eae*β+ *tir*β+ *esp*αβ+ *esp*ββ+) e RJ581 (*eae*γ+ *tir*γ+ *esp*αγ+ *esp*βγ+).

Os isolados carreadores do gene *rfb*_{O157'}+ foram submetidos às reações de amplificação para a detecção dos genes *rfbE* e *fliC*_{h7} segundo recomendações de Gordillo e colaboradores (2011). Como controle de reação foi utilizada a cepa ATCC E30138 (*rfbE*+ *fliC*_{h7}+).

A amplificação randômica do DNA polimórfico (RAPD-PCR) foi realizada para os isolados carreadores dos genes *stx*_{1/2} seguindo a metodologia proposta por Pacheco e colaboradores (1997) utilizando os

iniciadores 1254 (5'-CCGCAGCCAA-3'), 1290 (5'-GTGGATGCCA-3') e A04 (5'-AATCGGGCTG3').

Para a observação dos produtos de amplificação aproximadamente 12µL do amplicon foram adicionados a 2µL de tampão de corrida (*gel loading buffer* - Invitrogen®), 6µL GelRed Nucleic Acid Stain (Uniscience) e submetidos à eletroforese em gel de agarose na concentração de 2% (p/v) (PCR - *stx*₁, *stx*₂, *eae* e *ehxA*), 1% (p/v) (PCR - *rfb*₀₁₅₇, *rfb*₀₁₁₁ e *rfb*₀₁₁₃); 2% (p/v) (PCR - *eaeα*, *eaeβ*, *eaeγ*, *tira*, *tirβ*, *tirγ*, *espAα*, *espAβ*, *espAγ*, *espBα*, *espBβ*, *espBγ*); 1% (p/v) (PCR - *rfb*₀₁₅₇ e *fliC*_{h7}); 1,5% (p/v) (PCR-RAPD) e 1,2% (p/v) (PCR-*chuA*, *yjaA*, TspE4.C2), preparado em tampão Tris-Borato-EDTA 0,5X. O gel foi inspecionado visualmente em transiluminador de luz ultravioleta (UVITec®, Cambridge, Reino Unido) e fotografados em sistema de captura de imagem digital (UVIPro silver®, Cambridge, Reino Unido). Para estimar o tamanho dos fragmentos obtidos foi utilizado o padrão de 100pb DNA ladder (Invitrogen®) (PCR - *stx*₁, *stx*₂, *eae* e *ehxA*/ *rfb*₀₁₅₇, *rfb*₀₁₁₁ e *rfb*₀₁₁₃/ *eaeα*, *eaeβ*, *eaeγ*, *tira*, *tir*, *tirγ*, *espAα*, *espAβ*, *espAγ*, *espBα*, *espBβ*, *espBγ*/ *rfb*₀₁₅₇ e *fliC*_{h7}/ *chuA*, *yjaA*, TspE4.C2) e 1Kb DNA ladder (Invitrogen®) (PCR-RAPD). A reprodutibilidade dos perfis foi avaliada observando-se a repetição do padrão eletroforético com base em diferentes reações de amplificação e de culturas do mesmo isolado. O critério para definição dos perfis RAPD foi baseado na presença, ausência e intensidade de bandas polimórficas após inspeção visual. Os perfis genéticos foram submetidos à análise computadorizada utilizando o sistema UVITEC-UVIPRO, programa UVIbandmap, versão 11.9. A análise de agrupamento e de interrelação genética utilizou o método UPGMA e o coeficiente Dice de similaridade aplicando a tolerância máxima de até 1,2%.

3. RESULTADOS

Um total de 301 amostras de *E. coli* foram isoladas de 58 bovinos. 62,5% dos isolados (188/301) foram fermentadoras de sorbitol (sorbitol+) e 37,5% (113/301) não fermentadoras (sorbitol-). No Rio de Janeiro foram isoladas 136 amostras de *E. coli* sendo 67,6% (92/136) fermentadoras de sorbitol (sorbitol+) e 32,4% (44/136) não fermentadoras (sorbitol-). Em Rondônia foram isoladas 165 amostras de *E. coli* sendo 58,2% (96/165) fermentadoras de sorbitol (sorbitol+) e 41,8% (69/165) não fermentadoras (sorbitol-).

Dos 301 isolados de *E. coli*, 167 (55,5%) foram diagnosticados como STEC sendo 2,4% (4/167) carreadoras do gene *stx*₁, 12% (20/167) do gene *stx*₂ e 85,6% (143/167) de ambos os genes *stx*₁/*stx*₂.

Do total dos isolados STEC, 14,4% (24/167) foram diagnosticados no Rio de Janeiro, sendo 8,3% carreadores do gene *stx*₁, 29,2% do gene *stx*₂ e 62,5% de ambos os genes. Em 45% (9/20) dos animais com idades de 1 mês a 8 anos foram detectados isolados *stx*₊, sendo isoladas amostras somente *stx*₁₊ e *stx*₂₊ de 55,56% (5/9) dos bovinos com 2 meses a 8 anos de idade.

E. coli carreadoras dos genes *stx* foram isoladas de bovinos sem enteropatia. Todas as propriedades do estado tinham sala de ordenha e somente em uma propriedade a atividade de ordenha era manual. No estado de Rondônia foi detectado STEC em 85,6% dos isolados, sendo 1,4% carreadores do gene *stx*₁+, 9,1% do gene *stx*₂+ e 89,5% de ambos os genes. Foram detectadas *E. coli stx*+, em 92,1% (35/38) dos bovinos desse estado, com idade variando de 4 a 15 anos, sendo que 88,6% (31/35) desses animais, com 5-15 anos de idade, apresentaram somente amostras carreadoras dos genes *stx*₁+ e *stx*₂+. STEC foram isoladas de animais sem enteropatias. Em todas as propriedades a atividade de ordenha era manual e realizada em sala de ordenha.

O gene *eae* foi detectado em 36,2% (109/301) dos isolados de *E. coli* dos quais 94,5% foram também carreadores dos genes *stx*₁+ e/ou *stx*₂+. O gene codificador da enterohemolisina (*ehxA*+) foi detectado em 21,3% (64/301) dos isolados de *E. coli* sendo 87,5% (56/64) também carreadoras dos genes *stx*₁ e/ou *stx*₂. No Rio de Janeiro (n=136) *E. coli eae*+ correspondeu a 17% (23/136) e *E. coli ehxA*+ a 14% (19/136). Dentre os isolados *E. coli eae*+ (n=23) e *ehxA*+ (n= 19), 78,3% e 63,2% eram também carreadoras dos genes *stx*, respectivamente. Com relação aos isolados de Rondônia, 52,1% (86/165) foram *eae*+ e 27,3% (45/165) *ehxA*+. Dentre as STEC desse estado (n=143), 59,4% (85/143) e 30,8% (44/143) eram também carreadoras dos genes *eae*+ *ehxA*+, respectivamente. Com base na combinação dos marcadores investigados foram detectados 11 genótipos de *E. coli* sendo os perfis *stx*₁/*stx*₂ (17,3%, 52/301), *stx*₁/*stx*₂/*eae* (14,9%, 45/301) e *stx*₁/*stx*₂/*eae* (13,9%, 42/301) os de maior prevalência. No Rio de Janeiro foram encontrados oito perfis genéticos distintos, sendo *stx*₁/*stx*₂/*eae*/*ehxA* (7,4%, 10/136) e *stx*₁/*stx*₂/*eae* (2,2%, 3/136) os de maior prevalência. No estado de Rondônia foram encontrados dez genótipos, sendo *stx*₁/*stx*₂ (30,3%, 50/165) e *stx*₁/*stx*₂/*eae*/*ehxA* (19,4%, 32/165) os de maior frequência.

O PCR sorogrupagem revelou que 3,6% (6/167) dos isolados STEC foram carreadoras do gene *rfb*_{O113} e 93,4% (156/167) do gene *rfb*_{O157}. Não foram detectadas isolados STEC carreadores do gene *rfb*_{O111}. Não foram detectados produtos de amplificação para esses determinantes genéticos em 3% (5/167) dos isolados STEC (Figura 2). Todos os isolados STEC do Rio de Janeiro (100%, 24/24) foram carreadores do gene *rfb*_{O157}, caracterizando-as como pertencentes ao sorogrupo O157. Em 4,2% (6/143) dos isolados STEC de Rondônia foram detectados o gene *rfb*_{O113}+, e nos demais (92,3% ,132/143) foram detectados gene *rfb*_{O157}, sendo considerados pertencentes ao sorogrupo O157. A PCR sorotipagem revelou que 64% (100/156) dos isolados caracterizados como STEC O157 também foram carreadoras do gene *fliC*_{h7} (Fig. 3). 36% (36/100) das STEC *rfb*_{O157} *fliC*_{h7} não fermentaram sorbitol e 75% (75/100) eram móveis. 35,9% (56/156) foram isolados *rfbE*+/*rfb*_{O157}+ dos quais 50% (28/56) fermentaram sorbitol+ e 21,4% (12/56) eram imóveis. Dos 24 isolados *rfbE*+ detectados no estado do Rio de Janeiro, 75% (18/24) foram *rfbE*+ e *fliC*_{h7}+, sendo que dessas 18, 11,1% (2/18) foram sorbitol- e 77,87%

móveis. Das 6 amostras somente *rfbE*⁺, 50% (3/6) são sorbitol⁺ e 33,3% (2/6) imóveis. Dentre os isolados de Rondônia, 62,1% (82/132) foram *rfbE*⁺ e *flic*_{h7}⁺, sendo que dessas 82, 41,5% (34/82) foram sorbitol⁻ e 74,4% (61/82) imóveis. 37,9% (50/132) dos isolados foram somente *rfbE*⁺. Dos 50 isolados *rfbE*⁺, 50% (25/50) foram sorbitol⁺ e 20% (10/50) imóveis.

A tipagem da região LEE detectou variantes genéticas em todos os genes investigados (*eae*, *tir*, *espA* e *espB*). Para o gene *eae* foram detectadas as variantes α , γ , β e NT (não tipável), para o gene *tir* as variantes α , γ , β e NT, para o gene *espA* as variantes α e NT e para o gene *espB* as variantes α , β e NT. Alelos não tipáveis caracterizaram distintos genótipos sendo os mais prevalentes: *eaeNT/TirNT/EspANT/EspBNT* (73,4%, 80/109), *eaeNT/tirNT/espANT/espB β* (6,42%, 7/109), *eae β /tirNT/espANT/espBNT* (4,59%, 5/109), *eaeNT/tir γ /espANT/espBNT* (2,75%, 3/109) e *eaeNT/tir β /espANT/espBNT* (1,83%, 2/109). Os demais genótipos tiveram representações únicas. Diferentes combinações genéticas entre os isolados STEC foram detectadas circulando em ambas as áreas geográficas, sendo as variantes *eaeBtirNTespANTespBNT* e *eaeNTtiraespANTespBNT* encontradas apenas no estado de Rondônia. Dos 109 isolados *eae*⁺ (103 *stx*⁺ e 6 *stx*⁻) os seguintes subtipos foram observados: *eae α* (3/109), *eae β* (6/109), *eae γ* (4/109), *tira* (2/109), *tir β* (3/109), *tir γ* (3/109), *espA α* (3/109), *espA β* (0/109), *espA γ* (0/109), *espB α* (1/109), *espB β* (9/109) e *espB γ* (0/109).

A filotipagem caracterizou os isolados STEC nos quatro grupos filogenéticos: A (44,9%), B1 (47,3%), D (6,6%) e B2 (1,2%). Para o filogrupo A foram detectados os genótipos -, -, - e -, +, - representando 19,8% (33/167) e 25,1% (42/167) do total de amostras respectivamente. O filogrupo B1 teve como representantes os genótipos -, -, + e -, +, + correspondendo a 38,9% (65/167) e 8,4% (14/167) do total de amostras respectivamente. O grupo filogenético B2 apresentou somente um genótipo, +, +, - representando 1,2% (2/167) do total de amostras. Já o grupo D apresentou os genótipos +, -, - e +, -, + correspondendo a 4,8% (8/167) e 1,8% (3/167) do total de amostras respectivamente. Dentre as STEC isoladas no Rio de Janeiro (n=24), o grupo filogenético A representou 58,3% (14/24) dos isolados seguido do B1 (25%, 6/24) e dos filogrupos D e B2 (8,3%, 2/24, cada). O filogrupo A representou os genótipos -, -, - e -, +, -, o filogrupo B1 os genótipos -, -, + e -, +, +, o filogrupo D os genótipos +, -, - e +, -, +, e o filogrupo B2 somente o genótipo +, +, -. Dentre as STEC de Rondônia (n=143) prevaleceu o filogrupo B1 com 51% seguido dos grupos A (42,7%, 61/143) e D (6,3%, 9/143). O filogrupo B1 foram observados os genótipos -, -, +, e -, +, +, o filogrupo A os genótipos -, -, - e -, +, - e o filogrupo D os genótipos +, -, - e +, -, +.

A amplificação randômica do DNA polimórfico detectou uma população bacteriana geneticamente diversa, com perfis polimórficos compostos de 1 a 12 bandas estáveis e reprodutíveis gerados pelos diferentes iniciadores utilizados. Perfis idênticos foram observados entre amostras provenientes de um mesmo animal e de animais distintos, porém, pertencentes à mesma

propriedade rural. Somente um único perfil genético foi observado entre isolados obtidos de animais provenientes de localidades distintas dentro de uma mesma região geográfica. A análise da interrelação genética revelou uma população bacteriana com amostras dispostas isoladamente e em pequenos grupos clonais com índices Dice de similaridade variando de 1 a 85% entre os isolados STEC do Rio de Janeiro e de 3 a 88% entre os isolados provenientes de diferentes municípios de Rondônia.

4. DISCUSSÃO

Os bovinos são reconhecidos reservatórios para STEC e, por isso, representam uma importante fonte de infecção e disseminação desse agente no ambiente, não só diretamente, a partir do contato com esses animais, mas também indiretamente, através do consumo de seus produtos e derivados contaminados (Hunt *et al.*, 2010; Aspán & Eriksson, 2010; Crump *et al.*, 2002). A ordenha manual em um ambiente com precárias condições de higiene e infraestrutura representa um maior risco de contágio e disseminação de microrganismos patogênicos, principalmente, em regiões de clima quente e úmido. A adoção de procedimentos básicos de higiene, antes e depois da ordenha, constitui uma das medidas preventivas em todo esse processo para minimizar o risco de contaminação (Farrokh *et al.*, 2012)

Diversos estudos conduzidos no Brasil descrevem o isolamento de STEC em rebanhos leiteiros, sendo a grande maioria dessas pesquisas concentradas nas regiões sudeste e sul do país. Nestes trabalhos a frequência de achados de amostras STEC+ variou de 17,5% a 82%, sendo a maioria positiva para os genes stx_1 e stx_2 simultaneamente (Cerqueira *et al.*, 1999; Irino *et al.*, 2005; Tristão *et al.*, 2007; Vicente *et al.*, 2010; Timm *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2008), mas também houve um estudo em que a maioria das amostras STEC isoladas eram carreadoras apenas do gene stx_2 (Oliveira *et al.*, 2008). No presente estudo, do total de 167 STEC encontradas, 85,6% (143/167) eram carreadoras dos genes stx_1 e stx_2 simultaneamente, seguido de 12% (20/167) carreadoras apenas de stx_2 e 2,4% (4/167) somente de stx_1 . Quando analisado por estado, este padrão de frequência se repetiu tanto no Rio de Janeiro, onde a maioria das amostras (62,5%, 15/24) também eram stx_1+ e stx_2+ simultaneamente, assim como em Rondônia onde 89,5% (128/143) das amostras também foram stx_1+ e stx_2+ , corroborando com os estudos anteriores (Cerqueira *et al.*, 1999; Irino *et al.*, 2005).

Considerando as 167 amostras de STEC isoladas neste estudo, apenas 14,4% (24/167) eram provenientes do estado do Rio de Janeiro e 85,6% (143/167) provenientes do estado de Rondônia. As diferenças regionais observadas podem estar associadas com as questões higiênicas e a infraestrutura precária das propriedades onde viviam os animais. Nenhuma propriedade de Rondônia possuía sala de ordenha, local específico para esta atividade, que muitas vezes é realizada no próprio curral, na presença de fezes e urina dos animais, aumentando as chances de contaminação ambiental.

A ordenha era feita manualmente em todas as propriedades. Já no Rio de Janeiro duas propriedades possuíam sala de ordenha, sendo uma delas com ordenha mecanizada. A adoção de procedimentos básicos de higiene, antes e depois da ordenha, constitui uma das medidas preventivas em todo esse processo para minimizar o risco de contaminação (Farrokh *et al.*, 2012).

Todos os animais dos quais foram isolados *Escherichia coli* carreadora do gene *stx* não apresentavam enteropatias, o que corrobora com estudos que afirmam que estes animais são carreadores assintomáticos de STEC (Caprioli *et al.*, 2005). Nos dois únicos animais do estudo que eram portadores de enteropatia não foram isolados *Escherichia coli* carreadora do gene *stx*.

A duração e a intensidade da excreção de STEC podem variar de acordo com a idade do animal, neste estudo observou-se que 75% (6/8) dos bezerros do estado do Rio de Janeiro, de 1-4 meses de idade, possuíam amostras de *E. coli* carreadoras do gene *stx* (até 7 amostras STEC+) e somente 25% (3/12) dos animais adultos, de 3-9 anos, apresentaram amostras de *E. coli* carreadoras do gene *stx*. No estado de Rondônia, onde todos os animais eram adultos (4-15 anos), não foi possível fazer uma comparação com resultados em bezerros. Os animais de até 5 anos apresentaram uma média de 3,9 amostras positivas por animal, os animais de 6-10 anos, obtiveram uma média de 4,2 amostras positivas e os animais acima de 11 anos apresentaram uma média de 3,5 amostras positivas por animal.

Além do marcador genético codificador da toxina Shiga, outros genes têm sido associados com uma maior ou menor virulência desses microrganismos. Apesar da presença do gene *eae* não ser necessária para causar doença, cepas com a combinação dos genes *stx₂/eae* são mais frequentemente isoladas de pacientes com doença severa (Boerlin *et al.*, 1999; Beutin *et al.*, 2004). Neste estudo, do total de 301 amostras, 109 (36,2%) foram *eae+*, sendo que dessas, 94,5% (103/109) eram STEC e 5,5% (6/109) foram consideradas não-STECS por não apresentarem positividade para nenhum dos genes *stx*. Analisando por estado, no Rio de Janeiro as amostras *eae+* corresponderam a 17% (23/136), do total de amostras provenientes deste local. Entre as amostras STEC (n=24) 75% (18/24) eram *eae+*. Já em Rondônia, do total de 165 amostras provenientes deste local, 52,1% (86/165) foram *eae+*. Entre as amostras STEC (n=143), 59,4% (85/143) foram *eae+*.

Entre as 23 amostras *eae+* no estado do Rio de Janeiro foram detectados cinco perfis genéticos para a região LEE, sendo: 4,35% (1/23) *eaey/tirβ/espANT/espBβ*, 4,35% (1/23) *eaec/tirNT/espANT/espBNT*, 4,35% (1/23) *eaey/tirNT/espAα/espBNT*, 17,39% (4/23) *eaenT/tirNT/espANT/espBβ* e 4,35% (1/23) *eaenT/tirNT/espANT/espBa*. 65,21% (15/23) foram *eaenT/tirNT/espANT/espBNT*. Já para as 86 amostras *eae+* do estado de Rondônia foram detectados 10 perfis genéticos para a região LEE: 2,33% (2/86) *eaec/tirNT/espANT/espBNT*, 3,49% (3/86) *eaenT/tirNT/espANT/espBβ*, 5,81% (5/86) *eaeyβ/tirNT/espANT/espBNT*, 1,16% (1/86) *eaenT/tira/espANT/espBNT*,

2,33% (2/86) *eaeNT/tirNT/espA α /espBNT*, 1,16% (1/86) *eae γ /tira/espANT/espBNT*, 1,16% (1/86) *eae β /tirNT/espANT/espB β* , 3,49% (3/86) *eaeNT/tir γ /espANT/espBNT*, 1,16% (1/86) *eae γ /tirNT/espANT/espBNT* e 2,33% (2/86) *eaeNT/Tir β /EspANT/EspBNT*. 75,58% (65/86) foram *eaeNT/TirNT/EspANT/EspBNT*. Esses dados reforçam os outros resultados obtidos que revelaram uma diversidade maior entre as amostras isoladas de Rondônia quando comparadas com as do Rio de Janeiro.

O elevado percentual de amostras LEE não tipáveis (NT) sugere um possível envolvimento de outras moléculas não investigadas associadas com a virulência desses patógenos, já que somente o gene *eae* possui mais de 20 variantes e neste trabalho só foram investigadas as variantes genéticas mais frequentes, sendo necessário o desenvolvimento de estudos mais detalhados para pesquisa e tipagem dessas moléculas, as quais podem estar envolvidas em etapas e mecanismos celulares essenciais para a expressão plena de virulência das *E. coli* produtoras de toxina Shiga.

Com relação à proteína enterohemolisina, outro importante fator associado com a virulência desse agente (Welinder-Olsson, *et al.*, 2002), foram detectadas 21,3% (64/301) de amostras *ehxA+* no total. Dessas 64 amostras *ehxA+*, 87,5% (56/64) eram STEC e 12,5% (8/64) não apresentaram positividade para nenhum dos genes *stx*. No estado do Rio de Janeiro, das 19 amostras *ehxA+* detectadas, 63,2% (12/19) eram STEC e 36,8% (7/19) não apresentaram nenhum dos genes *stx*. No estado de Rondônia, do total de 165 amostras provenientes deste local, 27,3% (45/165) eram *ehxA+* e somente uma amostra (2,2%) das 45 *ehxA+*, não possuía nenhum dos genes *stx*, mas possuía o gene *eae*, que é também um indicativo de potencial patogênico. Os resultados obtidos sugerem que as amostras de STEC de Rondônia, quando comparadas com as do Rio de Janeiro, podem carrear um potencial de virulência adicional, uma vez que os maiores percentuais para os genes *ehxA* e *eae* foram detectados entre seus isolados.

Os fatores de virulência investigados definiram 13 diferentes combinações ou perfis genéticos: 11 perfis diferentes para STEC (*stx₁/stx₂/eae/ehxA*, *stx₁/stx₂/eae*, *stx₁/stx₂/ehxA*, *stx₁/stx₂*, *stx₁/eae/ehxA*, *stx₁/ehxA*, *stx₁*, *stx₂/eae/ehxA*, *stx₂/eae*, *stx₂/ehxA* e *stx₂*) e dois perfis não-STECS, (*eae/ehxA* e *ehxA*).

No Rio de Janeiro, entre os perfis mais frequentes, 2 eram STEC: *stx₁/stx₂/eae/ehxA* e *stx₂*, correspondendo a 41,7% (10/24) e 16,7% (4/24), respectivamente, das amostras carreadoras dos genes *stx*; e um perfil era não-STECS: *eae/ehxA* correspondendo a 3,7% (5/112) das amostras de *E. coli* não carreadoras de genes *stx*, provenientes desse Estado. Em Rondônia os perfis mais frequentes foram todos STEC: *stx₁/stx₂* que correspondeu a 34,9% (50/143) das amostras carreadoras dos genes *stx*, *stx₁/stx₂/eae* que correspondeu a 29,3% (42/143) e *stx₁/stx₂/eae/ehxA* que correspondeu a 22,4% (32/143). Esses resultados revelam uma grande diversidade no potencial de virulência desses patógenos, principalmente em Rondônia,

já que até mesmo diferentes amostras de um mesmo animal possuíram perfis genéticos distintos, possivelmente conferindo uma maior ou menor capacidade desse agente em causar doenças.

Estudos em diversas partes do mundo têm associado a ocorrência de surtos ao sorotipo O157:H7. No Brasil a infecções causadas por STEC geralmente estão associadas com estirpes não-O157, como os sorotipos O111:NM, O111:H8, O26:H11 e O103:H2 (Vaz *et al.*, 2004; Guth *et al.*, 2002; Guth *et al.*, 2003). Nossos resultados revelaram uma alta prevalência de STEC pertencente ao sorogrupo O157, com 93,4% (156/167) do total de amostras sendo *rfb*_{O157}⁺, enquanto apenas 3,6% (6/167) das amostras foram caracterizadas genotipicamente como O113. Não foram detectadas amostras O111. Em 3% (5/167) das amostras não foi detectado produto de amplificação para os genes investigados para a sorogrupagem. Vicente e colaboradores (2010) utilizaram a mesma metodologia de nosso estudo para detecção dos sorogrupos O157, O111 e O113 na cidade de Jaboticabal-SP e encontraram, respectivamente, os seguintes coeficientes de prevalência, 14,77%, 0,2% e 30,83%.

Nas amostras de STEC caracterizadas genotipicamente como pertencentes ao sorogrupo O157, 64,1% (100/156) foram *fliC*_{H7}⁺, sendo classificadas como pertencentes ao sorotipo O157:H7. 36% (36/100) das amostras O157:H7 foram sorbitol- e 75% (75/100) móveis, o que corresponde ao padrão desse patotipo, comumente não fermentador de sorbitol e móvel, mas cepas O157:H7 sorbitol+ e/ou imóveis já foram descritas (Hunt *et al.*, 2010). Das amostras O157:HNT, 21,4% (12/56) foram imóveis, o que poderia corresponder ao antígeno H⁻, associado com cepas O157 imóveis. 78,6% (44/56) foram móveis na bioquímica, destacando a necessidade de uma investigação mais profunda acerca de diferentes antígenos H associados com *E. coli* carreadoras dos genes *stx*, além dos antígenos H7 e H⁻, comumente mais descritos para o sorogrupo. O sorogrupo O157 também tem sido associado com o antígeno H45 em amostras isoladas de gado, porém essas cepas são caracterizadas como EPEC, por não possuírem o gene *stx* (Stephan *et al.*, 2004).

Analisando por região geográfica, no Rio de Janeiro, 100% (24/24) das amostras foram genotipicamente caracterizadas como O157, sendo 75% (18/24) O157:H7. 11,1% (2/18) das amostras O157:H7 foram sorbitol- e 77,8% (14/18) móveis. Das amostras caracterizadas somente como O157, 33,3% (2/6) foram imóveis.

Em Rondônia, também prevaleceram as amostras *rfb*_{O157}⁺ correspondendo a 92,3% (132/143) das STEC encontradas neste estado, enquanto somente 4,2% (6/143) foram genotipicamente caracterizadas como O113. Das 132 amostras O157, 62,1% (82/132) foram genotipicamente caracterizadas como O157:H7. 41,5% (34/82) das amostras O157:H7 foram sorbitol- e 74,4% (61/82) móveis. Das amostras caracterizadas somente como O157, 20% (10/50) foram imóveis.

Estes resultados diferem de estudos de Cerqueira e colaboradores (1999) e Irino e colaboradores (2005) que encontraram menores taxas de STEC O157:H7 nos estados do Rio de Janeiro (1,5%) e de São Paulo (0,1%), respectivamente (Cerqueira *et al.*, 1999, Irino *et al.*, 2005). Essa diferença pode estar relacionada com as metodologias utilizadas para coleta, isolamento, diagnóstico e até mesmo às características do gado envolvido.

Neste estudo todas as amostras *eae+*, com exceção de duas, pertenceram ao sorotipo O157:H7. Somente duas amostras de Rondônia foram positivas para o sorogrupo O113, comumente associado a cepas LEE-negativas (Friedrich *et al.*, 2004, Paton *et al.*, 1999). Esses resultados corroboram estudos prévios que reconhecem o sorogrupo O157 e o sorotipo O157:H7 como um relevante representante do patotipo STEC, principalmente considerando a associação detectada com os marcadores de virulência que são comumente descritos em casos clínicos de grande severidade. A detecção do sorogrupo O113 entre as amostras de RO mais uma vez reforça a constatação da maior variabilidade entre os microrganismos pertencentes a essa população bacteriana.

As linhagens patogênicas de *E. coli* agente de doenças extra intestinais têm sido classificadas pela literatura como pertencentes, em sua maioria, ao grupo B2 e, em menor escala, ao grupo D; as comensais pertencem em sua maioria ao grupo A e, em menor proporção, no grupo B1 e as agentes de doença diarreica são encontradas como membros dos grupos A, B1 e D (Gordon *et al.*, 2008; Clermont *et al.*, 2000). No presente estudo os resultados permitiram classificar as amostras de *E. coli* carreadoras de *stx* nos quatro filogrupos genéticos existentes. As amostras foram classificadas principalmente no grupo B1 (47,3%) seguindo-se os grupos A (44,9%), D (6,6%) e B2 (1,2%).

Analisando-se por estado, no Rio de Janeiro o grupo filogenético A representou a maioria das amostras de STEC com 58,3% (14/24) das amostras, seguido do filogrupo B1 com 25% (6/24) e dos filogrupos D e B2 ambos com 8,3% (2/24). No estado de Rondônia prevaleceu o filogrupo B1 com 51% (73/143), seguido dos filogrupos A representando 42,7% (61/143) e D com 6,3% (9/143), não havendo nenhuma amostra pertencente ao filogrupo B2.

A maior representação das amostras STEC de origem bovina nos filogrupos B1 e A, nos estados de Rondônia e do Rio de Janeiro, corrobora com resultados encontrados em outros estudos, assim como a presença, em menor proporção, do filogrupo D em ambos os estados (Girardeau *et al.*, 2005; Son *et al.*, 2009; Higgins *et al.*, 2007). A detecção do filogrupo B2, predominante para linhagens extras intestinais, foi encontrado somente nas amostras do Rio de Janeiro. Esse filogrupo costuma ser menos frequente em amostras de STEC, como já descrito (Girardeau *et al.*, 2005).

Estudos filogenéticos são de grande importância para o conhecimento e entendimento da diversidade e do potencial de virulência bacteriana entre

amostras isoladas de diferentes hospedeiros e regiões geográficas. Nossos resultados reforçam observações prévias que identificam o potencial de virulência desses microrganismos no mesmo grupo onde são majoritariamente classificadas amostras de origem ambiental.

A técnica de amplificação randômica do DNA polimórfico (RAPD) é amplamente utilizada para análise da diversidade genética entre amostras de *E. coli*, permitindo identificar a associação de perfis eletroforéticos com características epidemiológicas e atributos de virulência (Regua Mangia *et al.*, 2009, Pacheco *et al.*, 1997) No nosso estudo, o RAPD-PCR permitiu detectar que a população de *E. coli* carreadora do gene *stx* estudada é geneticamente diversa sugerindo que estas amostras possuem natureza não-clonal. As amostras STEC O157:H7 detectadas encontram-se dispersas por toda a árvore gênica, sugerindo uma grande diversidade genética dentro deste sorotipo já também demonstrada em outros trabalhos (Regua-Mangia *et al.*, 2012). A detecção de perfis eletroforéticos idênticos entre si entre amostras isoladas de um mesmo animal ou de uma mesma propriedade, sugere a circulação de uma mesma variante genética no ambiente, possivelmente veiculado nas atividades da rotina da fazenda. Isolados compartilhando o mesmo perfil de RAPD-PCR, sorotipo e grupo filogenético, porém, perfis de virulência diferentes, possivelmente isso é um reflexo do elevado intercâmbio genético entre as subpopulações bacterianas que, através dos diferentes mecanismos de transferência gênica, incorporam ou perdem sequencias genéticas.

5. CONCLUSÃO

Não é possível erradicar as STEC do ambiente devido à colonização assintomática dos animais e da capacidade desse microrganismo de sobreviver por longos períodos nas fezes bovinas, no pasto e na água (Caprioli *et al.*, 2005). Entretanto, a implementação de padrões de higiene, como a presença de um ambiente limpo e calmo, propício para a ordenha dos animais, a limpeza e higienização de equipamentos e acessórios utilizados na ordenha mecanizada ou, no caso da ordenha manual, limpeza e higienização adequada das mãos do ordenhador e do úbere e tetos das vacas, é possível minimizar a carga contaminante ambiental e, conseqüentemente, obter produtos lácteos de melhor qualidade (Farrokh *et al.*, 2012).

REFERÊNCIAS

ASPÁN, A.; ERIKSSON, E. **Verotoxigenic *E. coli* O157:H7 from Swedish cattle; isolates from prevalence studies versus strains linked to human infections – a retrospective study.** BMC Vet Res. 2010; 6(7): 1-10.

BEUTIN, L. *et al.*, **Characterization of Shiga toxin-producing *Escherichia coli***

strains isolated from human patients in Germany over a 3-year period. *J Clin Microbiol.* 2004; 42(1): 1099-1108.

BOERLIN, P. *et al.*, Associations between virulence factors of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* and disease in humans. *J Clin Microbiol.* 1999; 37(3): 497-503.

CAPRIOLI, A. *et al.*, Enterohaemorrhagic *Escherichia coli*: emerging issues on virulence and modes of transmission. *Vet Res.* 2005; 36(3): 289-311.

CERQUEIRA, A. M. F. *et al.*, High occurrence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in healthy cattle in Rio de Janeiro State, Brazil. *Vet Microbiol.* 1999; 70: 111-121.

CHAPMAN, P. A. *et al.*, A 1-year study of *Escherichia coli* O157 in cattle, sheep, pigs and poultry. *Epidemiol Infect.* 1997; 119: 245–250.

CHINA, B. PIRSON, V.; MAINIL, J. Typing of bovine attaching and effacing *Escherichia coli* by multiplex in vitro amplification of virulence-associated genes. *Appl. Environ. Microbiol.* 1996; 62(9): 3462-65.

CHINA, B. *et al.*, Comparison of *eae*, *tir*, *espA* and *espB* genes of bovine and human attaching and effacing *Escherichia coli* by multiplex polymerase chain reaction. *FEMS Microbiol Letters.* 1999; 178: 177-182.

CLERMONT, O.; BONACORSI, S.; BINGEN, E. Rapid and simple determination of the *Escherichia coli* phylogenetic group. *Appl Environ Microbiol.* 2000; 66: 4555-58.

CRAY, W. C.; MOON, H. M. Experimental infection of calves and adult cattle with *Escherichia coli* O157:H7. *Appl Environ Microbiol.* 1995; 61(4): 1586-15.

CRUMP, J. A. *et al.*, An outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections among visitors to a dairy farm. *N Engl J Med.* 2002; 347(8): 555-560.

DUNN, J. R.; KEEN, J. E.; THOMPSON, R. A. Prevalence of Shiga-toxigenic *Escherichia coli* O157:H7 in adult dairy cattle. *J Am Vet Med Assoc.* 2004; 224: 1151–1158.

FARROKH, C. *et al.*, Review of Shiga-toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and their significance in dairy production. *Int J Food Microbiol.* 2012 [acesso em 2012 dez 21], 23p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.08.008>

FRIEDRICH, A. W. *et al.*, Shiga toxin 1c-producing *Escherichia coli* strains: phenotypic and genetic characterization and association with human disease. *J Clin Microbiol.* 2003; 41(6): 2448-53.

GARBER, L. P. *et al.*, Risk factors for fecal shedding of *Escherichia coli* O157:H7 in dairy calves. *J Am Vet Med Assoc.* 1995; 207(1): 46-49.

GIRARDEAU, J. P. *et al.*, **Association of Virulence Genotype with Phylogenetic Background in Comparison to Different Seropathotypes of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Isolate.** J Clin Microbiol. 2005; 43(12): 6098–6107.

GORDILLO, R. *et al.*, **Development of PCR assays for detection of *Escherichia coli* O157:H7 in meat products.** Meat Sci. 2011; 8: 767-773.

GORDON, D. M. *et al.*, **Assigning *Escherichia coli* strains to phylogenetic groups: multi-locus sequence typing versus the PCR triplex method.** Environ Microbiol. 2008; 10: 2484-96.

GUTH, B. E. C. *et al.*, **Phenotypic and genotypic characteristics of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains isolated from children in São Paulo, Brazil.** Mem Inst Oswaldo Cruz. 2002; 97(8): 1085-89.

GUTH, B. E. C. *et al.*, **Serotypes and Shiga toxin genotypes among *Escherichia coli* isolated from animals and food in Argentina and Brazil.** Vet. Microbiol. 2003; 92: 335-349.

HIGGINS, J. *et al.*, **Genotyping of *Escherichia coli* from environmental and animal samples.** J Microbiol Methods. 2007, 70: 227-235.

HUNT, J. M. **Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* (STEC).** Clin Lab Med. 2010; 30: 21-45.

IRINO, K. *et al.*, **Serotypes and virulence markers of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) isolated from dairy cattle in São Paulo State, Brazil.** Vet. Microbiol. 2005; 105: 29-36.

KOLENDA, R.; BURDUKIEWICZ, M.; SCHIERACK, P. **A systematic review and meta-analysis of the epidemiology of pathogenic *Escherichia coli* of calves and the role of calves as reservoirs for human pathogenic *E. coli*.** Front. Cell. Infect. Microbiol. 2015; 5: 23.

KONEMAN, E. W. *et al.*, **Diagnóstico microbiológico: texto e atlas colorido.** 6ª ed. São Paulo: Medicina panamericana editora do Brasil Ltda.; 2008. 1565 p.

NATARO, J. P.; KAPER, B. **Diarrheagenic *Escherichia coli*.** Clin Microbiol Rev. 1998; 11(1): 142-201.

OLIVEIRA, M. G. *et al.*, **Diversity of virulence profiles of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* serotypes in food-producing animals in Brazil.** Int J Food Microbiol. 2008; 127: 139-146.

PACHECO, A. B. F. *et al.*, **Random amplification of polymorphic DNA reveals serotype-specific clonal clusters among enterotoxigenic *Escherichia coli* strains isolated from humans.** J Clin Microbiol. 1997; 35: 1521-1525.

PATON, J. C.; PATON, A. W. **Pathogenesis and Diagnosis of Shiga Toxin-Producing**

***Escherichia coli* Infections.** Clin Microbiol Rev. 1998; 11(3): 450-479.

PATON, A. W.; PATON, J. C. **Direct detection of Shiga Toxigenic *Escherichia coli* strains belonging to serogroups O111, O157 and O113 by Multiplex PCR.** J Clin Microbiol. 1999; 37(10): 3362-5.

PATON, A. W. *et al.*, **Molecular characterization of a Shiga toxigenic *Escherichia coli* O113:H21 strain lacking *eae* responsible for a cluster of cases of hemolytic-uremic syndrome.** J Clin Microbiol. 1999; 37(10): 3357-61.

PRUIMBOOM-BREES, I. M. *et al.*, **Cattle lack vascular receptors for *Escherichia coli* O157:H7 Shiga toxins.** PNAS. 2000; 97(19): 10325-29.

RAHN, K. *et al.*, **Persistence of *Escherichia coli* O157:H7 in dairy cattle and the dairy farm environment.** Epidemiol Infect. 1997; 119: 251-259.

REGUA-MANGIA, A. H. *et al.*, **Frequency and characteristics of diarrhoeagenic *Escherichia coli* strains isolated from children with and without diarrhoea in Rio de Janeiro, Brazil.** J Infect. 2004; 48(2), 161-7.

REGUA-MANGIA, A. H. *et al.*, **Molecular typing and virulence of enteroaggregative *Escherichia coli* strains isolated from children with and without diarrhoea in Rio de Janeiro city, Brazil.** J Med Microbiol. 2009; 58, 414–422.

REGUA-MANGIA, A. H. *et al.*, **Molecular characterization of *Escherichia coli* O157:H7 strains isolated from different sources and geographic regions.** J Vet Sci. 2012; 13(2): 139-144.

RILEY, L. W. *et al.*, **Hemorrhagic colitis associated with a rare *Escherichia coli* serotype.** N Engl J Med. 1983; 308(12): 681-5.

ROSA, A. C. P. *et al.*, **Enteropathogenicity markers in *Escherichia coli* isolated from infants with acute diarrhoea and healthy controls in Rio de Janeiro, Brazil.** J Med Microbiol. 1998; 47: 781-790.

SCHMIDT, H. *et al.*, **Non-O157:H7 pathogenic Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: phenotypic and genetic profiling of virulence traits and evidence of clonality.** J Infect Dis. 1999; 179: 115-123

SON, I.; KESSEL, J. A. S. V.; KARNS, J. S. **Genotypic diversity of *Escherichia coli* in a dairy farm.** Foodborne Pathog Dis. 2009, 6(7): 837-847.

STEPHAN, R. *et al.*, **First isolation and further characterization of enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) O157:H45 strains from cattle.** BMC Microbiol. 2004; 4: 10

STEVENS, M. P. *et al.*, **Options for the control of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* in ruminants.** Microbiol. 2002; 148: 3767-78.

TIMM, C. D. *et al.*, **Virulence Markers and serotypes of Shiga toxin-producing**

***Escherichia coli*, isolated from cattle in Rio Grande do Sul, Brazil.** Lett Appl Microbiol. 2007; 44: 419-425

TORRES, A. G.; ARENAS-HERNÁNDEZ, M. M. P.; MARTÍNEZ-LAGUNA, Y. **Overview of *Escherichia coli*.** In: Pathogenic *Escherichia coli* in Latin America; 2010. p. 1-7.

TRISTÃO, L. C. S. *et al.*, **Virulence markers and genetic relationships of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains from serogroup O111 isolated from cattle.** Vet Microbiol. 2007; 119: 358-365.

VAZ, T. M. I. *et al.*, **Virulence properties and characteristics of Shiga Toxin-producing *Escherichia coli* in São Paulo, Brazil, from 1976 through 1999.** J Clin Microbiol. 2004; 42(2): 903-5.

VICENTE, H. I. G. *et al.*, ***Escherichia coli*, produtoras de Shigatoxinas detectadas em fezes de bovinos leiteiros.** Arq Inst Biol. 2010; 77(4): 567-573.

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF ESCHERICHIA COLI SAMPLES CARRIERS OF STX GENES ISOLATED FROM CATTLE FROM BRAZILIAN AGRICULTURAL REGIONS

ABSTRACT - Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) is a microorganism that causes infections with a broad clinical spectrum, ranging from asymptomatic, mild diarrheal cases to severe extraintestinal diseases characterized by microangiopathic hemolytic anemia, thrombocytopenia, and acute renal failure. In addition to Shiga toxin production, intimin expression and enterohemolysin production are virulence attributes also described in the pathogenic group. Ruminants, especially cattle, are recognized as the main reservoir of STEC and the inadequate management of these animals can represent a risk of contagion and dissemination of these pathogens. The study included 301 *E. coli* isolates obtained from fecal samples of cattle, with and without diarrhea, from Brazilian agricultural regions in Rio de Janeiro and Rondônia. Bacterial samples were characterized for genetic polymorphism and the presence of genetic markers encoding virulence and antigenic groups associated with the pathotype. Molecular assays revealed that 55.5% (167/301) of *E. coli* samples carried the *stx* gene, 36.2% (109/301) and 21.3% (64/301) of the *eae+* and *ehxA+* genes, respectively. Among the STEC, 24 were isolated from Rio de Janeiro (14.4%, 24/167) and 143 from Rondônia (85.6%, 143/167). Thirteen virulence genotypes were observed: *stx1/stx2/eae/ehxA*, *stx1/stx2/eae*, *stx1/stx2/ehxA*, *stx1/stx2*, *stx1/eae/ehxA*, *stx1/ehxA*, *stx1*, *stx2/eae/ehxA*, *stx2/eae*, *stx2/ehxA*, *stx2*, *eae/ehxA* and *ehxA*. 3.6% (6/167) and 93.4% (156/167) of the STEC were carriers of the *rfbO113* and *rfbO157+* genes, respectively, with 64.1% of these being *rfbO157+h7+* (100/156). Typing of the LEE region revealed the subtypes *eae α* (3/109), *eae β* (6/109), *eae γ* (4/109), *tir α* (2/109), *tir β* (3/109), *tir γ* (3/109), *espA α* (3/109), *espA β* (0/109), *espA γ* (0/109), *espB α* (1/109), *espB β* (9/109) and *espB γ* (0/109). The phylogrouping classified the STEC into groups A (44.9%), B1 (47.3%), D (6.6%) and B2 (1.2%). Typing by RAPD- revealed a wide genetic diversity among the STEC, indicating that they constitute a bacterial population of non-clonal origin. The high prevalence of STEC in clinically healthy cattle confirms its role as important environmental reservoirs. The wide circulation of these pathogens in animals on rural properties, especially those whose infrastructure conditions and

good management practices are unsatisfactory, represents a serious environmental risk of concentration of these microorganisms, providing exposure and the occurrence of diseases and other clinical manifestations related to the pathogen.

KEYWORDS: *Escherichia coli*; STEC; Virulence; Phylogroup; Genetic diversity.

CONTRIBUIÇÃO DA POLINIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: UMA REVISÃO NARRATIVA

Ana Carolina Saldanha Paulino

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/0845507930569973

Yara Campos Miranda

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/0018928274834963

Patrícia Almeida Sacramento

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/6207995340594605

RESUMO – As atividades humanas impactam o meio ambiente tendo a degradação de áreas vegetadas como uma das principais alterações. Assim, é crescente o uso de técnicas de recuperação que podem se basear em fatores bióticos e abióticos. O objetivo deste trabalho foi, através de uma revisão narrativa, buscar como a polinização pode contribuir com a recuperação de áreas degradadas e a compreensão do equilíbrio entre plantas e agentes polinizadores. Para isso, foi realizada uma busca através da plataforma *Web of Science* por meio de palavras-

chaves específicas limitando para estudos desenvolvidos no Brasil. Foram selecionados 14 artigos, e analisado as seguintes variáveis: o período de publicação; o *Qualis* das revistas publicadas; a região do país onde os trabalhos foram realizados; tipos de polinizadores; técnicas de recuperação de áreas degradadas utilizadas e análise da polinização na recuperação de áreas degradadas. O período em que mais houve publicações referentes ao tema foi 2021, destacando a região Sudeste com maior concentração de áreas estudadas. Os trabalhos analisados tiveram maior concentração em revistas com *Qualis* A2 e B1, enfatizando o quão importante e relevante vem sendo tratada tal vertente de estudo. A partir da análise, foi possível chegar ao resultado do quanto a polinização é essencial para a recuperação de áreas degradadas a partir do enriquecimento das interações inter e intraespecíficas aliado ao uso de diferentes técnicas utilizadas para a recuperação de áreas degradadas. Algumas das técnicas incluíram o plantio de espécies, nucleação e regeneração natural, que contribuíram com a recuperação de ecossistemas degradados.

PALAVRAS-CHAVE: Agentes polinizadores; Serviço de regulação; Restauração; Áreas impactadas.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos há uma maior preocupação em relação aos problemas socioambientais (POTSCHIN; HAINES-YOUNG, 2018), em específico a maneira acelerada que os recursos naturais estão sendo degradados, resultado do manejo inadequado da biodiversidade, água, conversão de áreas florestadas para agricultura, bem com o uso e ocupação incorreta do solo e o intenso processo de urbanização (GERLING *et al.*, 2016). Tais impactos influenciam diretamente os serviços ecossistêmicos, já que afetam a regulação do meio ambiente. Serviços ecossistêmicos podem ser designados como benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas, que incluem serviço de provisão (alimentos e água), serviços de regulação (inundações, secas, degradação do solo), serviços de suporte (formação do solo e ciclagem de nutrientes), e serviços culturais (atividades de lazer, espiritual, religioso e outros benefícios não materiais) (REID *et al.*, 2005).

Costanza *et al.*, (1997) retrataram o valor de 17 serviços ecossistêmicos, afirmando que eles estão intrinsecamente relacionados com a economia mundial, já que a mesma entraria em colapso sem tais serviços. Outra observação feita pelos autores é que a medida em que os serviços ecossistêmicos se tornam mais escassos, seu valor aumenta gradativamente. Em concordância com Pimentel *et al.*, (1997) caso os serviços ecossistêmicos não existissem na natureza, haveria a necessidade de provê-los, resultando em gastos financeiros expansivos bem como a descensão de diversas funções naturais da natureza e agricultura. De acordo com Röckstrom *et al.* (2009) 60% dos serviços ecossistêmicos prestados foram degenerados ao longo dos últimos 50 anos e um importante a ser citado é a polinização, que enquadra-se como serviço de regulação, estando diretamente relacionado com a produção de alimentos e manutenção da biodiversidade. Segundo a FAO, 33% da alimentação humana depende em algum grau de plantas que são cultivadas por polinizadores (KLEIN *et al.*, 2007) e as abelhas são responsáveis por realizar a polinização de 73% das plantas cultivadas e utilizadas, diretamente e/ou indiretamente, na alimentação humana (FREITAS; SILVA, 2015).

Ao referir-se em polinização, tem-se a ideia de que o termo está relacionado somente a abelhas, no entanto, abrange diferentes grupos de insetos, como vespas, borboletas, moscas, mariposas, formigas e besouros (FREITAS; SILVA, 2015), podendo também ser realizada por aves e mamíferos (MONTALVO; CARVAJAL, 2020). De acordo com Freitas (1995), a polinização é o processo pelo qual as células reprodutivas masculinas dos vegetais superiores (grãos de pólen) são transferidas das anteras das flores, onde são produzidos, para o receptor feminino da mesma flor ou de outra flor da mesma planta ou de uma outra planta da mesma espécie.

Para que a polinização possa ocorrer há a necessidade de agentes polinizadores atuando como os intermediários responsáveis pela transferência dos grãos de pólen dos estames para os estigmas das flores, e dentre eles pode-se citar o vento, água, gravidade (plantas com pólenes pesados) e seres vivos (NABHAN e BUCKMANN, 1997; KEVAN, IMPERATRIZ e FONSECA, 2002). Os seres vivos são considerados agentes importantes pois é através deles que ocorrem a polinização cruzada, ou seja, o transporte do pólen entre flores de diferentes plantas (JAYCOX, 1970; ZEBROWSKA, 1998).

A grande problemática enfrentada atualmente é a degradação, termo raramente utilizado para caracterizar resultado de fenômenos ou processos naturais (TAVARES, 2008) e alterações ambientais, que atingem diretamente a extinção de plantas, ocasionando efeitos negativos nos polinizadores e dispersores. As intervenções antrópicas têm desencadeado distintos tipos de degradação ambiental, e contribuído com o aumento de áreas degradadas, áreas corrompidas e impactadas que diminuíram e/ou perderam totalmente a capacidade de retornar ao seu estado inicial por meios naturais (REIS *et al.*, 1999). Nesse sentido, há a necessidade de desempenhar ações que visem o reestabelecimento das funções e estruturas dos ecossistemas, sendo a polinização e a dispersão fatores importante para a tentativa de restabelecer as interações bióticas (BARBOSA, 2006; RODRIGUES & GANDOLFI, 2000; LOISELLE & BLAKE, 1983; REIS *et al.*, 2003a; KAGEYAMA, 2003).

A polinização e dispersão enquadram-se como um fator essencial para que haja a possibilidade de regeneração e restauração da biodiversidade, visando que 45 a 90% das espécies de árvores produzem frutos adequados para o consumo e dispersão das sementes (MACHADO *et al.*, 2006). Vale ressaltar que quanto mais próximo estiver a área a ser recuperada de uma que contenha vegetação nativa, mais intenso vai ser o processo de chegada das sementes levadas por agentes dispersos. Em concordância com Dias *et al.*, (2021), independente da técnica a ser implementada na recuperação de uma área degradada, é essencial utilizar espécies frutíferas nativas para que haja maior interação com a fauna, contribuindo de maneira ativa com a sucessão ecológica e, conseqüentemente, a regeneração dos ecossistemas.

Foi comprovado que a introdução de espécies nativas para a recuperação de áreas degradadas está sendo eficiente para atrair agentes polinizadores e dispersores (ROBINSON & HANDEL, 1993), No entanto, também é importante fazer a seleção adequada de espécies de plantas para que haja diversidade de espécies, a fim de aumentar a promoção da polinização e maior efetividade no processo de restauração (REIS & KAGEYAMA, 2003). Apesar de tamanha relevância, ainda são escassos os estudos relacionados ao processo de interação animal-plantas (NESI, 2020), sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão narrativa com intuito de investigar como a polinização pode contribuir com a recuperação de áreas degradadas e compreender a necessidade do equilíbrio entre as plantas e agentes polinizadores, já que a falta de um pode acarretar

a extinção do outro.

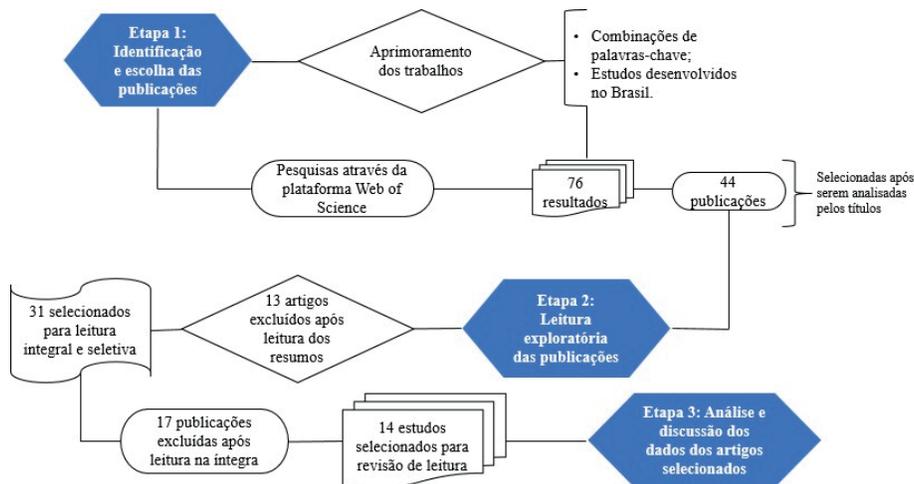
2. METODOLOGIA

2.1. Coletas de dados

Realizou-se uma revisão narrativa com o intuito de identificar trabalhos referentes ao serviço ecossistêmico de polinização para a recuperação de áreas degradadas. Portanto, foi proposta a seguinte pergunta norteadora: Como a polinização pode contribuir com a recuperação de áreas degradadas? As buscas dos artigos foram realizadas através da plataforma *Web of Science*, com as seguintes combinações de palavras-chave: *restoration and pollination and Brazil*, resultando na seleção de 61 artigos. Uma segunda combinação foi realizada utilizando *degraded areas and pollination and Brazil*, totalizando 15 artigos.

Os artigos resultantes das duas buscas foram analisados primeiramente pelos títulos, tomando como base a pergunta norteadora. Nessa etapa foram excluídos 26 artigos e 44 foram analisados pelos resumos (*abstracts*). Desses, 13 trabalhos foram excluídos e 31 selecionados para leitura integral. Destes, 14 artigos foram selecionados para a descrição de resultados e discussão (Figura 1). Vale ressaltar que os 17 artigos que não foram selecionados para a etapa final, de análise e discussão dos dados, foi porque não enquadraram-se no tema central que foi proposto, visando a importância da polinização na recuperação de áreas degradadas e não somente abordar o assunto polinização e áreas degradadas separadamente.

Figura 1: Fluxograma referente à seleção dos artigos para análise narrativa



Quadro 1: Estudos completos selecionados para descrição de resultados e Discussão

Nº	TÍTULO DOS ARTIGOS	AUTOR (s)	REVISTA	ANO
1	Pollination and seed dispersal modes of woody species of 12-year-old secondary forest in the Atlantic Forest region of Pernambuco, NE Brazil	Kimmel <i>et al.</i>	Flora Morphology Distribution Functional Ecology of Plants	2010
2	Are the assemblages of tree pollination modes being recovered by tropical forest restoration?	Montoya-Pfeiffer <i>et al.</i>	Applied Vegetation Science	2018
3	Tree Communities in Three-Year- Old Post-Mining Sites Under Different Forest Restoration Techniques in the Brazilian Amazon	Cruz <i>et al.</i>	Forests	2020
4	Pure or mixed plantings equally enhance the recovery of the Atlantic forest	Guerin <i>et al.</i>	Forest Ecology and Management	2021
5	Integration of techniques of soil, plants and animals for restoration of degraded areas	Regensburger, Comin e Aumond	Ciência Rural	2008
6	Re-establishment of cavity-nesting bee and wasp communities along a reforestation gradient in southern Amazonia	Araujo <i>et al.</i>	Oecologia	2021
7	Breeding system and pilination of <i>Pleroma trcopoaum</i> DC. (Melastomataceae): a potential species for the restoration of At an Forest in southern Brazil	Malucelli, Maia e Varassin	Acta Botanica Brasilica	2018
8	Pioneer herbaceous plants contribute to the restoration of pollination interactions in restinga habitats in tropical Atlantic Forest	Depra, Evans, Gaglianone	Restoration Ecology	2021
9	Pollination partial recovery across monospecific plantations of a native tree (<i>Inga vera</i> , Leguminosae) in the Atlantic forest: Lessons for restoration	Cruz-Neto <i>et al.</i>	Forest Ecology and Management	2018
10	Shrubby tree component of riparian corridors in restoration and natural remaining areas of matrix forestry, Rio Negrinho, SC state	Scariot; Tres; Reis	Ciência Florestal	2014
11	Improvement of vegetation structure enhances bird functional traits and habitat resilience in an area of ongoing restoration in the Atlantic Forest	Melo; Silva; Piratelli	Anais da Academia Brasileira de Ciências	2020

12	Can pollination syndromes indicate ecological restoration success in tropical forests?	Martins; Antonini	Restoration Ecology	2016
13	Priority areas for restoring ecosystem services to enhance human well-being in a dry forest	Costa <i>et al.</i>	Restoration Ecology	2021
14	Bee pollinator functional responses and functional effects in restored tropical forests	Montoya-Pfeiffer; Rodrigues; Santos.	Ecological Applications	2020

2.2. Análise de dados

Os artigos selecionados para análise foram comparados quanto as seguintes variáveis: o período de publicação; o *Qualis* das revistas publicadas; a região do país onde os trabalhos foram realizados; tipos de polinizadores; técnicas de recuperação de áreas degradadas utilizadas; análise da polinização na recuperação de áreas degradadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Características gerais dos estudos

Dos 14 artigos que foram selecionados para a análise integral foi possível observar que a grande maioria foi publicada recentemente, entre 2008 e 2021, sendo o ano 2021 com maior representatividade, com quatro trabalhos publicados. O aumento das publicações nos últimos anos pode ser decorrente do avanço das mudanças climáticas, que contribuem com a alteração dos ecossistemas, como temperatura e disponibilidade de água, e que afetam diretamente o comportamento dos organismos vivos, podendo resultar em mudanças drásticas nas relações inter e intraespecíficas, além dos serviços ecossistêmicos dentre eles, a polinização (ROSENBLATT; SCHMITZ, 2014).

Além do período de publicação, também foram analisados o *Qualis* de cada revista na qual os artigos foram publicados. Pode-se observar que as revistas em que os estudos foram publicados estão entre A1 e B2, com o maior número presentes nas categorias B1 (seis trabalhos) e A2 (quatro trabalhos), ressaltando a importância dessa temática no meio científico.

Quanto à região de estudo dos trabalhos selecionados, estes foram desenvolvidos nas regiões Sul, Sudeste, Norte, Nordeste e Centro-Oeste, com destaque para a região Sudeste do país, com seis trabalhos. Essa representatividade pode ser justificada pelas iniciativas de restauração do bioma Mata Atlântica (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009), que tem sofrido com o crescente desmatamento devido a concentração de grandes centros urbanos próximos às áreas no domínio do bioma (VISCONTI;

SANTOS, 2015).

3.2. Análise dos estudos

Em decorrência dos estudos analisados, o Quadro 2 reúne diferentes variáveis presentes no mesmo para melhor compreensão dos resultados.

Quadro 2: Descrição dos tipos de polinizadores, técnicas de RAD e análise da polinização na RAD de acordo com os artigos selecionados na revisão narrativa.

Nº	Tipos de Polinizadores	Técnicas de RAD Utilizadas	Análise da polinização na RAD
1	Abelhas, besouro, mariposas, falcão, borboletas, pequenos insetos e moscas.	Mata com vegetação secundária com cerca de 12 anos de regeneração.	Houve um bom resultado da polinização, já que foram encontrados quase todos os tipos de polinizadores esperados (abelhas, besouro, mariposas, falcão, borboletas, insetos e moscas); 40,2% de indivíduos do dossel polinizados por falcões; 10,8% por mariposas e 39,8% de indivíduos do sub-dossel por abelhas.
2	Insetos, vento, traças, mariposas, insetos consumidores de pólen, moscas, abelhas, morcegos e pássaros.	Regeneração natural e plantações de árvores nativas e exóticas.	Tanto em florestas restauradas quanto secundárias ocorreu a polinização, no entanto, em números inferiores que em florestas remanescentes.
3	Vento, abelhas, moscas, besouros, borboletas, vespas, morcegos, aves e mamíferos.	Remodelação topográfica do terreno, adição de camada de solo orgânico de 20 cm, plantio de mudas, regeneração natural e nucleação.	Todas as áreas, com as diferentes técnicas de RAD utilizadas obtiveram bons resultados em relação à polinização por abelhas (19%); moscas, besouros, borboletas, vespas (72%); vento (5%); insetos, aves e mamíferos (3%) e morcegos (1%).
4	Abelhas, vespas e mariposas	Plantios puros e cinco mistos de espécies de árvores nativas.	Nos dois tipos de plantio foram encontradas espécies polinizadas por abelhas, mariposas e borboletas, sendo essas síndromes dominantes em todos os tipos de florestas, representando mais de 80% da abundância relativa.

5	Insetos, aves, mamíferos e vento.	Adubação química ou orgânica, adição ou não de serapilheira bem como instalação de poleiros artificiais para atrair a fauna silvestre.	Observou-se 71,4% de polinização por insetos, aves e mamíferos bem como 25% causada pelo vento. Houve um bom resultado em relação à quantidade de sementes que foram encontradas nos poleiros artificiais bem como o elevado número de crescimento de espécies herbáceas (75%), arbustos (7,1%), árvores (10,7%) e lianas (3,5%).
6	Vespas e abelhas.	Pastagem (gramíneas); reflorestamento de <i>Tectona grandis</i> (Verbenaceae); reflorestamento de figueiras consistindo de povoamentos monodominantes da nativa <i>Ficus maxima</i> (Moraceae); reflorestamento misto consistindo de espécies arbóreas nativas plantadas e regeneração secundária.	Houve o aumento na abundância e na riqueza de espécies de abelhas e vespas devido ao reflorestamento e 16,74% das cavidades artificiais disponíveis para nidificação foram ocupadas por abelhas e vespas, portanto, os serviços de polinização serão, possivelmente, restaurados na área.
7	Abelhas.	Regeneração natural.	De acordo com a alta eficácia reprodutiva da <i>Pleroma trichopodum</i> , pode-se sugerir que as abelhas são polinizadoras eficientes.
8	Abelhas, vespas, besouros, moscas, mariposas e borboletas.	Plantio sistemático de mudas de espécies de plantas chave associadas ao Tipo Arbustivo Aberto Não Inundável (arbustos, intercalados com areia nua, com cobertura reduzida de espécies psamofílicas- reptantes).	De acordo com as interações detectadas dos visitantes planta-flor, pode-se dizer que há um grande potencial de polinização, devido a demanda dos recursos necessários (néctar e pólen). No local de restauração 68% das espécies de plantas visitadas por insetos e pioneiros e 18,9% de interações ocorreram com espécies nativas plantadas.
9	Gaviões, morcegos e beija-flores.	Plantações de árvores nativas <i>Inga edulis</i> Mart e <i>I. vera</i> Willd (Leguminosae), em alta densidade	Teve diminuição no consumo de néctar, indicando uma redução na taxa de visitação por polinizadores, podendo ser indicado pela extinção local dos mesmos. O consumo de néctar por flor nas populações plantadas foi reduzido em 30%, em relação ao volume.

10	Insetos, aves e mamíferos.	Floresta nativa (MA); regeneração natural de áreas de cultivo de Eucalipto (MI); mata ciliar lineares (CA) e áreas ciliares com técnicas de nucleação e regeneração natural (CR).	Alto percentual de polinização nos grupos amostrais ($\pm 70\%$ CR; $\pm 95\%$ CA; $\pm 100\%$ MI e $\pm 95\%$ MA).
11	Pássaros insetívoros, granívoros, onívoros e frugívoros-nectarívoros.	Plantio de alta diversidade com mais de 100 espécies de árvores nativas.	A área de restauração obteve maior interação com pássaros frugívoros-nectarívoros e insetívoros, aumentando então a possibilidade do sucesso da polinização.
12	Abelhas, vespas, besouros e moscas.	Reflorestamento realizado com o plantio de mudas de cerca de 35 espécies a partir de sementes obtidas em remanescentes florestais próximos.	Durante a seca houve maior sucesso de polinização do que em estações chuvosas. Os fragmentos mais antigos apresentaram melhores resultados nas síndromes de polinização. Também foi observado 31% de polinização por abelhas e vespas e 20% por besouros.
13	Abelhas nativas.	Plantio de mudas.	Diante do cenário apresentado, a polinização resultou em menor sobreposição espacial (10%), ou seja, áreas de oferta e procura de tal serviço ecossistêmico não encontram-se no mesmo local.
14	Abelhas.	Plantio de diversas árvores, cerca de 80 espécies e zonas úmidas criadas após o assoreamento dos cursos d'água.	A diversidade funcional das abelhas não foi completamente recuperada em ambientes restaurados, podendo comprometer os serviços de polinização, sendo justificada pela falta de recursos de nidificação.

Após leitura minuciosa dos estudos referentes à polinização, pode-se afirmar que todas as áreas de estudos sofriam graus de degradação elevados e a partir de diferentes técnicas de recuperação de áreas degradadas aplicadas nas mesmas, ao longo de variados anos, houve uma melhora significativa nas interações sociais, favorecendo os serviços ecossistêmicos como a polinização, resultando em maiores possibilidades de regeneração das áreas bem como a melhoria dos frutos e a possibilidade de retomada das condições naturais do ecossistema. Destaca-se também a diversidade de polinizadores encontrados e a maior contribuição dos insetos no processo de polinização na recuperação de áreas degradadas como encontrado em outros estudos (FREITAS; SILVA, 2015; CARVALHO *et al.*, 2022).

Dentre as técnicas implementadas nas áreas degradadas, houve bons resultados àqueles em que foram aplicadas técnicas de regeneração natural, nucleação e plantio de espécies, sejam elas puras ou mistas, como

por exemplo o estudo conduzido por Cruz *et al.* (2020), que combinou técnicas de plantio de mudas, nucleação, regeneração natural e adição de camada de solo orgânico, apresentando 72% de polinização por diferentes insetos, bem como 5% pelo vento (Quadro 2).

As técnicas nucleadoras apresentam expansão na atualidade. Tal método busca compreender as características bióticas e abióticas que foram alteradas, e por meio desta análise propor estratégias de mitigação diversificados. Assim, além de permitir que o ambiente se assemelhe as suas características naturais, também ocorre uma diminuição no custo de recuperação, uma vez que é possível utilizar materiais alternativos para a implementação das técnicas (BECHARA *et al.*, 2007; REIS *et al.*, 2003).

Vale ressaltar uma importante observação, no estudo realizado por Costa *et al.* (2021), realizado no bioma Caatinga, região Nordeste do país, foi o único que apresentou resultado inferior aos demais referente à dependência da polinização. Esse resultado foi apresentado após análise de um cenário de prioridades de oferta e demanda, indicando que a área da Caatinga possui grande oferta de polinizadores, no entanto, ao fazer a sobreposição com a dependência das culturas, as áreas procuradas com culturas que dependam dos polinizadores não são os mesmos locais onde há maior ocorrência atrativa de tais polinizadores.

Outrem, o estudo realizado na região sudeste com técnicas de plantios e zonas úmidas resultou em déficit na recuperação da diversidade funcional das abelhas, sendo justificado pela falta de recursos de nidificação (galhos e troncos, por exemplo) e podendo ser restauradas ao longo dos anos, conforme o envelhecimento de espécies arbóreas, proporcionando substratos vegetais para que aconteça a nidificação e, conseqüentemente, a atração de maior diversidade de polinizadores. No entanto, dentre as mínimas diferenças, evidencia-se que o plantio de áreas de restauração melhora a restauração das comunidades de abelhas que as zonas úmidas antropogênicas (MONTROYA-PFEIFFER; RODRIGUES; ALVES, 2020). A diversidade funcional da vegetação é resultante da interação planta-polinizador, já que o aumento de um leva ao aumento do outro, conforme ficou exemplificado no estudo conduzido por Regensburguer, Comin e Aumond (2008), Quadro 2, que demonstrou o aumento de avifaunas a partir da implementação de poleiros artificiais e, conseqüentemente, a crescente demanda de sementes (FONTAINE *et al.*, 2006).

É importante salientar que as práticas de restauração ecológica podem melhorar de maneira significativa os serviços de polinização das culturas, sugerindo que fossem utilizados como incentivos em regiões agrícolas em forma de programas de restauração (CARVALHEIRO, *et al.*, 2013).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos estudos, evidenciou-se que os agentes polinizadores,

independentes de quais tipos de animais, são essenciais e contribuem com a recuperação de áreas degradadas, aumentando a produtividade de frutos e sementes, e resultando em melhores condições para o crescimento de espécies que foram perdidas e/ou degeneradas. Também é importante frisar o quão é necessário empregar algum tipo de técnica na área, seja plantio de mudas diversas, plantio de espécies nativas e exóticas (com cautela e estudo minucioso), bem como corredores ecológicos por aumentarem a possibilidade de diferentes tipos de polinizadores.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. J.; IZZO, T. J.; STORCK-TONON, D.; PAOLUCCI, L. N.; DIDHAM, R. K. Re-establishment of cavity-nesting bee and wasp communities along a reforestation gradient in southern Amazonia. **Oecologia**, v. 196, n. 1, p. 275-288, 2021.

BARBOSA, K. C. A importância da interação animal-planta na recuperação de áreas degradadas. **Manual para Recuperação de Áreas Degradadas do Estado de São Paulo**, 2006.

BECHARA, F. C. CAMPOS FILHO, E. L.; BARRETTO, K. L. GABRIEL, V. A.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 9-11, 2007.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEIL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTOON, P.; VAN DEN BELT. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

COSTA, T. L. S. R.; MAZZOCHINI, G. G.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GANADE, G.; CARVALHO, A. R.; MANHÃES, A. P. Priority areas for restoring ecosystem services to enhance human well-being in a dry forest. **Restoration Ecology**, v. 29, n. 7, p. 1-10, 2021.

CRUZ, D. C.; BENAYAS, J. M. R.; FERREIRA, G. C.; RIBEIRO, S. S. Tree communities in three-year-old post-mining sites under different forest restoration techniques in the Brazilian Amazon. **Forests**, v. 11, p. 1-16, 2020.

CRUZ-NETO, O.; SILVA, J. L. S.; WOOLLEY, M. M.; TABARELLI, M.; LOPES, A. V. Pollination partial recovery across monospecific plantations of a native tree (*Inga vera*, Leguminosae) in the Atlantic Forest: lessons for restoration. **Forest Ecology and Management**, v. 427, p. 383-391, 2018.

DEPRÁ, M. S.; EVANS, D. M.; GAGLIANONE, M. C. Pioneer herbaceous plants contribute to the restoration of pollination interactions in restinga habitats in tropical Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 4, p. e13544, 2022.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. Recuperação de áreas florestais

degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Série Cadernos da Biosfera**, São Paulo, n. 14, p. 1-42, 1999.

FONTAINE, C.; DAJOZ, I.; MERIGUET, J.; LOREAU, M. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. **PLoS biology**, v. 4, n. 1, 2006.

FREITAS, B. M.; SILVA, C. I. O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. **Associação Brasileira de Estudos das Abelhas ABELHA, Agricultura e polinizadores**, p. 9-18, 2015.

FREITAS, B.M. The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.). 1995. Thesis, **University of Wales**, Cardiff, UK, 1995. 197p.

GERLING, C. **Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores**. Santos, SP: Editora Comunicar, 2016.

GUERIN, N.; MENDES, F. B. G.; CIANCIARUSO, M. V.; SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Pure or mixed plantings equally enhance the recovery of the Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 484, p. 118932, 2021.

HAINES-YOUNG, R., M. B. POTSCHIN (2018): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) and Guidance on the Application of the Revised Structure. Disponível em: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/GuidanceV51-01012018.pdf>.

JAYCOX, E.R. Pollination of strawberries. **American Bee Journal**, v.110, n.1, p.176-177, 1970.

KAGEYAMA, P.Y. Reflexos e potenciais da resolução SMA-21 de 21/11/2001 na conservação da biodiversidade específica e genética. 2003p. 7-12. In: Seminário Temático sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Avanços obtidos e perspectivas futuras. São Paulo, 165p.

KEVAN, P.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2002. 313p.

KIMMEL, T. M.; NASCIMENTO, L. M.; PIECHOWSKI, D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.; GOTTSBERGER, G. Pollination and seed dispersal modes of woody species of 12-year-old secondary forest in the Atlantic Forest region of Pernambuco, NE Brazil. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 205, n. 8, p. 540-547, 2010.

KLEIN, A.M., VAISSIERE, B.E., CANE, J.H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.

LOISELLE, B.A.; BLAKE, J.G. Potencial consequences of extinction of frugivorous birds for shrubs of a Tropical Wet Forest. In: LEVEY, D.J.; SILVA, W.R. & MACDONNEL, M.J.; STILES, E.W. The structural complexity of old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. **Oecologia**, v. 56, p. 109-116, 1983.

MACHADO, Evandro Luiz Mendonça *et al.* Importância da avifauna em programas de recuperação de áreas degradadas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 4, n. 7, p. 3-9, 2006.

MALUCELLI, T. S.; MAIA, F. R.; VARASSIN, I. G. Breeding system and pollination of *Pleroma trichopodum* DC. (Melastomataceae): a potential species for the restoration of Atlantic Forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 3, p. 402-409, 2018.

MARTINS, R.; ANTONINI, Y. Can pollination syndromes indicate ecological restoration success in tropical forests? **Restoration Ecology**, v. 24, n. 3, p. 373-380, 2016.

MELO, M. A.; SILVA, M. A. G.; PIRATELLI, A. J. Improvement of vegetation structure enhances bird functional traits and habitat resilience in an area of ongoing restoration in the Atlantic Forest. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, p. 1-22, 2020.

MONTALVO, Edith; CARVAJAL, Vladimir. Vertebrados polinizadores (Las aves). 2020. Disponível em: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21027/1/Vertebrados%20Polinizadores2a.pdf>

MONTOYA-PFEIFFER, P. M.; RODRIGUES, R. R.; SANTOS, I. A.. Bee pollinator functional responses and functional effects in restored tropical forests. **Ecological Applications**, v. 30, n. 3, p. 1-14, 2020.

MONTOYA-PFEIFFER, Paula María *et al.* Are the assemblages of tree pollination modes being recovered by tropical forest restoration?. **Applied Vegetation Science**, v. 21, n. 1, p. 156-163, 2018.

NABHAN, G.P.; BUCHMANN, S. Services provided by pollinators. In Daily, G.C. (ed.) **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Island Press: Washington D.C. p. 133-150. 1997.

NESI, K. M. Insetos visitantes florais e suas interações em uma área em processo de recuperação ambiental após mineração de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/8807/1/Katriel%20Meira%20Nesi.pdf>

PIMENTEL, D.; WILSON, C.; MCCULLUM, C.; HUANG, R.; DWEN, P.; FLACK, J.; TRAN, Q.; SALTMAN, T.; CLIFF, B. Economic and environmental benefits of biodiversity. **BioScience**, Washington, v. 47, p. 747-757, 1997.

REGENSBURGER, B.; COMIN, J. J.; AUMOND, J. J. Integration of techniques of soil, plants and animals for restoration of degraded areas. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1773-

1776, 2008.

REID, W. V.; MOONEY, H. A.; CROPPER, A.; CAPISTRANO, D.; CARPENTER, S. R.; CHOPRA, K.; DASGUPTA, P.; DIETZ, T.; DURAIAPPAH, A. K.; HASSAN, R.; KASPERSON, R.; LEEMANS, R.; MAY, R. M.; MCCICHAEL, T.; PINGALI, P.; SAMPER, C.; SCHOLLES, R.; WATSON, R. T.; ZAKRI, A.H.; SHIDONG, Z.; ASH, N. J.; BENNETT, E.; KUMAR, P.; LEE, M. J.; RAUDSEPP-HEARNE, C.; SIMONS, H.; THONELL, J.; ZUREK, M. B. **Relatório-Síntese da Avaliação Ecosistêmica do Milênio**. Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPÍNDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K. Restauração de Áreas Degradadas: A nucleação como base para Processos Sucessionais. **Revista Natureza & Conservação**, v. 1, n.1. 2003.

REIS, A. & KAGEYAMA, P.Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P.Y., OLIVEIRA, R.E., MORAES, L.F.D., ENGEL, V.L. & GANDARA, F.B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF. p.91-110, 2003.

ROBINSON, G.R. & HANDEL, S.N. Forest Restoration on a Closed Landfill: Rapid Addition of New Species by Bird Dispersal. **Conservation Biology**, v. 7, n. 2, p. 271 – 278, 1993.

RÖCKSTROM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSON, Å., CHAPIN, F.S., LAMBIN, E.F., LENTON, T.M., SCHEFFER, M., FOLKE, C., SCHELLNHUBER, H.J., NYKVIST, B., WIT, C.A., HUGHES, T., VAN DER LEEUW, S., RODHE, H., SÖRLIN, S., SNYDER, P.K., COSTANZA, R., SVEDIN, U., FALKENMARK, M., KARLBERG, L., CORELL, R.W., FABRY, V.J., HANSEN, J., WALKER, B., LIVERMAN, D., RICHARDSON, L. CRUTZEN, P. & FOLEY, J.A. 2009. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p.472-475, 2009.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; INSERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo :LERF/ESALQ : Instituto BioAtlântica, 2009.

RODRIGUES, R.R. & GALDOLFI, S. Conceitos, Tendências e Ações para a Recuperação de Florestas Ciliares. In: **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo: FAPESP, 2000.

SCARIOT, Eliziane Carla; TRES, Deisy Regina; REIS, Ademir. SHRUBBY TREE COMPONENT OF RIPARIAN CORRIDORS IN RESTORATION AND NATURAL REMAINING AREAS OF MATRIX FORESTRY, RIO NEGRINHO, SC STATE. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 401-412, 2014.

TAVARES, S. R. L. Áreas degradadas: conceitos e caracterização do problema. In: TAVARES, S.R. L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228p.

VISCONTI, GABRIEL RANGEL; SANTOS, MORENA CORRÊA. Região Sudeste: recuperando para desenvolver. **Helena Maria Martins Lastres**, 192p.

ZEBROWSKA, J. Influence of pollination medes on yield components in strawberry (Fragaria x ananassa Duch). **Plant Breeding**, v.17, p.255-260, 1998.

POLLINATION CONTRIBUTION TO THE RECOVERY OF DEGRADED AREAS: A NARRATIVE REVIEW

ABSTRACT – Human activities impact the environment, with vegetated areas degradation of as one of the main changes. Thus, the use of recovery techniques that can be based on biotic and abiotic factors is increasing. The objective of this work was, through a narrative review, to seek how pollination can contribute to the recovery of degraded areas and the understanding of the balance between plants and pollinating agents. For this, a search was carried out through the Web of Science platform using specific keywords, limiting studies developed in Brazil. Fourteen articles were selected, and the following variables were analyzed: the period of publication; the Qualis of published journals; the region of the country where the work was carried out; types of pollinators; techniques of recovery of degraded areas used and analysis of pollination in the recovery of degraded areas. The period in which there were more publications was 2021, highlighting the Southeast region with the highest concentration of studied areas. The analyzed works were more concentrated in journals with Qualis A2 and B1, emphasizing how important and relevant this study has been. From the analysis, it was possible to arrive how essential pollination is for the recovery of degraded areas from the enrichment of inter and intraspecific interactions combined with the use of different techniques for the recovery of degraded areas. Some of the techniques included planting species, nucleation, and natural regeneration, which contributed to the recovery of degraded ecosystems.

KEYWORDS: Pollinating agents; Regulatory service; Restoration; Impacted areas.

DIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DAS HIDROMEDUSAS NA BACIA DE CAMPOS (SUDESTE – BRASIL)

Paula Keshia Rosa Silva

lattes.cnpq.br/9557245804556650

Universidade Federal do ABC, São
Bernardo do Campo, São Paulo

Renato Mitsuo Nagata

lattes.cnpq.br/3564202320514333

Universidade Federal do Rio
Grande, Rio Grande, Rio Grande do
Sul

Otto Müller Patrão de Oliveira

lattes.cnpq.br/7304237172635774

Universidade Federal do ABC, São
Bernardo do Campo, São Paulo

RESUMO - Para as regiões meso e batipelágicas existem diversas lacunas no conhecimento atual da diversidade de invertebrados. Isso é especialmente recorrente para as hidromedusas. Nesse contexto, o presente trabalho visa contribuir no aumento das informações disponíveis para algumas espécies de hidromedusas, a partir de descrições dos padrões de distribuição e composição da comunidade ao longo da coluna de água (0-3000m) da Baía de Campos (RJ). As amostras são provenientes das

campanhas realizadas pelo projeto HABITATS durante os períodos seco e chuvoso de 2009. Foram analisadas 303 amostras brutas, sem nenhum registro novo para o litoral brasileiro. A espécie *Aglaura hemistoma* foi encontrada em todas as massas de água na região, em ambos os períodos, com significativa contribuição na composição das comunidades em cada massa de água. Conjuntamente, *Liriope tetraphylla* e *Corymorpha gracilis* foram espécies indicativas da Água Tropical (AT), enquanto as espécies *Sminthea eurygaster* e *Amphogona apicata* foram indicativas da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e *Halicreas minimum* da Água Intermediária Antártica (AIA).

PALAVRAS-CHAVE: Hydrozoa; Fauna batipelágica; Holoplâncton; Meroplâncton.

1. INTRODUÇÃO

A fase medusóide dos hidrozoários, com exceção da ordem Siphonophorae, são denominadas coletivamente de hidromedusas, e são comumente estudadas em conjunto, embora formem um grupo parafilético e de hábitos diversos (mero- e holoplanctônicos).

De acordo com Oliveira *et al.*, (2016) ao longo da costa brasileira foram encontradas 435 espécies de hidrozoários (incluindo Siphonophorae). Sendo que, majoritariamente, os trabalhos com hidromedusas são realizados em águas rasas, de forma que existe uma enorme lacuna de informação sobre as regiões batipelágicas (MARQUES; MORANDINI; MIGOTTO, 2003) e lacunas menores para as regiões mesopelágicas. Nesse contexto, o trabalho de Bonecker *et al.*, (2014) apresentou uma contribuição na redução dessas lacunas, uma vez que este trabalho abrange águas superficiais e águas profundas (cerca de 2300m) na Bacia de Campos (RJ). Embora um grande progresso tenha sido feito em relação ao conhecimento sobre a associação entre as espécies e as principais massas de água da plataforma, desde o trabalho de Vannucci (1957), nenhum trabalho sobre hidromedusas no Brasil utilizou, até então, redes com coletas discretas entre as massas de água.

O presente trabalho tem como objetivo descrever padrões de distribuição e composição da comunidade de hidromedusas ao longo da plataforma e talude da Bacia de Campos (RJ) e, conjuntamente, testar possíveis associações entre as assembleias e distintas massas de água.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A Bacia de Campos está localizada no sudeste da costa brasileira, entre os estados do Espírito Santo (20,5°S) e Rio de Janeiro (24°S) (VIANA *et al.*, 1998; figura 1B).

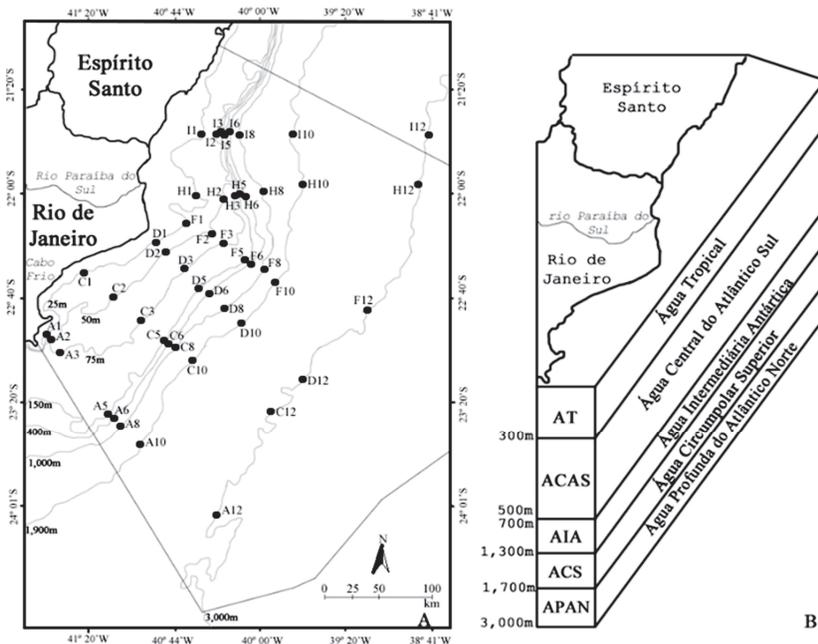
A coluna de água ao fim do talude é composta por cinco massas de água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), figura 1 (BONECKER *et al.*, 2014; EMERY; MEINCKE, 1986; SILVEIRA *et al.*, 2000; STRAMMA; ENGLAND, 1999; STRAMMA; IKEDA; PETERSON, 1990)

A AT é caracterizada por elevada evaporação, baixa precipitação, baixa concentração de nutrientes, temperaturas acima de 20°C e salinidade próxima de 36% (EMÍLSSON, 1961; MIRANDA, 1985; SILVEIRA *et al.*, 2000; VIANA *et al.*, 1998). Em seguida, a ACAS, sendo caracterizada pela temperatura no intervalo de 5°C a 20°C e pela salinidade entre 34,3% a 36% (EMERY; MEINCKE, 1986; SILVEIRA *et al.*, 2000; STRAMMA; ENGLAND, 1999). No entanto, a ACAS pode ocorrer em regiões mais rasas da plataforma ao longo do ano, apenas com variações de intensidade (CAMPOS; VELHOTE; DA SILVEIRA, 2000). No limite inferior da ACAS foi encontrada uma zona de mínimo oxigênio que se estende até a próxima massa de água (STRAMMA; IKEDA; PETERSON, 1990). Logo abaixo encontra-se a AIA, sendo caracterizada pelo intervalo de temperatura de 2°C a 6°C, salinidade entre 34,2% a 34,6% (SILVEIRA *et al.*, 2000) e baixa concentração de oxigênio

dissolvido (STRAMMA; ENGLAND, 1999; STRAMMA; IKEDA; PETERSON, 1990). Em seguida, a ACS é caracterizada por temperaturas no intervalo entre 0,1°C a 2°C, salinidade entre 34,6‰ a 34,7‰ (EMERY; MEINCKE, 1986), baixa concentração de oxigênio dissolvido e alta concentração de nutrientes (STRAMMA; ENGLAND, 1999; VIANA *et al.*, 1998). Por último, a APAN possui temperaturas entre 1,5°C a 4°C, salinidade entre 34,6-35‰ (EMERY; MEINCKE, 1986; MOROZOV *et al.*, 2010; SILVEIRA *et al.*, 2000; STRAMMA; ENGLAND, 1999), alta concentração de oxigênio dissolvido, mas é pobre em nutrientes (MOROZOV *et al.*, 2010).

Devido à baixa concentração de nutrientes na AT a produção primária é dependente dos nutrientes provenientes do continente ou de massas de águas mais profundas (MOSER *et al.*, 2014). Sendo assim, a Bacia de Campos é fortemente influenciada pela foz do rio Paraíba do Sul e pela ressurgência de Cabo Frio.

Figura 1: (A) Mapa da Bacia de Campos com as estações de coleta e as letras de A, C, D F, H e I indicam as transecções. As linhas cinzas representam as isóbatas indo de 25m até a 3000m. (B) Esquema da coluna de água, com as cinco massas de água que ocorrem entre a superfície até 3000m



Fonte: BONECKER *et al.*, (2014) e modificado de (SCHMIEGELOW; NEGRÃO, [s.d.]

2.2. Amostragem

As amostras foram obtidas a partir de dois cruzeiros oceanográficos realizados em 2009 em dois períodos; chuvoso (fevereiro, março e abril) e seco (agosto e setembro), como parte do projeto HABITATS – Heterogeneidade Ambiental da Bacia de Campos pela CENPES/PETROBRAS. A área foi dividida em seis transecções perpendiculares à linha da costa (A, C, D, F, H e I indo do Sul para o norte), onde cada transecção foi formada por oito estações de coleta (1,2,3,5,6,8,10 e 12) as quais estavam localizadas sobre determinadas isóbatas. As primeiras quatro estações de coleta (1 a 5) se localizaram sobre a plataforma continental, enquanto as outras quatro, sobre o talude (figura 1A). Essas últimas variaram na quantidade de massas de água amostradas conforme a inclinação do talude. As estações H12 e I12 foram amostradas apenas no período chuvoso, devido a problemas logísticos durante o período seco.

As coletas foram realizadas durante a noite nos núcleos das massas de água através de arrastos horizontais, exceto na APAN onde o arrasto foi realizado verticalmente do núcleo até o limite da camada. As amostras foram preservadas em solução de formaldeído a 4% em água do mar.

2.2. Análise dos dados

Ao total foram analisadas 303 amostras, que foram divididas nos períodos seco e chuvoso, onde cada período foi subdividido em amostras da unicamente da AT (plataforma continental e talude) e talude (ACAS, AIA, ACS e APAN). As análises multivariadas da comunidade foram realizadas através do software Primer 6 (CLARKE; GORLEYR.N., 2006).

As análises de similaridade (ANOSIM) foram utilizadas para determinar influência do tamanho da rede (120 μm e 200 μm) e dos fatores (massas de água, somente para talude, e isóbata) sobre a assembleia, somente no caso de diferença foram produzidas análises separadas para cada tipo de rede.

Para se determinar a contribuição das espécies na composição da comunidade utilizou-se a análise de porcentagem de similaridade (SIMPER), considerando o fator massa de água para as amostras do talude e o fator isóbata para as amostras da AT.

3. RESULTADOS

No total foram determinadas 15.567 hidromedusas pertencentes a 29 taxa, dos quais 19 foram identificados até o nível de espécies. A ordem Anthoathecata foi a mais diversa com 13 espécies, no entanto, a ordem Trachymedusae foi numericamente dominante, com as espécies *Aglaura hemistoma* (Péron & Lesueur, 1810) e *Liriope tetraphylla* (Chamisso & Eysenhardt, 1821) representando respectivamente 50,73% e 38,19% dos

espécimes analisados.

3.1. Água Tropical

A análise do ANOSIM para a significância do tamanho da rede sobre a comunidade coletada apresentou os valores de “R” global e “p”, respectivamente, 0,018 e 0,104 para o período chuvoso e 0,105 e 0,110 para o período seco. Com estes resultados, pode-se verificar que o tamanho de rede, para esta camada e em ambos os períodos, não exerce influência sobre o material coletado.

Já a análise do ANOSIM para o fator isóбата, no período chuvoso, apresentou os valores de 0,055 para “R” global e 0,07 para o “p”, apontando diferenças entre algumas das isóbatas. No teste par-a-par entre as isóbatas foram encontradas diferenças significativas ($p < 5\%$) entre a isóбата a 25m com as de 150m e 1000m, além da isóбата de 50m com as de 150m, 1000m e 3000m (Tabela 1).

No período seco, o ANOSIM também indicou diferenças entre as isóbatas, com os valores de 0,048 e 0,024 para R global e p, respectivamente. O teste a par-a-par apontou diferenças ($p < 5\%$) entre a isóбата de 25m com as de 400m e 1000m além de 50m com as de 1900m e 3000m, tabela 1.

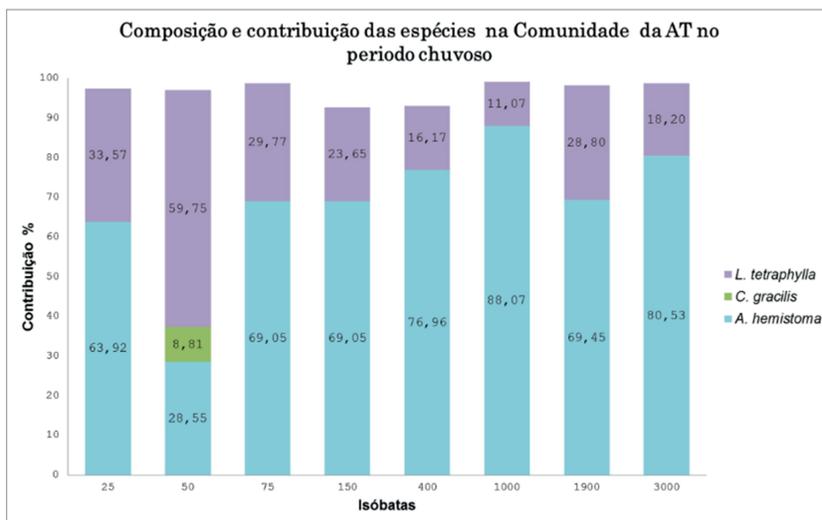
Tabela 1: Comparação par-a-par entre as isóbatas para a Água Tropical nos dois períodos. Resultados em negrito apontam diferenças significativas ($p \leq 5\%$)

Isóбата	Período chuvoso		Período seco	
	R estatístico	Nível de significância %	R estatístico	Nível de Significância %
25; 50	-0,010	50,1	0,087	6,1
25; 75	0,048	18,6	0,008	37,6
25; 150	0,147	0,6	0,104	5,6
25; 400	0,085	7,1	0,118	3,8
25; 1000	0,174	1,3	0,094	4,4
25; 1900	0,042	18,8	0,055	12,6
25; 3000	0,089	5,8	-0,097	85,3
50; 75	0,042	18,8	0,022	28,7
50; 150	0,098	2,2	-0,026	62,4
50;400	0,101	5,9	-0,006	48,1
50;1000	0,256	0,1	0,051	11,3
50;1900	0,061	10,3	0,110	3,9
50;3000	0,167	0,6	0,186	4,1
75;150	-0,035	73,3	0,021	28,3

75;400	-0,031	67,1	0,027	24,0
75;1000	0,058	11,6	0,008	37,5
75;1900	-0,004	47,6	0,016	33,3
75;3000	0,069	6,5	0,056	21,5
150;400	-0,067	93,1	-0,029	70,8
150;1000	0,053	14,9	0,030	22,7
150;1900	-0,007	46,8	0,073	7,5
150;3000	0,066	8,0	0,166	5,3
400;1000	0,013	32,2	0,042	16,0
400;1900	-0,014	54,3	0,070	6,3
400;3000	0,025	22,8	0,115	13,7
1000;1900	-0,020	58,6	0,041	15,4
1000;3000	-0,040	86,1	-0,007	48,9
1900;3000	-0,048	83,7	-0,138	95,4

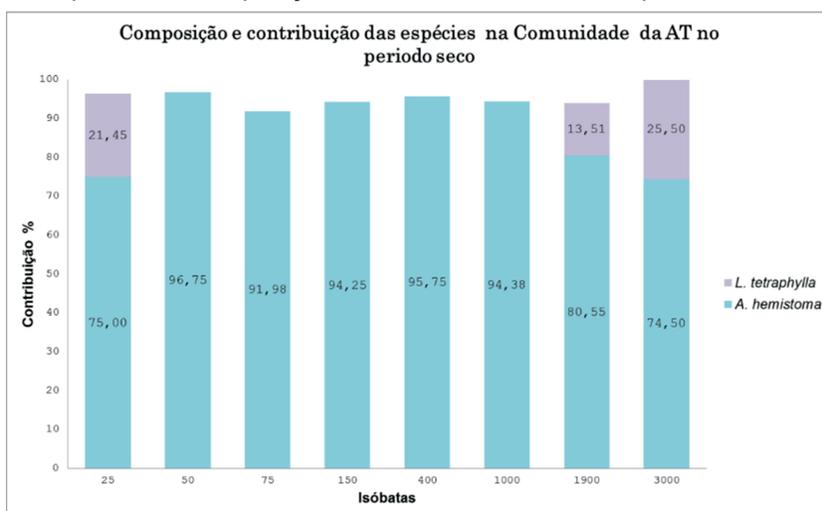
As análises do SIMPER indicaram dominância de apenas duas espécies, *Aglaura hemistoma* e *Liriope tetraphylla*, na AT nos dois períodos de estudos, no período chuvoso com a ocorrência de apenas mais uma espécie nas comunidades. No período chuvoso (Figura 2), *L. tetraphylla* teve alta contribuição para a composição da comunidade da plataforma continental, enquanto no talude a contribuição teve uma pequena redução, sendo que apenas na isóbata de 50m é a espécie dominante. Também na isóbata de 50m houve a ocorrência pontual de *Corymorpha gracilis* (Brooks, 1883). Já *A. hemistoma* teve ocorrência em todas as isóbatas com alta contribuição, exceto na isóbata de 50m.

Figura 2: Resultado da análise do SIMPER com a contribuição (%) das espécies para a composição da comunidade da AT, no período chuvoso



No período seco (Figura 3), *A. hemistoma* foi dominante em todas as isóbatas, além disso, nas isóbatas de 50m a 1000m foi a única responsável pela composição majoritária dessas estações. Enquanto *L. tetraphylla* ficou restrita a apenas três isóbatas - 25m, 1900m e 3000m – em baixas concentrações.

Figura 3: Resultado da análise do SIMPER para a contribuição (%) das espécies na composição da comunidade da AT no período seco



3.2. Talude

A análise do ANOSIM para significância do tamanho de rede sobre a comunidade apresentou os seguintes valores de “R” global e “p”, respectivamente, 0,117 e 0,01 para o período chuvoso e -0,018 e 0,56 para o período seco. Com estes resultados, verificou-se a influência do tamanho da rede somente no período chuvoso.

Os resultados do ANOSIM para a rede de 120 µm do período chuvoso obteve os seguintes valores de R global e “p” 0,177 e 0,04 para o fator isóbata e 0,421 e 0,001 para massa de água. O teste par-a-par, tabela 2, indicou diferenças entre a isóbata de 400m com a de 1000m e entre a de 1000m e a de 1900m, além dessas, também apontou diferenças entre as amostras da ACAS com todas as restantes massas de água da região do talude.

Os resultados do ANOSIM para a rede de 200µm apresentaram os seguintes valores de “R” global e “p” -0,041 e 0,68 para isóbata e -0,049 e 0,71 para massa de água, estes valores indicam que a composição da comunidade foi igual comparando-se esses fatores.

No período seco, a análise do ANOSIM obteve os seguintes valores de “R” global e “p” -0,006 e 0,49 para o fator isóbata e 0,088 e 0,15 para o fator massa de água. Estes resultados apontam que os fatores utilizados não exerceram influência sobre a distribuição das espécies e consequentemente sobre a composição da comunidade.

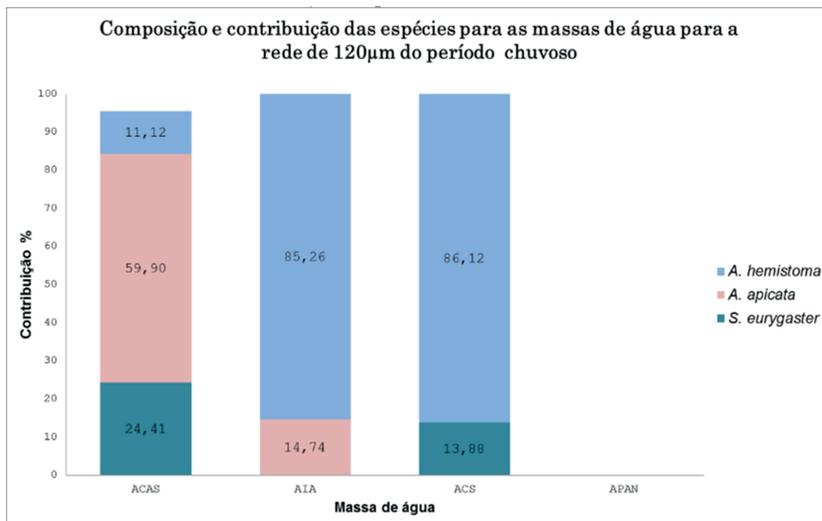
Tabela 2: Comparação par-a-par entre as isóbatas e entre as massas de água para o talude. Amostras coletadas usando a rede de 120µm do período chuvoso. Resultados em negrito apontam diferenças significativas (p ≤ 5%)

Grupos	R estatístico	Nível de Significância %
400; 1000	-0,133	86,8
400; 1900	0,341	1,9
400; 3000	0,224	8,2
1000; 1900	0,209	4,5
1000; 3000	0,019	37,3
1900; 3000	0,102	10,7
ACAS; AIA	0,543	0,1
ACAS; ACS	0,608	0,6
ACAS; APAN	0,569	1,8
AIA; ACS	0,008	41,2
AIA; APAN	0,462	7,1
ACS; APAN	0,380	11,4

Os resultados do SIMPER, para o período chuvoso, apontaram três espécies (*A. hemistoma*, *Amphogona apicata* Kramp,1957 e *Smithea*

eurygaster Gegenbaur, 1857) em comum nos dois tamanhos de rede com pequenas variações na contribuição em cada rede. Para a rede de 120µm (Figura 4), *A. apicata* apresentou dominância na ACAS com redução em direção a massas mais profundas até não ser observada na ACS, enquanto *A. hemistoma* apresentou comportamento oposto.

Figura 4: Resultado da análise do SIMPER para a contribuição (%) das espécies na composição das comunidades das massas de água presentes no talude para a rede de 120 µm no período chuvoso



Enquanto para a rede de 200µm (Figura 5), as comunidades da ACAS e da AIA foram idênticas em composição e próximas em contribuição de cada espécie. Entretanto, a ocorrência de *L. tetraphylla* na ACS e com contribuição superior a 20% da comunidade foi inesperado para essa massa de água. *A. hemistoma* teve dominância ao longo de todas as massas de água nesse período, apenas com pequena redução na ACS.

Para o período seco, a camada com mais espécies indicadoras foi a AIA composta por quatro espécies – *A. hemistoma*, *A. apicata*, *Halicreas minimum* Fewkes, 1882 e *S. eurygaster* (Figura 6). *A. hemistoma* aparece como espécie dominante da ACAS e ACS, com significativa redução em importância na AIA. Esta redução pode estar relacionada com a ocorrência de *H. minimum* na AIA com grande participação na composição da comunidade local.

Figura 5: Resultado das análises do SIMPER para a contribuição (%) das espécies na composição das comunidades das massas de água presentes no talude para a rede de 200 µm no período chuvoso

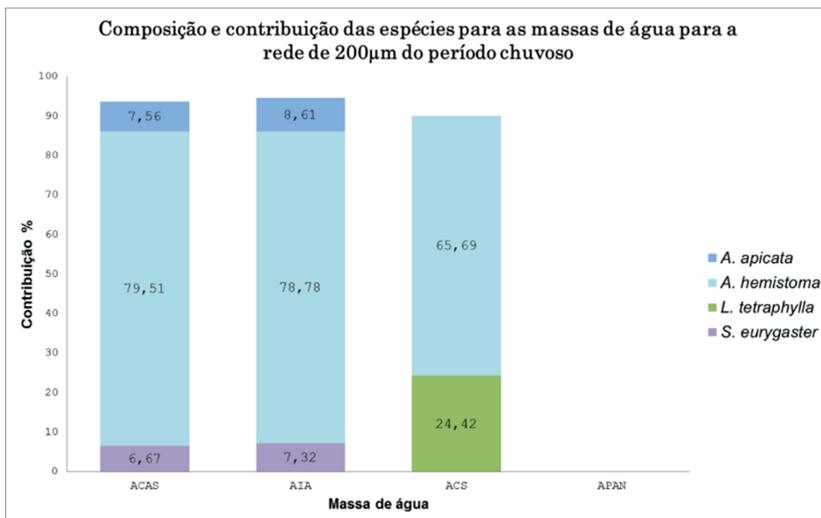
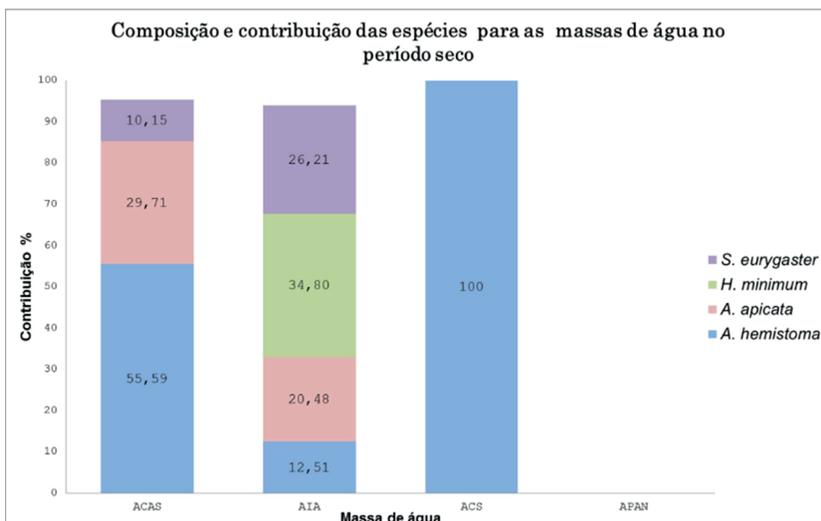


Figura 6: Resultado da análise do SIMPER para a contribuição (%) das espécies na composição das comunidades das massas de água das amostras do talude no período seco



4. DISCUSSÃO

As diferenças observadas no gradiente costa-oceano na AT devem-

se, majoritariamente, as contribuições diferenciais de *A. hemistoma* e *L. tetraphylla*, com participação de *C. gracilis* na diferenciação da isóbata de 50m.

Sabendo que *C. gracilis* tem sua distribuição fortemente influenciada pelo habitat do pólipo (NOGUEIRA JR, 2012), que na Bacia de Campos deve ocorrer na isóbata de 50m ou nas regiões adjacentes, além das barreiras encontradas pela medusa para sua distribuição e estabelecimento, como por exemplo a baixa salinidade das regiões mais próximas da costa (isóbata de 25m) e áreas fora do seu intervalo de temperatura (14°C – 26,5°C) além de salinidade menor que 30% (MOREIRA, 1973; NAVAS-PEREIRA, 1980; NOGUEIRA JR, 2012; VANNUCCI, 1957, 1963). No presente estudo, as condições ambientais eram favoráveis à ocorrência de *C. gracilis*, entretanto, apenas no período chuvoso houve significante abundância desta espécie. Provavelmente as fases dominantes para essa espécie sofrem variações entre os períodos, onde no período seco a fase dominante seria o pólipo, enquanto no período chuvoso seria a medusa.

A dominância na AT da espécie *A. hemistoma* vai de acordo com a literatura existente para a costa do Brasil, pois esta espécie é amplamente conhecida como indicadora da Água Tropical (MOREIRA, 1973; OLIVEIRA *et al.*, 2016; TRONOLONE, 2007; VANNUCCI, 1957, 1963). Contudo, a espécie pode suportar grandes alterações na salinidade (THIEL, 1936) possibilitando uma ampla ocorrência na região.

Liriope tetraphylla está relacionada com águas ricas em nutrientes de influência costeira e estuarina (NAGATA *et al.*, 2014; VANNUCCI, 1957), dessa forma, a distribuição desta espécie no período chuvoso seguiu a influência do aporte de água doce do Rio Paraíba do Sul, enquanto no período seco com uma redução no volume de água do rio a espécie apresentou uma redução em sua distribuição e contribuição na composição da comunidade. Segundo Moreira (1973), *L. tetraphylla* apresenta frequências distintas ao longo do dia dependente da estação do ano (verão e outono com maiores frequências à noite e na primavera e inverno pela manhã). Assim, durante o período seco, a abundância de *L. tetraphylla* pode ter sido subestimada, pois as coletas foram realizadas à noite. Outro fator influenciador, no caso negativamente, na distribuição de *L. tetraphylla* está relacionado com a ocorrência de *A. hemistoma*, uma vez que, estas espécies excluem-se mutuamente (KRAMP, 1953).

Segundo registros do site OBIS (Ocean Biogeographic Information System) inúmeros trabalhos indicam a ocorrência de *A. hemistoma* em várias profundidades podendo alcançar até 2.000m com intervalos amplos de temperatura 10°C até 30°C e com 25% de salinidade como limite mínimo. Dessa forma, a ocorrência desta espécie em águas brasileiras meso- e batipelágicas (AIA e ACS) vão de encontro com a literatura existente, além de ampliar o conhecimento acerca da distribuição de *A. hemistoma* para águas profundas, pois acrescenta outro limite mínimo para temperatura (1°C – 2°C).

No entanto, a ocorrência de *A. hemistoma* em grande parte da coluna de água não indica que se trata de uma mesma população distribuída ao longo do gradiente vertical, pois podem existir algumas barreiras entre as massas de água ou até mesmo as próprias massas impeçam a comunicação entre as populações locais. Não se pode afirmar que as ocorrências dessa espécie em grandes profundidades não são apenas indivíduos desgarrados do núcleo de sua população (na superfície da água) de modo que isso não representaria o ótimo de distribuição dessa espécie.

O domínio de *A. apicata* na ACAS, na rede de 120 µm do período chuvoso, pode ter sido ocasionado pela presença de alta abundância de indivíduos juvenis que na rede de 200 µm não foram retidos, enquanto no período seco a abundância de indivíduos juvenis foi muito pequena. Trata-se de uma espécie meso- e batipelágica (LARSON; MILLS; HARBISON, 1991; OLIVEIRA *et al.*, 2016; PALMA; APABLAZA; SILVA, 2007; SEGURA-PUERTAS, 1984) associada a águas com alta concentração de oxigênio (NAVAS-PEREIRA, 1980). A maior contribuição na composição da comunidade na ACAS está relacionada com o intervalo de temperatura da massa de água apresentar um intervalo ótimo para esta espécie (NAVAS-PEREIRA; VANNUCCI, 1991). Devido a sua relação com a concentração de oxigênio dissolvido as populações de *A. apicata* encontradas na ACAS e AIA devem ser populações distintas, pois no limite inferior da ACAS ocorre uma zona de mínimo oxigênio que pode funcionar com uma barreira isolando as duas populações. Por outro lado, sabe-se que algumas espécies de medusas podem suportar condições anóxicas (PURCELL *et al.*, 2001), o que permitiria a passagem por meio dessa barreira.

Outra espécie mesobatipelágica é *S. eurygaster* (SEGURA-PUERTAS, 1984) e está correlacionada com zonas de baixa concentração de oxigênio (NAVAS-PEREIRA; VANNUCCI, 1991) que indica uma ocupação de nicho oposta a *A. apicata*, além disso, também possibilita a permanência desta espécie na ACS que tem como característica ocupar regiões com taxas baixas de oxigênio dissolvido. Devido a isso, as populações da ACAS e AIA provavelmente estão conectadas formando uma única grande população com a maioria dos indivíduos ocupando o limite entre estas massas. No entanto, os indivíduos presentes na ACS, podem ser formas juvenis e, por isso, apenas foram coletadas na rede de 120 µm, podendo indicar uma diferenciação de habitats entre as fases adulta e juvenil.

Diferente das outras espécies que apresentam ocorrência em ambos os períodos, *H. minimum* tem ocorrência apenas na AIA no período seco. Os registros para essa espécie apontam uma relação com águas frias de superfície ou/e profundas (GENZANO; MIANZAN; BOUILLON, 2008; HOSIA; STEMMANN; YOUNGBLUTH, 2008; LARSON; MILLS; HARBISON, 1991; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Consequentemente, a ocorrência na Bacia de Campos estaria relacionada a condições ótimas para a espécie – que deve estar relacionada ao intervalo de temperatura de 3°C até 9°C. O registro

de alta abundância apenas no período seco está relacionado com a fase adulta da espécie que apresenta um tamanho maior, o qual seria retido nos tamanhos de rede usados no estudo, enquanto no período seco a espécie pode migrar para regiões mais profundas ou estar em sua fase juvenil, que com tamanhos menores não seriam retidos nas redes.

Como anteriormente mencionado, *L. tetraphylla* está relacionada com águas quentes e próximas à costa, devido a isso, sua ocorrência com significativa contribuição na composição da comunidade da ACS é um evento inesperado. Entretanto, esta espécie também apresenta correlação com águas ricas em nutrientes o que poderia explicar a presença de indivíduos desta espécie na ACS (massa de água rica em nutrientes).

5. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que as comunidades presentes na Baía de Campos diferem pouco em sua composição e mais na contribuição de cada espécie localmente. A continuidade das populações, principalmente de *Aglaura hemistoma*, entre as massas de água só pode ser sugerida, com futuras coletas e com trabalhos moleculares visando afirmar quantas populações estão presentes realmente ao longo do gradiente vertical. Nesse contexto, o presente trabalho contribuiu no aumento do conhecimento do comportamento e ocorrência das espécies encontradas no litoral brasileiro e no preenchimento de pequenas lacunas presentes no conhecimento das regiões mesopelágicas e batipelágicas.

6. AGRADECIMENTOS

A CENPES–PETROBRAS que tornou essas amostragens possíveis e ao Programa de Pós-Graduação em Evolução e Diversidade, a Universidade Federal do ABC e a CAPES pela bolsa de mestrado que possibilitaram a realização deste estudo. Agradeço também a revisão da dissertação dos professores Dr. Rubens M. Lopes e Dr. André C. Morandini

REFERÊNCIAS

- BONECKER, S. L. C.; ARAUJO, A. V.; CARVALHO, P. F.; DIAS, C. O.; FERNANDES, L. F. L.; MIGOTTO, A. E.; OLIVEIRA, O. M. P. Horizontal and vertical distribution of mesozooplankton species richness and composition down to 2300 m in the southwest Atlantic Ocean. **Sociedade Brasileira de Zoologia**, v. 31, n. 5, p. 445–462, 2014.
- CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D.; DA SILVEIRA, I. C. A. Shelf break upwelling driven by Brazil current cyclonic meanders. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 6, p. 751–754, 2000.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, N. **PRIMER v6: User manual/tutorial**. PRIMER-E Plymouth, , 2006.

EMERY, W. J.; MEINCKE, J. Global water masses: summary and review. **Oceanologica ACTA**, v. 9, n. 4, p. 383–391, 1986.

EMÍLSSON, I. The shelf and coastal waters off southern Brazil. **Boletim do instituto oceanográfico**, v. 11, n. 2, p. 101–112, 1961.

GENZANO, G.; MIANZAN, H.; BOUILLON, J. Hydromedusae (Cnidaria: Hydrozoa) from the temperate southwestern Atlantic Ocean: A review. **Zootaxa**, v. 18, n. 1750, p. 1–18, 2008.

HOSIA, A.; STEMMANN, L.; YOUNGBLUTH, M. Distribution of net-collected planktonic cnidarians along the northern Mid-Atlantic Ridge and their associations with the main water masses. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 55, n. 1–2, p. 106–118, 2008.

KRAMP, P. L. Hydromedusae. **Scientific Report of the Great Reef Expedition**, v. 6, n. 4, p. 259–322, 1953.

LARSON, R. J.; MILLS, C. E.; HARBISON, G. R. Western Atlantic midwater hydrozoan and scyphozoan medusae: in situ studies using manned submersibles. **Hydrobiologia**, v. 216–217, n. 1, p. 311–317, 1991.

MARQUES, A. C.; MORANDINI, A. C.; MIGOTTO, A. E. Synopsis of knowledge on Cnidaria Medusozoa from Brazil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, p. 1–18, 2003.

MIRANDA, L. B. Forma da correlação T-S de massas de água das regiões costeira e oceânica entre o cabo de São Tomé (RJ) e a ilha de São Sebastião, Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 33, n. 2, p. 105–119, 1985.

MOREIRA, G. S. On the diurnal vertical migration of hydromedusae off Santos, Brazil. **Seto Marine Biological Laboratory**, v. 20, p. 537–566, 1973.

MOROZOV, E. G.; DEMIDOV, A. N.; TARAKANOV, R. Y.; ZENK, W. Deep Water Masses of the South and North Atlantic. In: **Abysal Channels in the Atlantic Ocean - Water Structure and Flows**. [s.l.] Springer Science+Business Media B.V., 2010. p. 25–50.

MOSER, G. A. O.; TAKANOHASHI, R. A.; BRAZ, M. C.; LIMA, D. T.; KIRSTEN, F. V.; GUERRA, J. V.; FERNANDES, A. M.; POLLERY, R. C. G. Phytoplankton spatial distribution on the Continental Shelf off Rio de Janeiro, from Paraíba do Sul River to Cabo Frio. **Hydrobiologia**, v. 728, n. 1, p. 1–21, 2014.

NAGATA, R. M.; NOGUEIRA Jr., M.; BRANDINI, F. P.; HADDAD, M. A. Spatial and temporal variation of planktonic cnidarian density in subtropical waters of the Southern Brazilian Bight. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 07, p. 1387–1400, 2014.

NAVAS-PEREIRA, D. Hydromedusae of the Bay of Sepetiba (Rio de Janeiro, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 40, n. 4, p. 817–824, 1980.

NAVAS-PEREIRA, D.; VANNUCCI, M. The hydromedusae and water masses of the Indian Ocean. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, v. 39, n. 1, p. 25–60, 1991.

NOGUEIRA JR, M. Gelatinous zooplankton fauna (Cnidaria, Ctenophora and Thaliacea) from Baía da Babitonga (southern Brazil). **Zootaxa**, n. 3398, p. 1–21, 2012.

OLIVEIRA, O. M. P.; ARAUJO, E. M.; AYÓN, P.; CEDEÑO-POSSO, C. M.; CEPEDA-MERCADO, A. A.; CÓRDOVA, P.; CUNHA, A. F.; GENZANO, G. N.; HADDAD, M. A.; MIANZAN, H. W.; MIGOTTO, A. E.; MIRANDA, L. S.; MIRANDA, T. P.; MORANDINI, A. C.; NAGATA, R. M.; NASCIMENTO, K. B.; NOGUEIRA Jr, M.; PALMA, S.; QUIÑONES, J.; RODRIGUEZ, C. S.; SCARABINO, F.; SCHIARITI, A.; STAMPAR, S. N.; TRONOLONE, V. B.; MARQUES, A. C. Census of Cnidaria (Medusozoa) and Ctenophora from South American marine waters. **Zootaxa**, v. 4194, n. 1, p. 1–256, 2016.

PALMA, S.; APABLAZA, P.; SILVA, N. Hydromedusae (Cnidaria) of the Chilean southern channels (from the Corcovado Gulf to the Pulluche-Chacabuco Channels). **Scientia Marina**, v. 71, n. March, p. 65–74, 2007.

PURCELL, J. E.; BREITBURG, D. L.; DECKER, M. B.; GRAHAM, W. M.; YOUNGBLUTH, M. J.; RASKOFF, K. A. Pelagic cnidarians and ctenophores in low dissolved oxygen environments: a review. In: RABALAIS, N. N.; TURNER, R. E. (Eds.). **Effects of hypoxia on living resources and ecosystems**. [s.l.] American Geophysical Union, Coastal and Estuary. Stund, 2001. p. 77–100.

SCHMIEGELOW, J. M. M.; NEGRÃO, R. R. **Correntes oceânicas e massas de água**. Disponível em: <https://cursos.unisantabr.com.br/oceanografia/correntes_marinhas.htm>. Acesso em: 1 abr. 2017.

SEGURA-PUERTAS, L. Morfología, sistemática y zoogeografía de las medusas Cnidaria: Hydrozoa y Scyphozoa) del Pacífico Tropical Oriental. **Instituto Ciencias del Mar y Limnología**, v. 8, p. 1–320, 1984.

SILVEIRA, I. C. A.; SCHIMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S.; IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 48, n. 2, p. 171–183, 2000.

STRAMMA, L.; ENGLAND, M. **On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean** *Journal of Geophysical Research*, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1029/1999JC900139%5Cnhttp://www.agu.org/pubs/crossref/1999/1999JC900139.shtml>>

STRAMMA, L.; IKEDA, Y.; PETERSON, R. G. Geostrophic transport in the Brazil current region north of 20°S. **Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers**, v. 37, n. 12, p. 1875–1886, 1990.

THIEL, M. E. Systematische Studien zu den Trachylinae der Meteor-expedition. **Zoologische Jahrbücher**, v. 69, p. 1–92, 1936.

TRONOLONE, V. B. **Estudo faunístico e da distribuição das hidromedusas (Cnidaria, Hydrozoa) da região compreendida entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC), Brasil.** 2008. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VANNUCCI, M. On brazilian Hydromedusae and their distribution in relation to different water masses. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 8, n. 1 e 2, p. 23–109, 1957.

VANNUCCI, M. On the ecology of brazilian Medusae at 25° lat. S. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 182, p. 143–184, 1963.

VIANA, A. R.; FAUGÈRES, J. C.; KOWSMANN, R. O.; LIMA, J. A. M.; CADDAH, L. F. G.; RIZZO, J. G. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 115, p. 133–157, 1998.

DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF HYDROMEDUSAE IN THE CAMPOS BASIN (SOUTHEAST – BRAZIL)

ABSTRACT - For the meso and bathypelagic regions are several gaps in current knowledge of various invertebrates' groups, this is especially recurrent for hydromedusas. In this context, the present study aims to contribute to increasing the available information for some hydromedusas' species, based on distribution descriptions and composition patterns of the communities along the water column (0-3000m) of the Campos Basin (Rio de Janeiro). The samples come from campaigns carried out by HABITATS project during dry and rainy season of 2009. Were analyzed 303 samples without any new record of the Brazilian coast. The species *Aglaura hemistoma* found in all water bodies in both periods, also contributed for the communities' composition in each water body. Together with *Liriope tetraphylla* and *Corymorpha gracilis* were species indicative of Tropical Water, while *Smithea eurygaster* and *Amphogona apicata* were indicative of South Atlantic Central Water and *Halicreas minimum* of Antarctic Intermediate Water.

KEYWORDS: Hydrozoa; Bathypelagic fauna; Holoplankton; Meroplankton.

INCREMENTO DE POLINIZADORES EM CULTIVOS DE TOMATE: UM RELATO DE CASO COM A INTRODUÇÃO DE NINHOS DE MANDAÇAIA (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier)

**Bárbara Matos da Cunha
Guimarães**

lattes.cnpq.br/1657919396455129

Programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG

**Fernanda Helena Nogueira
Ferreira**

lattes.cnpq.br/7038405025309060

Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia e Programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Uberlândia – MG.

RESUMO – As abelhas se destacam como principais polinizadores de culturas agrícolas e de ambientes naturais. Em cultivos, caso ocorra de forma eficiente espera-se um aumento na qualidade dos frutos produzidos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi analisar o efeito do incremento de polinizadores em um cultivo de tomate, utilizando *Melipona quadrifasciata* como objeto de estudo. Para tanto, o efeito da visitação de abelhas na produção e na qualidade dos frutos do tomateiro

foi avaliado antes e após a introdução de ninhos de *M. quadrifasciata* na área de cultivo. O número de sementes dos frutos foi maior após o incremento de polinizadores. Para verificar se as operárias de *M. quadrifasciata* visitaram o cultivo, foram realizadas análises da massa polínica armazenada nas colônias e o resultado foi positivo, ou seja, as mandaçaia coletaram no tomateiro. A partir desse estudo conclui-se que *M. quadrifasciata* apresenta grande potencial para a polinização do tomateiro em cultivo aberto, mas que para que a introdução das colônias seja possível é necessário repensar o manejo tradicionalmente utilizado nessa cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Polinização; Pólen; Abelha-sem-ferrão.

1. INTRODUÇÃO

A polinização é um dos mais importantes serviços ecossistêmicos, visto que assegura a variabilidade genética da maior parte das espécies vegetais, além de representar um fator importantíssimo na produção e qualidade das culturas agrícolas (KREMEM *et al.*, 2005; BREZEE *et al.*, 2011). Além disso, caso a polinização seja bem conduzida,

espera-se um aumento no número de frutos viáveis e no número de sementes de diversos vegetais cultivados (ex.: DEL SARTO *et al.*, 2005; BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2009; SERRA & CAMPOS, 2010; NUNES-SILVA, *et al.*, 2013; SILVA-NETO, *et al.*, 2013; BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), 75% dos cultivares mundiais dependem, pelo menos parcialmente, de polinizadores para a formação de frutos. A valoração dos serviços ecossistêmicos prestados anualmente por insetos polinizadores é de aproximadamente 153 bilhões de euros (GALLAI *et al.*, 2009). Além disso, cerca de 68% dos principais cultivos do Brasil são dependentes de polinizadores (NOVAIS *et al.*, 2016).

Dentro os insetos que contribuem na polinização, as abelhas se destacam como os maiores polinizadores tanto de plantas nativas, quanto daquelas utilizadas em cultivos, pois os imaturos das abelhas dependem de néctar e pólen para seu desenvolvimento e as operárias campeiras apresentam constância floral durante o forrageamento (RASMUSSEN *et al.*, 2010). Portanto, as abelhas apresentam um papel vital na reprodução de grande parte das angiospermas. Estima-se que dentre as espécies florais cultivadas no mundo, aproximadamente 73% sejam polinizadas por alguma espécie de abelhas (FAO, 2004).

Solanum lycopersicum L. (Solanaceae), o tomateiro é uma planta auto fértil, cujas flores produzem apenas pólen em anteras poricidas. Por esse motivo, é necessário um movimento de vibração das flores para que ocorra a liberação de pólen e conseqüente possível polinização (BUCHMANN, 1983). A polinização cruzada é realizada principalmente por meio da visita das abelhas e seu comportamento de coleta de pólen por vibração (*buzz-pollination*) através da contração de seus músculos torácicos. Tal comportamento está presente em diversas espécies de abelhas, incluindo as do gênero *Melipona* (BUCHMANN & HURLEY, 1978; HEARD, 1999). Apesar de não ser dependente de polinização biótica, estudos realizados em estufa e em campo aberto documentaram o incremento da polinização na presença de abelhas, que podem ter influência também na qualidade dos frutos produzidos (BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2009; SANTOS, 2013; BARTELLI *et al.*, 2014; VINÍCIUS-SILVA *et al.*, 2017; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021).

O manejo de abelhas para polinização é comum principalmente para as abelhas *Apis mellifera* L., 1758 e *Bombus terrestris* L., 1758 (fora do Brasil). *Bombus* é usada nas culturas de Solanaceae, família botânica do tomateiro (VELTHUIS, 2002). Contudo, estudos demonstram que abelhas sem ferrão (Meliponini) também são promissoras no uso como polinizadoras de cultivos comerciais (CRUZ & CAMPOS, 2009), já que possuem uma série de vantagens que as tornam mais adequadas para o manejo. Podem ser manejadas com facilidade, já que não causam riscos à saúde humana, possuem ninhos que se mantêm por longos períodos, apresentam recrutamento de operárias,

estocam uma grande quantidade de alimento, forrageiam com periodicidade (HEARD, 1999) e algumas delas são capazes de realizar a polinização por vibração. Dentre as espécies utilizadas com eficiência comprovada na polinização do tomateiro encontra-se a *M. quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (DEL SARTO *et al.*, 2005; BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2009; BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014; BARTELLI *et al.*, 2014), abelha que foi utilizada com objeto desse estudo.

Para o manejo adequado e preservação de polinizadores nas áreas de cultivos de tomate, são necessários dados referentes à diversidade de abelhas que visitam essa cultura, assim como informações sobre o efeito da polinização por abelhas nativas na quantidade e qualidade dos frutos. Logo, estudos que envolvam o manejo desses insetos são de grande importância, pois reiteram a necessidade da conservação dos polinizadores representantes da fauna do Cerrado. Por esse motivo, esse estudo buscou analisar o efeito da introdução de polinizadores em um cultivo de tomate, utilizando *M. quadrifasciata* como objeto de estudo. Sendo assim, o efeito da diversidade de abelhas na produção e na qualidade dos frutos do tomateiro foi avaliado antes e após a introdução de ninhos de *M. quadrifasciata* na área de cultivo.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

O trabalho foi realizado em um cultivo aberto de tomate da variedade Saladete, localizado em uma fazenda (18°42'21.68"S, 48°11'18.45"O; FIGURA 1) em Araguari-MG. O município se caracteriza como um polo de produção de alimentos no Triângulo Mineiro, sendo produzidas 110.500 toneladas de tomate por ano e movimentando R\$ 234.958.000 referentes à venda desse cultivar (IBGE, 2016).

Figura 1: Imagem de satélite da fazenda em que os estudos foram conduzidos. Em laranja a representação e tamanho aproximados do cultivo; em amarelo a representação do rancho de madeira, onde os ninhos de *Melipona quadrifasciata* foram mantidos



O clima da região se caracteriza como tropical e é marcado por duas estações bem definidas, uma seca, que compreende os meses de abril a setembro e uma chuvosa, de outubro a março (ROSA *et al.*, 1991). A aplicação de pesticidas no cultivo ocorria por pulverização manual, pelo menos 3 vezes na semana ou mais, dependendo das condições climáticas. Os produtos utilizados são mantidos em sigilo pelos produtores.

2.2. Levantamento inicial de visitantes

Para estimar a diversidade de abelhas visitantes florais no cultivo, foi realizada uma campanha de observação das 7h às 13h, período de maior visitação de abelhas às flores do tomateiro (SANTOS, 2014). Foram definidos 2 transectos de 100 metros na linha do cultivo, percorridos durante 30 minutos por hora de observação, os 30 minutos restantes foram reservados para observações comportamentais das abelhas. Todas as abelhas observadas ou ao visitarem as flores nesse período foram registradas, assim como o comportamento que apresentavam no momento da observação (TABELA 1). Alguns indivíduos foram coletados para identificação. As coletas foram realizadas de forma ativa, utilizando rede entomológica. As abelhas foram sacrificadas em câmara de acetato e posteriormente acondicionadas em potes identificados com o horário de coleta. Os exemplares coletados foram alfinetados e incorporados à Coleção Entomológica do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA) da Universidade Federal de Uberlândia.

2.3. Formação e análise de frutos

Para verificar a formação natural de frutos e relacioná-la com a influência dos polinizadores na área, foram marcados ao acaso 120 botões florais nos transectos citados anteriormente (2.2.). Desses botões, 60 foram ensacados com sacos de organza e assim permaneceram até o início da formação dos frutos, compondo o tratamento de autopolinização (A). Os demais foram deixados abertos constituindo o tratamento de Livre Visitação (LV). Os frutos formados foram colhidos após amadurecimento, que foi considerado o momento em que a cor em todo o fruto apresentava a coloração vermelho homogêneo. Em seguida, foram levados para o Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA) para mensuração dos seguintes parâmetros:

- i) Massa: mensurada através de balança digital.
- ii) Diâmetro longitudinal: mensurado com paquímetro digital.
- iii) Diâmetro equatorial: medido na parte de maior extensão do fruto, com paquímetro digital.
- iv) Concentração de açúcares totais (°Brix): mensurada com refratômetro manual.
- v) Número de Sementes: contada de forma direta com a utilização de placa de Petri, pinça e contador manual.

Esses parâmetros que caracterizam os frutos produzidos, foram realizados antes e posteriormente a introdução de polinizadores (item 2.4).

2.4. Introdução de ninhos

Após as observações, coletas dos visitantes florais e avaliação da produtividade sob condições naturais, foram instalados na proximidade do cultivo 8 (oito) ninhos da abelha *M. quadrifasciata*. Espécie que possui eficiência comprovada na polinização do tomateiro (BARTELLI *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2014). Os ninhos foram posicionados em um rancho de madeira com 2 prateleiras e cobertura de lona amarelada, posicionado na lateral do cultivo (FIGURA 2). As colônias permaneceram no local de 01 de outubro à 11 de novembro de 2016, totalizando 42 dias. Durante esse período os experimentos citados anteriormente (2.3.) foram repetidos. As colônias foram removidas emergencialmente devido à mortalidade de operárias apresentada e pela presença de células de crias abertas. Apesar da remoção emergencial das colônias, elas foram mantidas até que as flores já marcadas iniciassem o secamento e queda nos dois tratamentos (A2 e LV2).

2.5. Coleta de Pólen

Com o intuito de investigar se *M. quadrifasciata* visitou e realizou a coleta de pólen em flores de tomate durante os experimentos, foram retiradas 10 amostras de pólen, sendo 9 amostras dos potes de alimento de 6 colônias

e uma amostra de pólen da corbícula de operárias. Para identificação do grão de pólen e posterior comparação, foi também coletado pólen de flores do tomateiro. Para retirada do pólen estocado nos ninhos, os potes foram abertos com auxílio de uma espátula de plástico e o pólen não fermentado da parte superior foi coletado. As operárias forrageiras foram capturadas no momento da chegada ao ninho e o pólen em suas corbículas foi retirado com o auxílio de uma pinça e acondicionado em potes plásticos. De cada amostra polínica, foram confeccionadas 3 lâminas utilizando gelatina glicerinada (SALGADO-LABOURIAU, 1973), seguindo o protocolo de acetólise (ERDTMAN, 1960).

Para a contagem dos grãos de pólen, as lâminas foram divididas em 4 quadrantes e contados os 100 primeiros grãos de pólen encontrados, totalizando 400 grãos por lâmina e 1200 grãos por amostra (VILHENA *et al.*, 2012). Os grãos de pólen foram classificados como “pólen de tomate” e “outros” (TABELA 2). Quando a abundância relativa de grãos de pólen do tomateiro foi inferior a 3%, foram considerados contaminantes (RABELO, 2012). As lâminas confeccionadas com os grãos de pólen da flor de tomate não foram analisadas, sendo utilizada apenas como referência para o reconhecimento dos grãos de pólen dessa espécie.

Figura 2: Pesquisadora vistoriando um ninho de *Melipona quadrifasciata* no rancho de madeira posicionado próximo ao cultivo



2.6. Análises estatísticas

Para as análises dos frutos foram realizados testes t para duas amostras. Os dados foram analisados visualmente para normalidade e homogeneidade. Concentração de açúcares totais (Brix^o) não respondeu as premissas de normalidade e de homogeneidade de variâncias, portanto para esse parâmetro foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Os parâmetros foram analisados comparando-se os tratamentos de autopolinização e de livre visitação antes e após a introdução de ninhos de *Melipona quadrifasciata*. Também foram realizadas comparações entre os tratamentos de livre visitação antes e após a introdução. Foram realizadas correlações de Pearson para relacionar número de sementes e as demais variáveis (massa, diâmetro longitudinal e equatorial e açúcares totais). Para a comparação da quantidade de metais pesados misturados a massa polínica estocada nos ninhos instalados no cultivo e da posterior retirada deles da localidade, foram realizados testes de Mann-Whitney.

3. RESULTADOS

3.1. Diversidade de abelhas na área

Foram registrados 759 indivíduos de 12 espécies diferentes, listados na TABELA 1. *Paratrigona lineata* Lepeletier, 1836 foi a espécie mais representativa com 651 registros, seguida de *Exomalopsis analis* Spinola, 1853 com 56 registros.

Tabela 1: Listagem dos indivíduos registrados na área de estudo por espécie, gênero ou família, porcentagem de ocorrência e comportamento de coleta observado nas flores

Classificação Taxonômica	Nº de abelhas registradas	%	Comportamento de coleta
<i>Apis mellifera</i> (L., 1758)	3	0,39	Licking
<i>Bombus</i> sp. (Latreille, 1802)	1	0,13	Buzz-pollination
<i>Centris</i> sp. (Fabricius, 1804)	2	0,26	Buzz-pollination
<i>Eulaema nigrita</i> (Lepeletier, 1841)	1	0,13	Buzz-pollination
<i>Exomalopsis analis</i> (Spinola, 1853)	56	7,38	Buzz-pollination

<i>Exomalopsis fulvofasciata</i> (Smith, 1879)	11	1,45	Buzz-pollination
Halictidae	27	3,56	Buzz-pollination
<i>Melipona quinquefasciata</i> (Lepeletier, 1836)	1	0,13	Buzz-pollination
<i>Oxaea flavescens</i> (Klug, 1807)	1	0,13	Buzz-pollination
<i>Paratrigona lineata</i> (Lepeletier, 1836)	651	85,77	Licking
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	1	0,13	Pilhagem
<i>Xylocopa</i> sp. (Latreille, 1802)	4	0,53	Buzz-pollination
Total	759	100	

As abelhas registradas apresentam dois tipos de comportamento de coleta: *licking* (BARTELLI et al. 2021) e *buzz-pollination*. No primeiro, os grãos de pólen são retirados do ápice do cone das anteras com a inserção e remoção da glossa. O segundo se refere ao comportamento de polinização por vibração, no qual a abelha agarra o ápice do cone com as pernas e vibra músculos do tórax.

3.2. Análises dos frutos

Dos 120 botões florais marcados, foram analisados 44 frutos do tratamento de autopolinização (A1) e 53 do tratamento de livre visitação (LV1), totalizando 97 frutos. Ao comparar os tratamentos A1 e LV1 não houve diferença significativa para os parâmetros: massa ($t = 0,057$; g.l.= 95; $p = 0,955$), diâmetro longitudinal ($t = 0,876$; g.l.= 95; $p = 0,383$), diâmetro equatorial ($t = -0,943$; g.l.= 95; $p = 0,348$), número de sementes ($t = 0,179$; g.l.= 95; $p = 0,858$) e concentração de açúcares totais ($^{\circ}\text{Brix}$, $U = 1.158,0$; g.l.= 1; $p = 0,858$).

Houve correlação positiva entre número de sementes e a massa ($r = 0,487$, g.l. = 10, $p < 0,0001$); número de sementes e o diâmetro longitudinal ($r = 0,364$, g.l. = 10, $p < 0,0001$); número de sementes e o diâmetro equatorial ($r = 0,377$, g.l. = 10, $p < 0,0001$). Entretanto, não houve correlação entre o número de sementes e a concentração de açúcares totais ($r = -0,086$, g.l. = 10, $p = 0,401$).

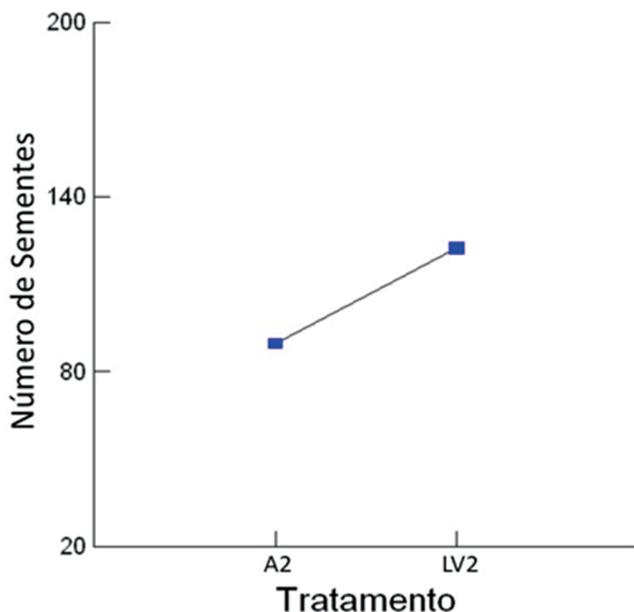
3.3. Efeito do incremento de polinizadores

Após a introdução dos ninhos na área de estudo, o experimento de polinização entre autopolinização (A2) e de livre visitação (LV2) foi repetido e os frutos resultantes foram analisados. Dos 120 botões marcados 47 frutos foram colhidos e analisados, sendo, 27 frutos do tratamento de autopolinização (A2) e 20 do tratamento de livre visitação (LV2).

Ao comparar os tratamentos A2 e LV2 não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao diâmetro equatorial dos frutos ($t = 0,086$; g.l.= 45; $p = 0,932$). A diferença entre massa ($t = 2,251$; g.l.= 45; $p = 0,029$), diâmetro longitudinal ($t = 2,755$; g.l.= 45; $p = 0,008$), concentração de açúcares totais ($U = 383,5$; g.l.= 1; $p = 0,005$) e número de sementes ($t = -3,986$; g.l.= 45; $p < 0,0001$) foram significativos estatisticamente. O número de sementes foi maior no tratamento de LV2 do que no de A2 (FIGURA 3).

O número de sementes apresentou correlação positiva com o diâmetro equatorial ($r = 0,280$, g.l. = 10, $p = 0,057$) e não apresentou correlação significativa com os demais parâmetros analisados: número de sementes e massa ($r = 0,039$, g.l. = 10, $p = 0,795$), número de sementes e diâmetro longitudinal ($r = -0,163$, g.l. = 10, $p = 0,272$), número de sementes e concentração de açúcares totais ($r = -0,070$, g.l. = 10, $p = 0,642$).

Figura 3: Número de sementes presentes nos frutos analisados nos tratamentos de autopolinização (A2) e de livre visitação (LV2). As caixas representam o desvio padrão em cada tratamento.



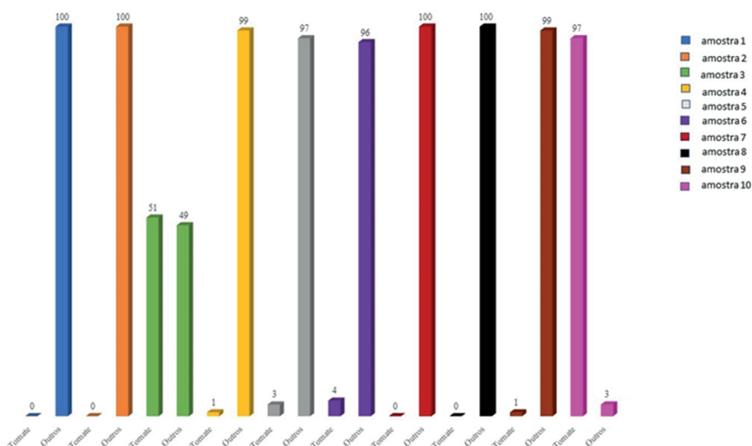
Após a introdução dos ninhos de *M. quadrifasciata* no cultivo observou-se uma diminuição considerável no número de operárias campeiras e o enfraquecimento de todas as colônias, o que nos levou a retirá-las da área do cultivo e a realizar análises para verificar a possibilidade de existência de metais pesados nas operárias e no pólen estocado nos ninhos. As abelhas introduzidas não foram observadas visitando as flores do cultivo, sendo assim, foram realizadas análises da carga de pólen coletada por elas, para verificar a existência de grãos de pólen do tomateiro.

Os frutos decorrentes dos tratamentos de livre visitação antes e após a introdução dos ninhos foram comparados estatisticamente. Não existiu diferença significativa entre tratamentos LV1 e LV2 quanto aos parâmetros diâmetro longitudinal ($t = 0,249$, g.l. = 71, $p = 0,804$), concentração de açúcares totais ($U = 543,0$, g.l. = 1, $p = 0,856$) e número de sementes ($t = -1,736$, g.l. = 71, $p = 0,087$). Entretanto, foi encontrada diferença significativa entre tratamentos LV1 e LV2 quanto aos parâmetros massa ($t = -3,509$, g.l. = 71, $p = 0,001$) e diâmetro equatorial ($t = -6,228$, g.l. = 71, $p < 0,0001$), sendo a massa e o diâmetro equatorial do tratamento LV2 maiores do que os do tratamento LV1.

3.4. Análise de pólen

Foi encontrado pólen da flor do tomateiro, em quantidades maiores de 3%, na amostra coletada da corbícula das operárias (amostra 10, FIGURA 4) e em três amostras de pólen coletadas nos potes de alimento (amostras 3, 5 e 6, FIGURA 4).

Figura 4: Abundância de pólen de tomate e outros encontrada nas amostras. Amostras 1 a 9 são de pólen retirado dos potes de alimento. Amostra 10, pólen retirado da corbícula de operárias. O primeiro valor de cada cor se refere à porcentagem de pólen de tomate na amostra



4. DISCUSSÃO

A partir da amostragem de visitantes florais no cultivo de tomate foi possível constatar a ausência de *M. quadrifasciata*, antes da introdução dos ninhos, dessa forma, a partir deste procedimento, foi realizado o incremento de um polinizador potencial que não foi registrado na área estudada, já que foi encontrado pólen de tomate no interior dos potes de pólen dos ninhos e na corbícula de uma operária. Entretanto, com a realização dos testes de polinização, foi possível constatar que provavelmente na área de estudo não existe déficit de polinização, visto que não foi encontrada diferença entre os tratamentos de autopolinização (A1) e de livre visitação (LV1). É sabido que o vento é importante liberador de pólen, mesmo em plantas com anteras poricidas, sendo a área onde o estudo foi realizado caracterizada por ser um local onde o vento é sempre presente e intenso. Desta forma, este fator abiótico pode ter favorecido a liberação e a dispersão de grãos de pólen, colaborando para a taxa de formação de frutos nos tratamentos de autopolinização e de livre visitação.

A partir dos parâmetros analisados nos tomates resultantes dos experimentos realizados foi constatada a existência de correlação entre o número de sementes e os fatores relacionados ao tamanho dos frutos (massa, diâmetro longitudinal e equatorial), visto que frutos de tomate que possuem um maior número de sementes tendem a receber um maior investimento das plantas (IMANSHI & HIURA, 1975).

Ocorreu uma diminuição considerável na quantidade de frutos analisados após o incremento de polinizadores, fato que pode ser atribuído à uma doença que acometeu o cultivo. Doença essa provocada por um fungo, que causou prejuízos ao produtor e à coleta de dados neste trabalho. Foi constatado um aumento na taxa de formação de sementes, visto que o número de sementes do tratamento de livre visitação (LV2) foi diferente do de autopolinização (A2), efeito inexistente antes da introdução dos ninhos de *M. quadrifasciata*. Considerando a existência desse fenômeno o aumento do número de sementes causado pela visitação das abelhas é positivo. Estudos realizados em estufas comprovaram a eficiência desses polinizadores na melhora de frutos (em tamanho, massa e concentração de açúcares) do tomateiro (BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2009; BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014), o que também demonstra a contribuição dessa espécie na polinização desse cultivar.

As operárias de *M. quadrifasciata* não foram diretamente observadas visitando o cultivo de tomate. Entretanto, foi constatada a presença de pólen de tomate nos potes de alimento dos ninhos e em praticamente toda a massa de pólen encontrada na corbícula de operárias. Desta forma, concluímos que as operárias estavam coletando nas flores do tomateiro. A ausência de operárias forrageando nas flores do tomateiro, pode estar relacionada à mortalidade decorrente do contato das abelhas com os agrotóxicos, que podem causar diversos efeitos negativos à sobrevivência das abelhas

(FREITAS & PINHEIRO, 2010; PINHEIRO & FREITAS, 2010)

Após introdução das colônias no cultivo, observamos a diminuição de abelhas operárias forrageando, de células de cria e o definhamento progressivo das colônias. O que levou à morte de dois ninhos. Fato que possivelmente é atribuído ao alto uso de agrotóxicos no cultivo de tomate.

5. CONCLUSÕES

Concluimos que *M. quadrifasciata* visitou o tomateiro em cultivos abertos, podendo ser uma espécie indicada para uso em projetos de polinização em cultivos de tomate, visto que após a introdução dos ninhos houve aumento no número de sementes dos frutos analisados. Entretanto, a proposição do uso rotineiro da meliponicultura em áreas de cultivos de tomate, como uma estratégia para o incremento de polinizadores, deve ser realizada com cautela. Muitas arestas ainda precisam ser aparadas no que diz respeito ao manejo dos cultivos, ao que refere ao uso de pesticidas, pois este foi comprovadamente prejudicial às colônias de abelhas, causando a morte de abelhas. Alternativas como a utilização de defensivos orgânicos, controle biológico e a diminuição do uso de agrotóxicos, devem ser pensadas junto aos produtores, com o objetivo manter a diversidade de abelhas polinizadoras, e um consequente, aumento na qualidade dos frutos e valor comercial, além é claro, da conservação da biodiversidade de abelhas nativas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos produtores Paulo e Wellington por nos permitirem trabalhar em seus cultivos e doaram os frutos produzidos para as análises. Agradecemos também a Bruno Ferreira Bartelli, Nicole Cristina Machado Borges, Jaqueline Eterna Batista, Raysa Sales Teixeira, Larissa Chagas de Oliveira e Vinícius Eduardo Martino Fonseca que auxiliaram nos trabalhos de campo ou análises dos frutos. Ao Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira por ter cedido o Laboratório de Morfologia, Microscopia e Imagem (LAMOVI) para as análises de pólen, à Thayane Nogueira Araújo por ter auxiliado com a preparação das lâminas de pólen. BMCG agradece pela sua bolsa de mestrado ofertada pela CAPESA agradecemos imensamente ao fomento e apoio do CNPq e FAPEMIG para a realização do projeto.

REFERÊNCIAS

BARTELLI, B. F.; GUIMARÃES, B. M. C.; BORGES, N. C. M.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Not all about the buzz: licking, a new foraging behavior of bees in tomato flowers. *Journal of Apicultural Research*, 2021. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1954810>.

BARTELLI, B.F.; NOGUEIRA-FERREIRA F. H. Pollination services provided by

Melipona quadrifasciata Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Sociobiology*, v. 61, p. 510–516, 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.510-516>.

BARTELLI, B. F.; SANTOS, A. O. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Colony Performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). *Sociobiology*, v. 61, p. 60-67, 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1.60-67>.

BISPO DOS SANTOS, S.A.; ROSELINO, A.C.; HRNCIR, M.; BEGO, L.R. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, v.8, n. 2, p. 751-757, 2009. <https://doi.org/10.4238/vol8-2kerr015>.

BREEZE, T. D.; BAILEY, A. P.; BALCOMBE, K. G.; POTTS, S. G. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 142, p. 137-143, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.020>.

BUCHMANN, S. L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Eds.). *Handbook of Experimental Pollination Biology*. New York: Scientific and Academic Editions. p. 558, 1983.

CRUZ, D. O.; CAMPOS, L. A. O. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 15, p. 5-10. 2009.

COOLEY, H.; VALLEJO-MARÍN, M. Buzz-Pollinated Crops: A Global Review and Meta-analysis of the Effects of Supplemental Bee Pollination in Tomato. *Journal of Economic Entomology*, v. 114 (2), p. 505–519, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab009>.

DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETTI R. C., CAMPOS, L. A. O. Evaluation of the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, v. 98, n. 2, p. 260-266, 2005. <https://doi.org/10.1093/jee/98.2.260>.

ERDTMAN, G. *Angiosperms (An introduction to palynology I)*. Pollen Morphology and Plant Taxonomy, The Chronica Botanica CO, Waltham, Mass. U.S.A, 1960.

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture. The international response. En Freitas B.M. e J.O.P. Pereira (Eds.) *Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Imprensa Universitária, Fortaleza, Brasil. p. 19-25, 2004.

FREITAS, B. M. & PINHEIRO, J. N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 282-298, 2010. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.17>

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review Entomology*, v. 44, p. 183-206, 1999. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.183>.

IBGE. 2016. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 23 de novembro de 2017.

IMANISHI, S., & HIURA, I. Relationship between fruit weight and seed content in the tomato. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 44(1), 33-40, 1975. <https://doi.org/10.2503/jjshs.44.33>.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, v.8, p. 468–79, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00751.x>

NOVAIS, S. M. A.; NUNES, C. A.; SANTOS, N. B.; D'AMICO, A. R.; FERNANDES, G. W.; QUESADA, M.; ... NEVES, A. C. O. Effects of a possible pollinator crisis on food crop production in Brazil. *PLoS ONE*, v. 11, n. 11, p. 1–12, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167292>.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; DA SILVA, C. I.; ROLDÃO, Y. S., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. *Apidologie*. v. 44, n. 5, p. 537–546, 2013. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0204-y>.

PINHEIRO, J. N. & FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.16>.

RABELO, L. S. *Diversidade de fontes de pólen utilizadas por abelhas Centridini em áreas do Cerrado*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Instituto de Biologia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

RASMUSSEN, C.; NIEH, J.C.; BIESMEIJER, J.C. *Foraging biology of neglected bee pollinators*. [Editorial] *Psyche*, p.1-2, 2010. <https://doi.org/10.1155/2010/134028>.

ROSA, R.; LIMA, S. C. C.; ASSUNÇÃO, W.L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *S & N*, n. 3, p. 91-108, 1991.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. *Contribuição à palinologia dos Cerrados*. Academia Brasileira de Ciências, 1973.

SANTOS, A. O. R. *Polinizadores potenciais de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) em áreas de cultivo aberto*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Instituto de Biologia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SANTOS, A. O. R., BARTELLI, B. F., NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. 2014. Potential Pollinators of Tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in Open Crops and

the Effect of a Solitary Bee in Fruit Set and Quality. *Journal of Economic Entomology*, v.107, p.987 - 994, 2014. <https://doi.org/10.1603/EC13378>.

SERRA, B. D. V.; CAMPOS, L. O. Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). *Neotropical Entomology*, v. 39, n. 2, p. 153–159, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000200002>.

SILVA-NETO, C. M.; LIMA, F. G.; GONÇALVES, B. B.; BERGAMINI, L. L.; BERGAMINI, B. A. R.; ELIAS, M. A. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Native Bees Pollinate Tomato Flowers and Increase Fruit Production. *Journal of Pollination Ecology*, v. 11, n. 6, p. 41-45, 2013.

VELTHUIS, H. H. W. The historical background of the domestication of the bumblebee, *Bombus terrestris*, and its introduction in agriculture. In: P. G. Kevan & V. L. Imperatriz-Fonseca (eds) - *Pollinating Bees – The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, p. 177-184, 2002.

VILHENA, A. M. G. F., RABELO, L. S., BASTOS, E. M. A. F., & AUGUSTO, S. C. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie*, v. 43, n. 1, p. 51-62, 2012. <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0081-1>.

VINICIUS-SILVA, R.; PARMA, D. F.; TOSTES, R. B.; ARRUDA, V. M.; WERNECK, M. V. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea* 44 (3), 2017. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-07/2017>.

INCREASE OF POLLINATORS IN TOMATO CROPS

ABSTRACT – Bees stand out as the main pollinators of agricultural crops and natural environments. If crop pollination is well conducted an increase in the quality of the fruits produced is expected. The objective of this work was to analyze the effect of the pollinators increment in a tomato crop, using the stingless bee *Melipona quadrifasciata* as object of study. The effect of bee's diversity on tomato fruit production and quality was evaluated before and after the introduction of nests in the growing area. As a consequence of the introduction, the number of fruit's seeds were higher after the increase of pollinators. To verify if the foragers of *M. quadrifasciata* were visiting the tomato crop, analyzes of the pollen mass stored in the colonies were conducted. The result was positive. Therefore, the increase in seeds number can be attributed to these bee's influence. From this study it is concluded that *M. quadrifasciata* presents great potential as tomato pollinator in open crops. But to make the introduction of the colonies possible it is necessary to rethink the conventional management of this crop.

KEYWORDS: Pollination; Pollen; Stingless bee.

AVALIAÇÃO DA CONSERVAÇÃO DE RIACHOS POR MEIO DE PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA NA FORMAÇÃO ARENITO-CAIUÁ

Rafaela Moreira

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/0444981319793282

Yara Campos Miranda

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/0018928274834963

Patrícia Almeida Sacramento

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/6207995340594605

RESUMO - O Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) é uma metodologia rápida e viável, contempla parâmetros que avaliam a estrutura física dos riachos e, remetem à condição do estado de conservação dos corpos hídricos. Baseado nisso, este trabalho teve como objetivo investigar a condição de conservação de riachos inseridos no perímetro urbano e rural do município de Umuarama-PR através de um PAR adaptado para a formação do Arenito-Caiuí. Foram analisados três riachos pertencentes a área urbana e três riachos próximos a pasto. Dentre

os riachos investigados, apenas dois foram inseridos na condição de conservação boa, sendo um urbano e um próximo à pastagem. Os demais riachos foram categorizados na condição regular. Os riachos estudados estão sob efeitos de impactos ambientais associados ao uso e ocupação do solo. Entre os principais impactos observados estão a extensão da mata ciliar que é estreita quando presente e alterações no canal como presença de pontes e canalizações. Os riachos precisam ser monitorados a longo prazo e medidas de recuperação futuras devem ser adotadas para a melhoria da condição ambiental desses corpos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Córrego; Monitoramento ambiental; Mata ciliar.

1. INTRODUÇÃO

A formação do Arenito Caiuí é caracterizada pela textura arenosa, baixos teores de matéria orgânica e contempla mais da metade da região Noroeste do Paraná (SAMBATTI et al., 2003). A ocupação humana desordenada nesta região, principalmente ao longo dos vales dos rios Ivaí e Piquiri, acarretou fortes impactos na região, dentre os

quais pode-se destacar, a alteração do clima local, proliferação de pragas agrícolas, perda do solo causada pela erosão, perda da biodiversidade através da erradicação da floresta original e, por conseguinte, o desaparecimento de espécies animais e vegetais (OLIVEIRA, 2003). O uso inadequado da terra, aliado a falta de conservação e manutenção dos recursos naturais, provocou erosão em amplas áreas cultivadas sobre os solos da formação Arenito Caiuá (CHICATI et al., 2008).

Os corpos aquáticos de pequeno porte estão intimamente relacionados com a vegetação adjacente, a mata ciliar. Riachos localizados em áreas protegidas, conservadas, apresentam características mais saudáveis por possuírem na sua adjacência as matas ciliares, que são fundamentais para o equilíbrio ecológico (AUGUSTUS, 2012; GRAZIANO; DEGUIRE; SURASINGHE, 2022). Embora seja reconhecida a importância dos riachos na captação inicial de recursos provenientes da vegetação ripária (NAIMAN, DECAMPS, 1997), esses ecossistemas têm sido negligenciados ao longo do tempo em decorrência do aumento da urbanização e de áreas para cultivo agropastoril, acarretando perda de serviços ecossistêmicos (ALBERT et al., 2021; RÍOS-TOUMA et al., 2022). Devido ao elevado grau de deterioração dos ambientes de riachos, metodologias que avaliem a “saúde” de um ecossistema aquático de maneira fácil e rápida são úteis como subsídios para uma análise integrada da qualidade ambiental (RODRIGUES et al., 2008). Os protocolos de avaliação rápida (PAR) constituem-se em metodologia simples, rápida e viável com o devido treinamento e são úteis na tomada de medidas que visam a minimização de impactos ambientais. (RODRIGUES, 2008). Assim, esse estudo teve como objetivo investigar a condição ambiental de seis riachos inseridos em áreas urbanas e em áreas de pastagem, por meio de um PAR adaptado para a formação do Arenito Caiuá.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

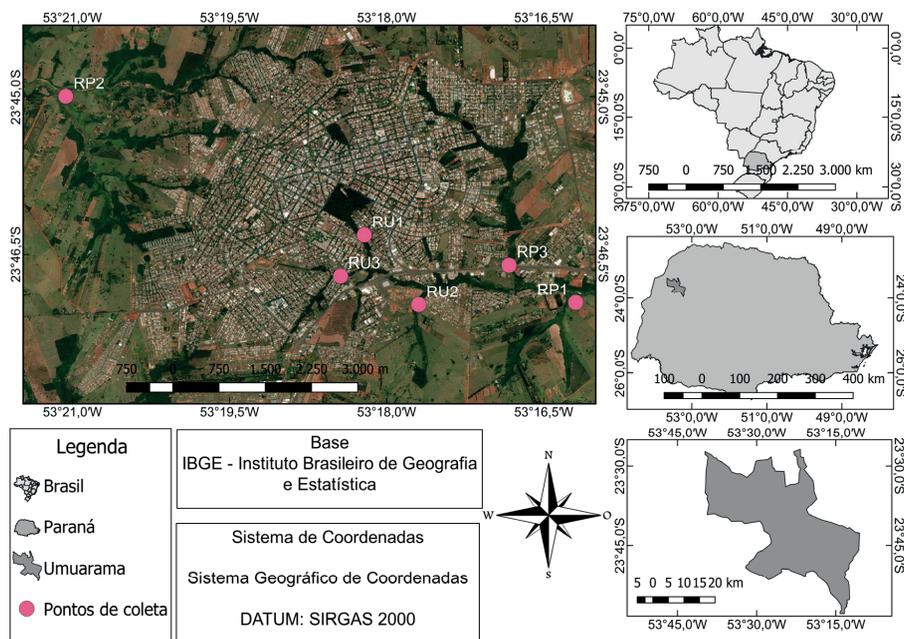
O município de Umuarama possui uma área territorial de 1.225 Km² e está localizado no Terceiro Planalto paranaense, na formação geológica Caiuá (TRABAQUINI et al., 2011), sob o domínio vegetacional da Floresta Estacional Semidecidual, do bioma Mata Atlântica (BAZZO, 2007). O município se encontra a 430 m acima do nível do mar (BAZZO, 2007), entre as latitudes 23°26'11"S e 23°58'22"S e longitudes 53°10'22"W e 53°40'36"O (TRABAQUINI et al., 2011).

Os riachos escolhidos para este estudo estão inseridos no perímetro urbano e rural de Umuarama (Figura 1) e contemplam diferentes tipos de uso do solo, como riachos com influência urbana, denominados de riachos urbanos, caracterizados pela inserção na cidade, sujeitos a barulhos externos, especialmente de automóveis e seu entorno ser rodeado por moradias. Os

riachos inseridos em locais em que o uso e ocupação do solo é destinado para o pasto foram denominados de riachos de pastagem, caracterizados por apresentarem gramíneas como a principal forma de vegetação e a presença de pisoteio e fezes bovinas.

Os riachos foram avaliados pontualmente em um único trecho de aproximadamente 20 m no mês de outubro de 2015. A escolha dos 20 m para a análise se deu como forma de padronizar, pois em alguns riachos não foi possível ter a visão de mais de 20 m sem se deslocar devido a sinuosidade do canal. Os riachos urbanos (RU) avaliados foram: o córrego Mimosa (RU1), o riacho próximo ao loteamento (RU2) e o riacho próximo ao centro poliesportivo (RU3). Os riachos de pastagem (RP) investigados foram: riacho próximo à Estação de Tratamento de Esgoto – ETE (RP1), riacho próximo à chácara Damaceno (RP2) e um riacho que passa embaixo da rodovia BR-323 (RP3).

Figura 1: Localização dos riachos urbanos e de pastagem analisados no município de Umuarama, Paraná



Aplicação do PAR

O PAR utilizado neste trabalho foi adaptado por Cionek et al. (2011) para a formação do Arenito Caiuá. O PAR se baseia na análise de nove parâmetros que contemplam informações úteis para monitoramento de corpos aquáticos de pequeno porte. No PAR são avaliados os seguintes parâmetros:

- 1) Substrato de fundo;
- 2) Complexidade do habitat submerso;
- 3) Variação de velocidade e profundidade
- 4) Sinuosidade do canal;
- 5) Flutuações de nível do canal;
- 6) Alterações no canal;
- 7) Estabilidade dos barrancos;
- 8) Proteção vegetal das margens;
- 9) Estado de conservação da vegetação do entorno.

Para cada parâmetro no PAR atribuiu-se uma pontuação entre 0 e 20 pontos, correspondente à condição de conservação da categoria avaliada. Os valores estão distribuídos com base no estresse ambiental observado no local de avaliação. As maiores pontuações (16-20 pontos) são atribuídas para uma condição denominada de “ótima”, (11-15 pontos) para uma condição “boa”, (6-10 pontos) para uma condição “regular” e entre 0 e 5 pontos, para uma condição “péssima”. Para os parâmetros 7, 8 e 9, a pontuação varia entre 0 e 10 pontos.

Análise de dados

Os trechos dos seis riachos foram avaliados qualitativamente. Primeiro foi avaliado a pontuação total que é obtida somando os pontos atribuídos a cada um dos parâmetros do PAR, fornecendo informações quanto à condição de conservação dos trechos analisados (Tabela I). Posteriormente foi avaliado qualitativamente a pontuação atribuída a cada um dos parâmetros separadamente. Os gráficos foram gerados no Software STATISTICA 7.0®. A aplicação do PAR em corpos aquáticos inseridos em locais com diferentes tipos de uso e ocupação do solo permite inferir sobre a condição de conservação em riachos submetidos a distintos tipos de estresse ambiental.

Tabela 1: Amplitude da somatória das notas corresponde à avaliação das diferentes condições de conservação do trecho analisado.

Condição de Conservação	Notas
Ótima	124 a 160
Boa	81 a 123
Regular	38 a 80
Péssima	0 a 37

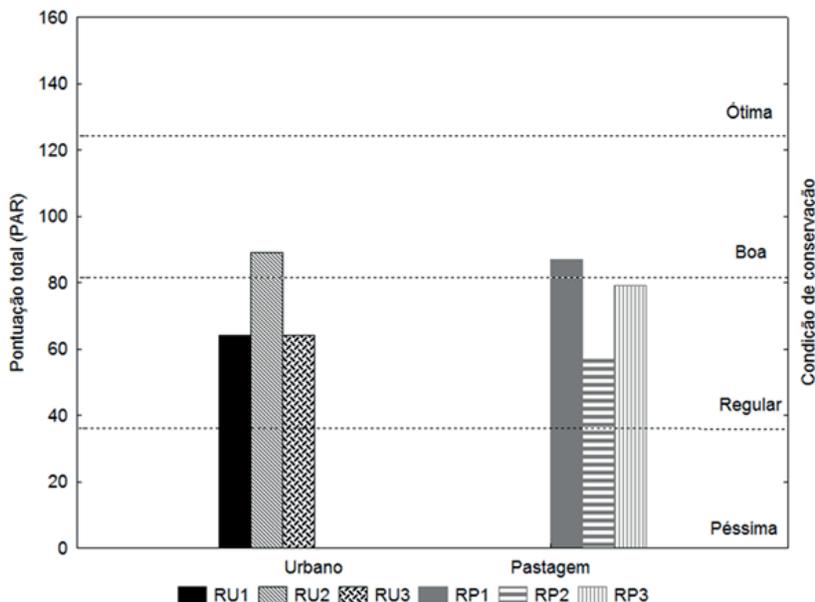
Fonte: CIONEK; BEAUMORD; BENEDITO (2011)

3. RESULTADOS

De acordo com a pontuação total atribuída para os nove parâmetros do

PAR, os riachos RU2 e RP1 foram inseridos na condição de conservação boa e os demais na condição de conservação regular (Figura 8).

Figura 2: Resultado da aplicação do protocolo nos trechos dos riachos urbanos (RU) e riachos de pastagem (RP)



Os resultados atribuídos para cada um dos parâmetros variaram dentro das categorias dos riachos, com pontuações referentes à condição de conservação péssima, regular, boa e ótima (Figura 3).

Parâmetro 1: Substrato de fundo

Este parâmetro contempla os diferentes tipos de substratos observados dentro dos riachos, caracterizados pela presença de folhas, galhos, troncos, vegetação submersa, deposição de matéria orgânica, seixos e pedras. Os substratos de fundo são importantes por disponibilizarem diferentes nichos para a fauna aquática e para as algas perifíticas, promovendo o aumento da diversidade biológica. Os três riachos urbanos (Figura 3) apresentaram a mesma pontuação (2 pontos), que se enquadra em uma condição péssima. Esse valor foi atribuído devido à pequena quantidade ou ausência de substratos de fundo, tais como cascalhos e seixos, troncos, galhos e folhas caídas na água, vegetação aquática submersa e deposição de matéria orgânica no canal. O RP1 (Figura 3 e 4), apresentou uma alta pontuação (14 pontos), sendo classificado em condição boa. Apesar da influência do

pasto, a vegetação localizada nas margens deste riacho disponibiliza matéria orgânica que é carregada para dentro do mesmo, fornecendo substrato para colonização de comunidades aquáticas.

O RP1 (Figura 3 e 4), apresentou uma alta pontuação (14 pontos), sendo classificado em condição boa. Apesar da influência do pasto, a vegetação localizada nas margens deste riacho disponibiliza matéria orgânica que é carregada para dentro do mesmo, fornecendo substrato para colonização de comunidades aquáticas.

Figura 3: Resultado da pontuação atribuída para os nove parâmetros contemplados no protocolo, nos trechos de riachos urbanos (RU) e riachos de pastagem (RP). MD: margem direita; ME: margem esquerda.

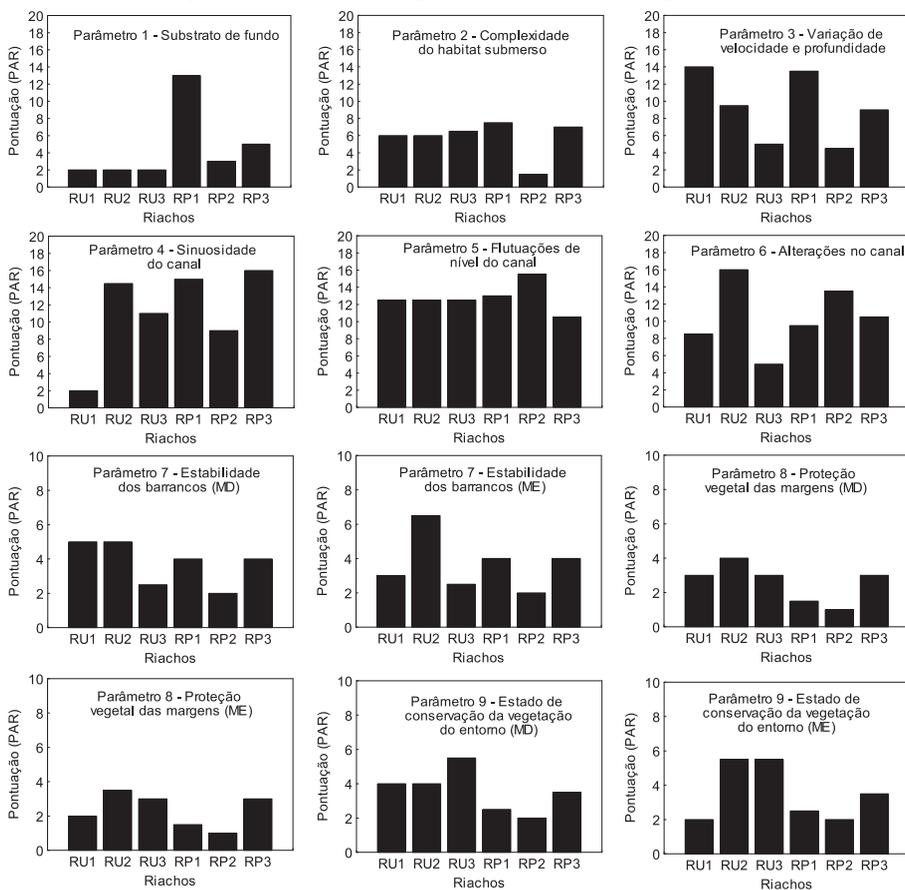
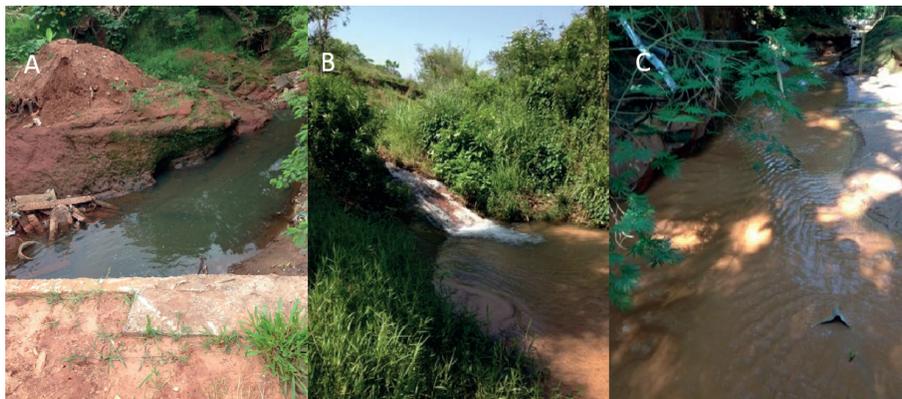


Figura 4: Substrato de fundo dos trechos avaliados dos riachos urbanos, RU1 (A), RU2 (B) e RU3 (C)



O RP2 (Figura 3) e o RP3 (Figura 5) receberam pontuações de 3 e 5 pontos, respectivamente, caracterizando uma condição péssima. Esse valor foi atribuído por apresentarem menos de 25% do trecho composto por troncos, folhas e galhos no canal (Figura 5).

Figura 5: Substrato de fundo dos trechos avaliados dos riachos próximos à pastagem, RP1 (A), RP2 (B) e RP3 (C)



Parâmetro 2: Complexidade do habitat submerso

Este parâmetro avalia a heterogeneidade do substrato de fundo, a presença de pequenos remansos e cachoeiras proporcionados pelos substratos. Os riachos RU1, RU2 e RU3, apresentaram respectivamente, 6, 6 e 7 pontos, enquadrados categoria regular, pois em todos pôde-se observar a ocorrência de pequenas cachoeiras (Figuras 3 e 6). A pontuação mais

elevada para o RU3 foi devido ao remanso evidente.

Figura 6: Habitat Submerso dos trechos avaliados dos riachos urbanos, RU1 (A), RU2 (B) e RU3 (C)



Os riachos próximos à pastagem receberam a pontuação de 07, 02 e 06, e se enquadram na categoria regular, péssima e regular, respectivamente (Figura 3). Os riachos RP1 e RP3 apresentaram entre 26% a 50% do trecho com habitats em potencial, como deposição de matéria orgânica no leito do riacho, galhos e folhas caídas e presença de pequenas cachoeiras (Figura 7). O RP2 teve sua pontuação menor pela ausência de remanso, cachoeira e vegetação marginal.

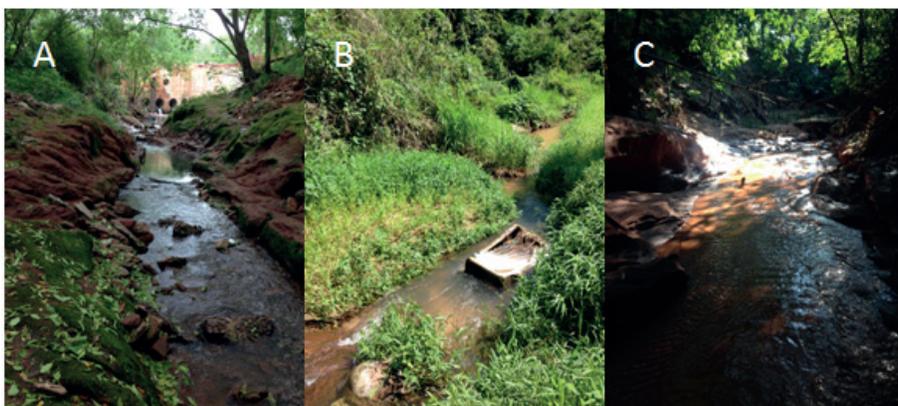
Figura 7: Habitat Submerso dos trechos avaliados dos riachos próximos à pastagem, RP1 (A), RP2 (B) e RP3 (C)



Parâmetro 3: Variação de velocidade e profundidade

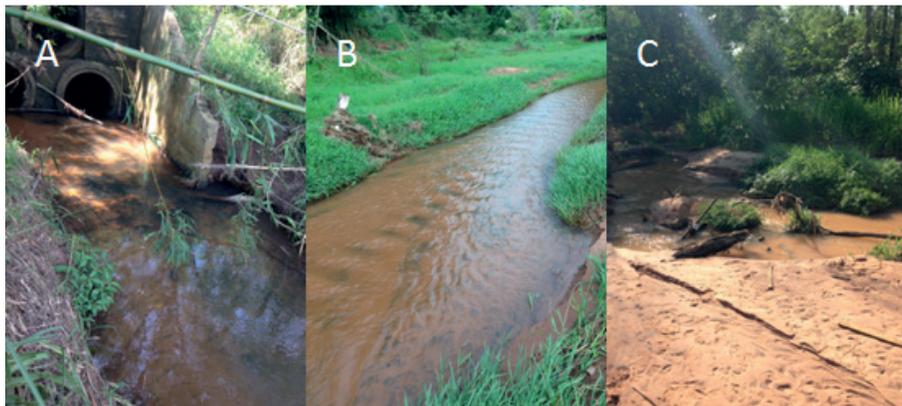
Este parâmetro avalia a variação da velocidade e da profundidade, sendo os maiores valores atribuídos à ocorrência de diferentes tipos de regimes, sendo eles, rápido/raso, lento/raso, rápido/profundo e lento/profundo. Os riachos RU1, RU2 e RU3, apresentaram a pontuação de 14, 10 e 05, respectivamente, enquadrados nas categorias boa, regular e péssima (Figura 3). O RU1 (Figura 8) apresentou três tipos de regimes, sendo eles: rápido/fundo, rápido/raso e lento/raso. O RU2 (Figura 8) apresentou dois tipos de regime e o RU3 (Figura 8) obteve a pontuação mais baixa, pois apresentou apenas um tipo de regime, que foi o raso/rápido.

Figura 8: Variação da velocidade e profundidade dos riachos urbanos RU1 (A), RU2 (B) e RU3 (C)



Os riachos próximos à pastagem receberam a pontuação de 14, 04 e 08, e se enquadraram na categoria de boa, péssima e regular, respectivamente (Figura 3). No RP1 foi constatado a presença de três regimes, rápido/fundo, rápido/raso e lento/raso, o RP2, apresentou apenas um regime (rápido/raso) e no RP3 dois regimes, rápido/raso e rápido/fundo (Figura 9).

Figura 9: Variação da velocidade e profundidade dos riachos próximos à pastagem, RP1 (A), RP2 (B) e RP3 (C)



Parâmetro 4: Sinuosidade do canal

Este parâmetro avalia a ocorrência de curvas e meandros ao longo do trecho investigado. Quanto maior o número de curvas, ou seja, quanto maior a sinuosidade do canal, menor o impacto exercido pela força da água no carreamento das estruturas dentro do riacho. Os riachos RU1, RU2 e RU3 receberam a pontuação de 02, 14 e 07, respectivamente (Figura 3). O trecho avaliado de RU1 é canalizado à montante e em decorrência deste impacto, apresenta o canal retilíneo, desprovido de curvas, e por isso foi inserido na categoria péssima. O RU2 foi incluído na categoria boa, pois apresentou curvas menos acentuadas e distantes e o RU3, ficou na categoria regular, pois o trecho analisado apresentou poucas curvas suaves e distantes. Os riachos próximos à pastagem receberam 15, 08 e 16 pontos, sendo na categoria boa, regular e ótima, respectivamente. O RP1 e o RP3 apresentaram a ocorrência de curvas acentuadas e evidentes ao longo do trecho avaliado, sendo que o RP1 apresentou curvas menos acentuadas e mais distantes.

Parâmetro 5: Flutuações de nível do canal

Este parâmetro avalia a exposição dos substratos de fundo no corpo hídrico. Os riachos urbanos, receberam a pontuação de 13, 13 e 13, sendo enquadrados na categoria boa (Figura 3). Nos três locais a água do riacho preencheu praticamente todo o canal, deixando poucos substratos expostos. Os riachos próximos à pastagem, receberam a pontuação de 13, 15 e 10, e se enquadraram na categoria de boa, e regular, respectivamente. Para os riachos RP1 e RP2 a água preencheu mais de 75% do canal, deixando apenas 25% dos substratos à exposição e no RP3 a água preencheu entre 25% e 75% do canal.

Parâmetro 6: Alterações no canal

Os riachos urbanos, receberam a pontuação de 9, 16 e 5, sendo enquadrados na categoria regular, ótima e péssima (Figura 3). O RU1 tem a presença de uma ponte, sendo necessário a canalização para transpor o riacho para o outro lado da via, modificando o curso natural do riacho. O RU2 não aparenta alteração antrópica no curso do riacho, desta forma o mesmo segue seu curso natural, e o RU3 à montante do trecho avaliado é canalizado por vários metros o que leva a um grande impacto, alterando bruscamente o curso natural do riacho (Figura 10).

Figura 10: Alteração do canal dos riachos urbanos, RU1 (A), RU2 (B) e RU3 (C)



Os riachos RP1 e RP3 receberam 10 pontos, enquadrados na condição regular e o RP2, 13 pontos, inserido na condição boa (Figura 3). O RP1 apresenta canalização para transpor uma via, o RP2 apresenta uma ponte, porém a canalização utilizada para a travessia do fluxo do riacho praticamente não altera o curso natural do riacho, sendo uma canalização aberta apenas para a passagem da via e o RP3 sofreu os impactos causados pela ação antrópica, pois a via no qual ele está localizado é uma via dupla, desta forma a sua canalização exigiu uma construção maior alterando o curso do riacho para a canalização (Figura 11).

Figura 11: Alteração do canal dos riachos próximo à pastagem, RP1 (A), RP2 (B) e RP3 (C)



Parâmetro 7: Estabilidade dos barrancos

Os riachos RU1 e RU2 receberam 3 pontos e foram incluídos na condição regular e o RU2 recebeu 7 pontos, inserido na condição boa para a margem esquerda (Figura 3). Já para a margem direita a pontuação atribuída foi de 5 pontos para RU1 e RU2 e 3 para o RU3 (Figura 3). As margens dos riachos apresentaram processos erosivos evidentes e presença mínima de vegetação.

Os riachos RP1 e RP3 receberam 4 pontos e o RP2, 2 pontos para as duas margens. No RP1 e RP3 foi observado a exposição de raízes de indivíduos arbóreos de grande porte e processos erosivos evidentes. No RP2 não há presença de vegetação marginal arbórea, apenas gramínea, o que deixa as margens expostas ao pisoteio do gado.

Parâmetro 8: Proteção vegetal das margens

Os riachos urbanos receberam a pontuação para a margem direita de 3, 4 e 3, sendo todos enquadrados na categoria regular e para a margem esquerda de 2, 4 e 3, enquadrando na categoria péssima e regular (Figura 3). Essas pontuações são decorrentes da pequena extensão de cobertura vegetal presente nas margens. Os riachos RP1 e RP2 receberam a pontuação de 2 e 1, inseridos na condição péssima e o RP3, 3 pontos, na categoria regular. Os pontos foram os mesmos para as duas margens. Assim como nos riachos urbanos, a extensão da faixa de cobertura vegetal é pequena.

Parâmetro 9: Estado de conservação da vegetação de entorno

Este parâmetro contempla o estado de conservação das matas ciliares, a composição das mesmas em relação à origem, nativas ou exóticas, e a extensão da faixa marginal desta vegetação. Os riachos urbanos, receberam a pontuação para a margem direita de 4, 4 e 5, sendo todos enquadrados na categoria regular (Figura 3). Os pontos atribuídos foram decorrentes

da presença de espécies exóticas e pouco resquício de vegetação nativa, associada a presença de impactos antrópicos. Para a margem esquerda os riachos receberam a pontuação de 2, 5 e 5, se enquadrando na categoria péssima, regular e regular. A atribuição na categoria péssima mostra que a vegetação marginal é praticamente inexistente. Os riachos RP1, RP2 e RP3 receberam a mesma pontuação para as margens direita e esquerda, de 3, 2 e 4, respectivamente, sendo inseridos nas condições regular e péssima. Esses valores foram em razão da ausência de vegetação marginal ou ainda da presença de espécies exóticas nos trechos avaliados.

4. DISCUSSÃO

Os trechos dos riachos investigados foram classificados quanto à condição de conservação em boa (RU2 e RP1) e em regular (os demais riachos). Vale ressaltar, no entanto, que mesmo inseridos numa condição boa de conservação, a pontuação ainda é baixa dentro dessa classificação. Os parâmetros que receberam pontuações menores foram aqueles relacionados diretamente (7, 8 e 9) e indiretamente com a mata ciliar (1 e 2). Esta vegetação atua como barreira física à entrada de compostos indesejáveis nos corpos aquáticos; previne o assoreamento nas margens dos riachos, reduz a força da água que entra nos corpos aquáticos e atua como principal regulador da entrada de matéria orgânica nesses ecossistemas (PUSEY, ARTHINGTON, 2003).

A matéria orgânica advinda da mata ciliar é carregada para os riachos fornecendo alimento e abrigo para a comunidade aquática (VANNOTE et al., 1980; ABILHOA et al., 2010; GRAZIANO; DEGUIRE; SURASINGHE, 2022). A matéria orgânica particulada é fragmentada ao longo do contínuo do rio, disponibilizando nutrientes importantes para corpos aquáticos maiores (VANNOTE et al., 1980). Portanto, a importância da presença de florestas ao longo dos rios e ao redor de lagos e reservatórios fundamenta-se no amplo espectro de benefícios que este tipo de vegetação traz ao ecossistema, exercendo função protetora sobre os recursos naturais bióticos e/ou abióticos (DURIGAN, SILVEIRA, 1999; GRAZIANO; DEGUIRE; SURASINGHE, 2022).

Segundo Rodrigues et al. (2010), a retirada da mata ciliar associada à declividade do terreno exerce influência na infiltração da água da chuva e na velocidade do escoamento superficial, e conseqüentemente provoca um aumento na carga sedimentar recebida pelo corpo d'água. Os mesmos autores ressaltam que a avaliação dos parâmetros “sinuosidade do canal” e “alterações no canal”, é possível perceber a influência dos processos ligados à dinâmica externa, capazes de modificar o funcionamento natural de um sistema fluvial.

O PAR foi utilizado como um método de avaliação qualitativo visual em que mostra o estado de conservação dos riachos investigados. De acordo com Krupek (2010), o uso do protocolo de avaliação rápida foi

uma ferramenta importante para o processo de análise de duas bacias de drenagem, obtendo através de voluntários a realização de um programa de monitoramento participativo, o qual permite avaliar a recuperação dos rios. Através do PAR foi possível constatar problemas ambientais que necessitam de atenção e através de medidas mitigadoras, monitorar para reduzir esses impactos a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ABILHOA V.; VITULE, J. R. S. & BORNATOWSKI, H. (2010). Feeding ecology of *Rivulus luelingi* (Aplocheiloidei: Rivulidae) in a Coastal Atlantic Rainforest stream, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 8, p. 813-818.

ALBERT, J. S., DESTOUNI, G., DUKE-SYLVESTER, S.M.; MAGURRAN, A. E.; OBERDORFF, T.; REIS, R. E.; WINEMILLER, K. O.; RIPPLE, W. Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. **Ambio**, v. 50, p. 85-94, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>

BAZZO, F. As transformações sócio-ambientais resultantes do Pater – Programa de Arrendamento de Terras em Umuarama – PR no período de 1997 a 2000. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, 2007.

CHICATI, M. L.; NANNI, M. R.; CÉZAR, E.; DEMATTÊ, J. A. M.; OLIVEIRA, R. B. Caracterização de alguns atributos do solo e sua correlação com a paisagem em uma porção do noroeste do estado do Paraná. *Acta Sci. Agron.*, v. 30, p. 719-724, 2008.

CIONEK, V. M; BEAUMORD, A. C; BENEDITO, E. *Protocolo de avaliação rápida do ambiente para riachos inseridos na região do arenito caiúá – Noroeste do Paraná*. Editora da Universidade de Maringá, Fundamentum nº 72. 47p. , 2011.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. *Scientia Forestalis*, n. 56, p. 135-144, dez. 1999.

FRANÇA, J., et al. Avaliação ecológica da qualidade das águas (parâmetros físicos e químicos) dos riachos no RVS Mata do Junco, Capela, SE. III Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe, Aracaju/SE, 2010.

GRAZIANO, M. P.; DEGUIRE, A. K.; SURASINGHE, T. D. Riparian Buffers as a Critical Landscape Feature: Insights for Riverscape Conservation and Policy Renovations. **Diversity**, v. 14, n. 172, p. 1-20, 2022.

KRUPEK, R. A. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. **Ambiência Guarapuava** (PR) v. 6 n. 1 p.147 - 158 Jan./Abr. 2010.

NAIMAN, R. J.; DECAMPS, H. The ecology of interfaces – riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 28, p. 621-658, 1997.

OLIVEIRA, G. M. A legislação ambiental das APA'S como instrumento de gestão ambiental: estudo de caso das APA'S municipais de Ilha Grande no Paraná. Dissertação pela Universidade Federal de Santa Catarina, no programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2003.

PUSEY, B. J.; ARTHINGTON, A. H. (2003). Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research*, v. 54, p. 1-16.

RÍOS-TOUMA, B.; VILLAMARÍN, C.; JIJÓN, G.; CHECA, J.; GRANDA-ALBUJA, G.; BONIFAZ, E.; GUERRERO-LATORRE. Aquatic biodiversity loss in Andean urban streams. *Urban Ecosystems*, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11252-022-01248-1>

RODRIGUES, A. S. L. Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres do cerrado. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2008.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Outro Preto-MG através de um Protocolo de Avaliação Rápida. *Revista de estudos ambientais*, v. 10, n. 1, p. 74-83, 2008.

RODRIGUES, A.S.L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P.T.A. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. *Sabios-Revista de Saúde e Biologia*, v. 5, n. 1, p. 26-42, 2010.

SAMBATTI, J. A.; SOUZA JUNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S.; TORMENA, C. A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH em solos da formação Caiuá – Noroeste do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 257-264, 2003.

TRABAQUINI, K.; MIGLIORANZA, E.; FRANÇA, V.; NETO, O. C. P. Caracterização de lavouras cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no município de Umuarama – PR. *Ciências e Agrotecnologia, Lavras*, v. 35, n. 1, p. 35-44, 2011.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL G. W.; CUMMINS K. W.; SEDELL J.R.; GUSHING E. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 37, p. 130-137, 1980.

ASSESSMENT OF STREAM CONSERVATION THROUGH A RAPID ASSESSMENT PROTOCOL IN THE ARENITO-CAIUÁ FORMATION

ABSTRACT - The Rapid Assessment Protocol (RAP) is a fast and viable methodology it includes parameters that assess the physical structure of streams and refer to the conservation condition status of water bodies. Based on this, this work aimed to investigate the streams conservation condition inserted in the urban and rural perimeter of the municipality of Umuarama-PR through a PAR adapted for the formation of Arenito-Caiuá. Three streams belonging to the urban area and three streams close to

pasture were analyzed. Among the streams investigated, only two were inserted in the good conservation condition, being one urban and one close to the pasture. The other streams were categorized in the regular condition. The streams studied are under the effects of environmental impacts associated with land use and occupation. Among the main impacts observed are the extension of the riparian forest which is narrow when present and changes in the channel such as the presence of bridges and canalizations. The streams need to be monitored in the long term and future recovery measures must be adopted to improve the environmental condition of these water bodies.

KEYWORDS: Stream; Environmental monitoring; Riparian forest.

UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE APOIO PARA A ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO OESTE - PR

Marcela Barbosa dos Santos

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/1785595040776240

Patrícia Almeida Sacramento

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/6207995340594605

Yara Campos Miranda

Universidade Estadual de Maringá,
Umuarama, Paraná

lattes.cnpq.br/0018928274834963

RESUMO - Um conjunto de fatores pode influenciar diretamente na vulnerabilidade ambiental de um local. A declividade, unida a intensificação da ocupação irregular dos ambientes exerce grande influência sobre um ecossistema, podendo acarretar na intensificação de impactos ambientais. A identificação e priorização de áreas de fragilidade facilita o planejamento territorial. Desta forma, o trabalho tem como objetivo analisar a vulnerabilidade ambiental das propriedades rurais do município de Cruzeiro do Oeste – PR. Para tanto,

foram utilizados dados do Instituto Água e Terra (IAT) e do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), e categorizados com o auxílio do software gratuito de geoprocessamento Qgis. Como resultado, foram identificadas que grande parte das propriedades rurais estavam com cadastro ambiental ativo, somando um total de 99,5%, onde o mapa de uso e ocupação da terra demonstrou uma certa predominância do uso da agricultura no município. Em razão disso, o mapa de vulnerabilidade ambiental constatou, em suma, um alto nível de vulnerabilidade nos entornos dos corpos hídricos, contribuindo com o entendimento da importância da proteção das Áreas de Preservação Permanente, e da necessidade de intensificação de programas que busquem regularizar a situação ambiental das propriedades rurais, priorizando as áreas com maior fragilidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Fragilidade Ambiental, Área de Preservação Permanente; Cadastro Ambiental Rural; Mapeamento.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico das áreas produtivas forneceu um aumento na qualidade de vida em diversas áreas da sociedade, porém, atrelado a essa evolução, vieram os impactos ambientais em todos os âmbitos, dos distintos ecossistemas existentes. Tal ocupação resultou principalmente, em débitos na cobertura vegetal do solo e consequentemente em ecossistemas mais vulneráveis (SANTOS, et al., 2017).

Levando em consideração a conservação dos recursos naturais e a minimização dos efeitos adversos, surgiu a necessidade de promover o desenvolvimento rural sustentável, e assim, com o Novo Código Florestal sancionado por meio da Lei nº 12.651/2012, criou-se o Cadastro Ambiental Rural (CAR). O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional que reúne informações ambientais das propriedades rurais, com o intuito de auxiliar nos mecanismos que o Estado dispõe para controle e conservação do meio ambiente, monitoramento dos imóveis rurais, planejamento ambiental, planejamento econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012^a).

Desta forma, o Novo Código Florestal, determina que o produtor rural tem a obrigação de realizar a regularização ambiental de seu imóvel, propriedade ou posse rural, e para auxiliar neste processo, a tecnologia conta com imagens de satélite que são integradas ao cadastro dos imóveis, e o acesso é seguro, tanto para proprietários e posseiros, quanto para os técnicos e gestores públicos (BRASIL, 2012a).

. Segundo Kawakubo et al. (2005) o mapeamento da vulnerabilidade ambiental pode ser visto como uma ferramenta utilizada pelos órgãos públicos que buscam um planejamento territorial ambiental coerente com as necessidades ambientais. É por meio deste mapeamento que surge a possibilidade de se avaliar as variáveis do meio ambiente estudado, pautando suas potencialidades, características e restrições.

Considerando que a busca pelo equilíbrio entre os sistemas naturais e a utilização dos recursos naturais é o grande desafio do homem perante a natureza, é importante contar com tecnologias que auxiliem neste propósito, e as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto hoje são ferramentas fundamentais para o mapeamento da vulnerabilidade ambiental e a delimitação das Áreas de Preservação Permanente e assim, contribuem de forma significativa nos ajustes para o melhor planejamento geográfico e melhor uso territorial (CATELANI e BATISTA, 2007). O conjunto de ferramentas que integra o Sistema de Informação Geográfico (SIG) contribui facilitando os processos que abrangem muitos elementos, possibilitando a união de dados de satélites, cartas topográficas e até mesmo informações pontuais com natureza e escalas distintas (VALLE et al., 2016).

Diante disso, este trabalho tem por objetivo principal retratar, por meio de análises do mapeamento, a realidade da vulnerabilidade ambiental do município de Cruzeiro do Oeste, dando importância às propriedades rurais,

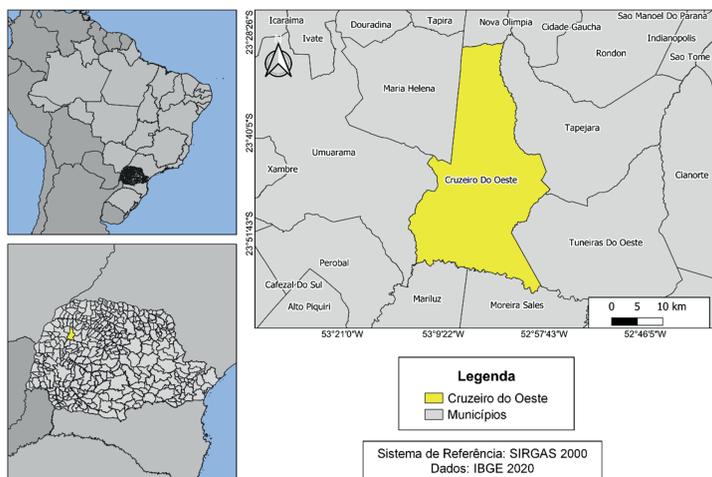
pautadas pelo Cadastro Ambiental Rural e as variáveis que constituem a real situação da área de estudo.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O município de Cruzeiro do Oeste (Figura 1), assim como sua área urbana, surgiu por meio de diversos condicionantes históricos, está localizado na região Noroeste do Estado do Paraná, a pouco mais de 551,54 km da capital Curitiba, com área territorial de 775,984 km² e uma população estimada de 20.962 habitantes (IBGE, 2021).

Figura 1: Localização de Cruzeiro do Oeste no Paraná e no Brasil



A divisão territorial do município é constituída por dois distritos: Cafeeiros e São Silvestre, apresenta uma localização no declive do Terceiro Planalto, com altitudes que variam entre 300 e 600 metros (CRUZEIRO DO OESTE, 2021). De acordo com a classificação de Koppen-Geiger o Clima é Tropical com o mês mais frio apresentando temperatura média superior a 18°C, o inverno é mais seco, com verão quente e chuvoso com médias superiores a 22°C (NITSCHKE et al., 2019).

2.2. Coleta de dados

Para a realização do mapa da situação cadastrada, foram utilizadas imagens do Cadastro Ambiental Rural (CAR), disponibilizadas gratuitamente pelo site do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR). Os

dados são constituídos pelo número de imóveis cadastrados; o tipo dos imóveis; a situação do cadastro que pode ser ativo, pendente ou cancelado e a condição do cadastro, levando em consideração a área e módulos fiscais (SICAR, 2021). Para o mapa de declividade do município obteve-se os dados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Earth Explorer. O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado a partir dos dados do site IAT e o recorte foi feito a partir dos dados da malha municipal do IBGE. Por fim, o mapa de vulnerabilidade foi constituído por dados do site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o recorte da área de estudo também foi realizado a partir da malha municipal obtida pelo site do IBGE. Todos os dados são fornecidos por meio de arquivos vetoriais em formato *shapefile*.

A análise dos dados foi realizada através do processamento das imagens no *software* Qgis 3.16.11. Para o trabalho utilizou-se o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) geográfico, o SIRGAS 2000 com o EPSG: 4674. (SAGABINAZZI, et al., 2018).

Para a realização do mapa de declividade, os dados utilizados foram obtidos pelo site *Earth Explorer* que disponibiliza imagens de satélites. Foram utilizados dados SRTM e para um melhor entendimento das classes de declividade obteve-se a classificação definida pela Embrapa (1979), onde essa classificação pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Relação entre declividade e terreno

Declividade (%)	Relevo
0-3	Plano
3-8	Suave-ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Forte-ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Forte-montanhoso

Fonte: Adaptado de EMBRAPA

Após a obtenção dos dados do site do IAT, foi possível realizar o mapa de uso e ocupação do solo, onde foi realizado a categorização dos dados e definidas cinco divisões de uso e ocupação da terra (Tabela 2).

Tabela 2: Categorias do mapa uso e ocupação da terra

Categorias
Água
Áreas de vegetação natural

Áreas antrópicas agrícolas/Áreas de vegetação natural

Áreas antrópicas Agrícolas

Áreas antrópicas não agrícolas

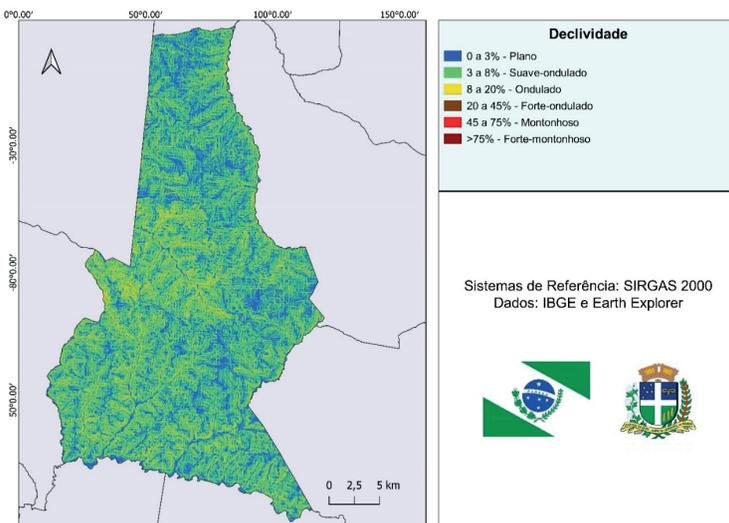
Fonte: Adaptado do Instituto Água e Terra (IAT)

Para a geração do mapa de vulnerabilidade ambiental também foi necessário obter os dados da Embrapa, realizando primeiramente o recorte da área estudada, a reprojeção das coordenadas e por fim, a categorização da área de interesse. A classificação foi realizada a partir da metodologia de Crepani et al. (2001), definida por meio do clima, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso da terra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a declividade (Figura 2), é possível observar que a área estudada apresenta variação na declividade em toda a sua extensão, onde as classes predominantes são de 0 a 3% que configuram em relevo plano e 3 a 8% caracterizada por relevos suave ondulados. Apresentando também pontos com classificação de 8 a 20% e alguns com 20 a 45%, que representam respectivamente os relevos ondulado e forte ondulado.

Figura 2: Mapa da declividade do município de Cruzeiro do Oeste - PR



Fonte: Adaptado pela autora. Dados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e EARTH EXPLORER (2021)

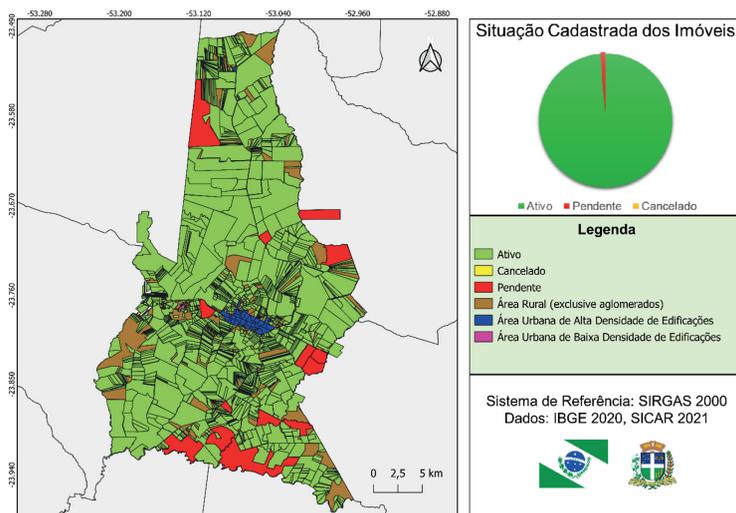
Entende-se, portanto, que a área estudada apresenta um terreno

plano em sua grande maioria com algumas ondulações. Essas características apresentadas são recomendadas para uso com agricultura intensiva (AGEITEC, 2015).

No que se refere a situação dos imóveis rurais, atualmente, o município de Cruzeiro do Oeste apresenta 99,5% dos imóveis rurais com a situação ativa, sendo assim um total de 1.278 imóveis rurais, 1% está com a situação pendente, totalizando 14 imóveis rurais, e 0,2% estão com a situação cancelada, apresentando um total de apenas 2 imóveis rurais (Figura 3).

Os imóveis com CAR ativo, em suma, são aqueles que apresentam uma atualização consistente de suas informações, sendo assim aprovado em todos os processos de regularização levando em consideração suas áreas de APP, RL, remanescentes de vegetação nativa e uso restrito. Já os imóveis que estão com a situação do CAR pendente assumem este posto por apresentarem informações incorretas, e irregularidades em áreas de APP, uso restrito, RL, áreas consolidadas e áreas de remanescentes de vegetação nativa. Há também os casos em que se sobrepõem imóveis em áreas de Terra Indígenas, UC, Terras da União, áreas embargadas, áreas consideradas impeditivas e até mesmo com outros imóveis rurais. Os imóveis com o CAR cancelado são considerados necessariamente desta forma por apresentarem informações falsas, enganosas ou omissas, total ou parcialmente (SICAR, 2021).

Figura 3: Mapa da situação cadastrada dos imóveis do município de Cruzeiro do Oeste - PR



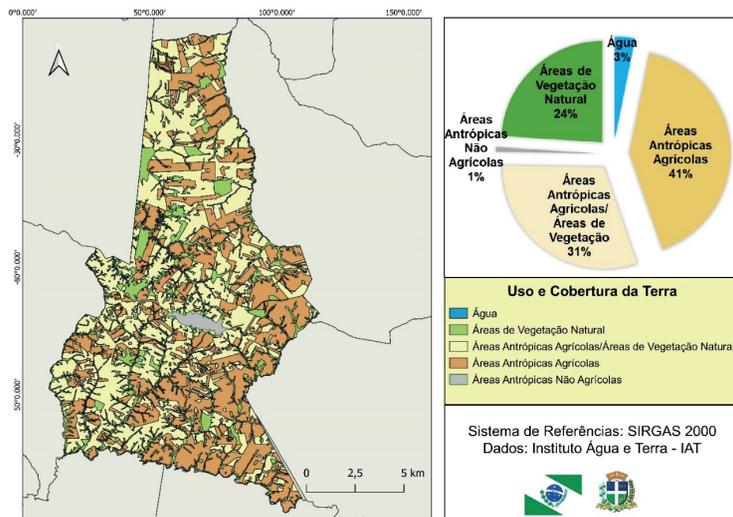
Fonte: Adaptado pela autora. Dados do site do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural - SICAR (2021) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

A grande efetividade de áreas regularizadas pode ter como possível motivo a aprovação das áreas consolidadas a partir do Novo Código Florestal (BRASIL,2012). Os dados cadastrados para Cruzeiro do Oeste demonstram que há uma porcentagem importante de área consolidada, apresentando 65,67% no total de 74.144,4 ha estudados. Um estudo realizado por Bierhals et al. (2020), para o município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul, apresenta resultados semelhantes, com 74,85% da cobertura do solo em área consolidada em seu local de estudo.

A aprovação de áreas rurais consolidadas favoreceu o processo de ocupação irregular de áreas de relevante interesse ecológico. De acordo com Moreira e Souza (2018) o Novo Código Florestal anistiu proprietários que haviam cometido crimes ambientais, punindo os que regularizaram suas propriedades.

Analisando o mapa de uso e ocupação da terra, (Figura 4), é possível observar que o uso predominante são as áreas antrópicas agrícolas que exerce grande influência na região leste do município com enfoque no Sudeste, e apresenta como principal ocupação a agricultura anual e perene.

Figura 4: Mapa de uso e ocupação da terra do município de Cruzeiro do Oeste - PR.



Fonte: Adaptado pela autora. Dados do site do Instituto Água e Terra – IAT (2021)

Lopes et al. (2017) também obtiveram resultado semelhante em sua área de estudo, e relacionou o resultado com o fato de a região estar inserida em uma área que está fortemente introduzida no setor agrícola. As áreas antrópicas não agrícolas configuram em áreas de concentração

residencial, rodoviária, de infraestrutura e serviços, compreendendo um total de 1% localizado no centro da área municipal, próxima ao sul. Cristo et al. (2017), relacionam a necessidade das áreas urbanizadas e construídas com o desenvolvimento do município.

Segundo Lensen (2006), a degradação do solo nas áreas rurais está relacionada aos limites impostos pela natureza, que em suma, são constantemente ignorados, juntamente com o conflito de usos existentes, aliados a má ocupação das áreas e as técnicas agrícolas e manejos indevidos. Diante disso, as áreas antrópicas agrícolas/áreas de vegetação natural são compostas em sua grande maioria por pastos, configurando uma área que abrange a agropecuária, uma prática antrópica que traz junto aos seus benefícios alimentares, o ônus da vulnerabilidade ambiental.

As áreas de corpos hídricos compreendem 3%, enquanto as áreas de vegetação natural que abrange floresta nativa e em sua maioria área de várzea apresenta 24% (Tabela 3). Santos (2019), defendem a ideia de preservar as áreas suprimidas evitando degradação dos recursos hídricos, dando assim a devida importância aos processos erosivos que estão intimamente ligados a degradação ambiental de um determinado local, visto que se retirada a vegetação natural em torno dos recursos hídricos, logo ocorrerá o processo de assoreamento e conseqüentemente com o passar do tempo, tem-se a perda deste recurso natural.

Tabela 3: Classes e subclasses do uso e ocupação da terra da área de estudo

Classes	Subclasses	Porcentagem (%)
Água	Rios de margem dupla; lagos; lagoas; barragens; represas; canais naturais ou artificiais; tanques d'água.	3
Áreas de vegetação natural	Floresta Nativa; Várzea.	24
Áreas antrópicas agrícolas/Áreas de vegetação natural	Pastagem/Campo	31
Áreas antrópicas agrícolas	Agricultura Anual; Agricultura Perene; Plantios Florestais;	41
Áreas antrópicas não agrícolas	Área Urbanizada; Área Construída; Solo exposto/ mineração.	1

Fonte: Adaptado do Instituto Água e Terra (IAT)

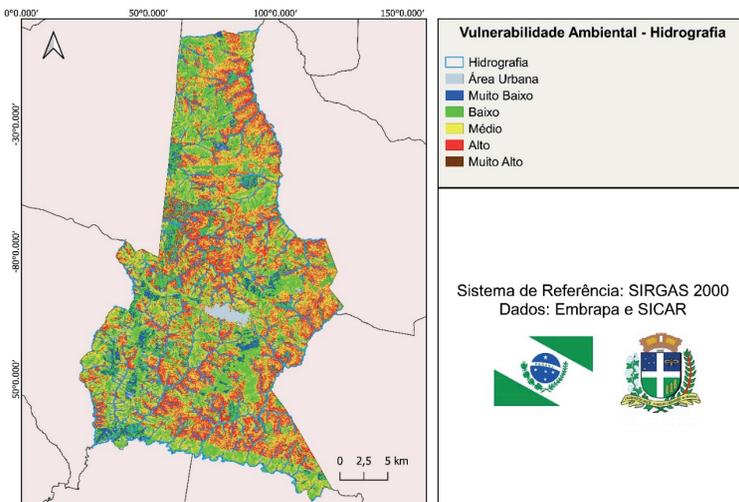
Fundamentado no modelo de Crepani et al. (2001), o mapa de vulnerabilidade ambiental está intimamente ligado ao potencial ecológico e a exploração antrópica. Trabalhando com o estudo da vulnerabilidade ambiental, Oliveira et al. (2018) verificaram que por meio desse método é possível obter resultados que tem por objetivo auxiliar na definição das áreas com maior ou menor vulnerabilidade. Partindo desses entendimentos, quando comparado o mapa de vulnerabilidade ambiental com o mapa de uso e ocupação da terra é possível observar que as áreas que apresentam maior vulnerabilidade são aquelas áreas antropizadas para o uso agrícola, que apresentam a maior porcentagem diante dos outros usos da terra.

Santos et al. (2007) demonstram que a região de Cruzeiro do Oeste localizada na unidade Planalto de Umuarama, apresenta alta vulnerabilidade a erosão, levando em consideração a ocorrência de Argissolos com textura arenosa/média e também Latossolos com textura média, este último, por sua vez, apresenta uma vulnerabilidade moderada a erosão laminar e linear, assim sendo, os autores recomendam que este tipo de solo seja utilizado para ocupação de práticas conservacionistas, evitando o uso que ocasiona concentração de água superficial.

Caughley e Sinclair (1994, apud GONÇALVES, 2019) defendem o manejo sustentável por meio de uma estratégia que respeite o limite máximo de aproveitamento dos recursos naturais sem que este ocasiona déficit, maximizando o crescimento do local em questão. Robinson e Redford (1994) também defendem o manejo sustentável, visando o máximo de recursos, sem tornar os ecossistemas e as populações vulneráveis.

Para contribuir no entendimento do estudo, foi elaborado também um mapa da vulnerabilidade ambiental onde ocorreu a sobreposição da camada que representa a hidrografia do município de Cruzeiro do Oeste. Por meio da Figura 5 é possível observar que a vulnerabilidade da área está intimamente atrelada a hidrografia, e não apenas às áreas dos imóveis rurais, ocupação do solo e a declividade mais plana.

Figura 5: Mapa de vulnerabilidade ambiental atrelado a hidrografia do município de Cruzeiro do Oeste - PR



Fonte: Adaptado pela autora. Dados do site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural - SICAR (2021)

Desta forma, é possível compreender que as áreas nos entornos dos corpos hídricos apresentam alto nível de vulnerabilidade. Corroborando com este fato, Silva et al. (2005) explanam a importância das áreas de matas e as associam à redução do escoamento superficial em direção aos corpos hídricos, defendendo indiretamente as áreas de preservação permanente. Após analisar todos os dados e comparar com os entendimentos de vulnerabilidade ambiental propostos, é possível compreender que todas as variáveis utilizadas levam ao entendimento que a agricultura pode influenciar significativamente na vulnerabilidade de um local e que o seu uso deve ser consciente e com uma abordagem convencional, que prese pelo equilíbrio, e não interfira ao ponto de comprometer os limites dos recursos disponibilizados pela natureza. As áreas de preservação permanentes se fazem extremamente necessárias para contribuir com a proteção do equilíbrio dos ecossistemas inseridos no estudo.

Com isso, a adesão a programas relacionados a recuperação de ecossistemas vulneráveis pautados em análises e mapeamentos ambientais, pode contribuir para a melhoria da qualidade ambiental do município em consonância com o atendimento a legislação ambiental vigente. Neste contexto, a contribuição das geotecnologias alinha o crescente esforço científico e tecnológico para a eficaz proteção do meio ambiente, sem excluir as necessidades humanas.

4. CONCLUSÃO

A partir da análise realizada no município de Cruzeiro do Oeste, pode-se concluir que o mapeamento da vulnerabilidade ambiental empregando técnicas de geoprocessamento e o cadastro ambiental rural proporciona uma ferramenta útil para o entendimento das áreas que necessitam de uma maior atenção.

Ao todo, foi observado que a vulnerabilidade no município de Cruzeiro do Oeste está ligada aos recursos hídricos e a ocupação do solo, deste modo, é indispensável manter a constante proteção das áreas de preservação permanente, ajustando, sempre que necessário, a busca incansável do uso e ocupação correta do solo, orientando-se pelo novo código florestal e as legislações pertinentes, e assim, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da economia do município.

Considerando que esse tema é de relevância para tomada de decisões e planejamento que busquem a promoção do desenvolvimento sustentável, é imprescindível propor que trabalhos futuros tragam melhores condições para a geração de mapas e conseqüentemente a identificação da vulnerabilidade ambiental, contribuindo cada vez mais para o monitoramento do cadastro ambiental rural auxiliando no controle e preservação do meio ambiente.

Para tanto, vale ressaltar que no intuito de melhorar a dinâmica do processo de monitoramento e regularização de imóveis e propriedades rurais, o Serviço Florestal Brasileiro vem desenvolvendo uma nova plataforma, o AnalisarCAR, que traz a proposta de uma análise mais dinamizada, trazendo mais agilidade às delimitações futuras, unindo a precisão dos dados ao Novo Código Florestal de 2012. Sendo assim, sugere-se que após a estabilidade desta ferramenta, novos estudos sejam realizados para a contribuição de novas perspectivas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Palácio do Planalto, 2012a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 06 set. 2021.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2007.

CREPANI, E. *et al.* Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: **INPE**, 100 p., 2001.

CRISTO, S. S. V. *et al.* Análise do Uso e Ocupação da Terra na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, estados do Tocantins e Bahia. **Geografia, Ensino &**

Pesquisa, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 182-191, 2016.

CRUZEIRO DO OESTE. Relatório do Plano Diretor da Cidade de Cruzeiro do Oeste. Cruzeiro do Oeste, PR: 2020. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-cruzeiro-do-oeste-pr>> Acesso em: 29 de set. de 2021.

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

GONÇALVES, J. G. **Empresa e sustentabilidade: o cadastro ambiental rural como instrumento efetivador do socioambientalismo**. 2019. Dissertação (Mestrado EM Ciências Ambientais) – Campus de São Paulo, Universidade do Brasil. São Paulo, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Cruzeiro do Oeste – PR**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/cruzeiro-do-oeste.html>>. Acesso em: 12 set. 2021.

LENSEN, R. E. **Relação entre erosão de declividade e as consequências erosivas na área do Morro Cerrito em Santa Maria – RS**. 2006. Monografia (Especialização em Geociências) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

LOPES, E. R. N. et al. Transformação antrópica da paisagem na bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2017, Santos. **Anais eletrônicos**: Santos, 2017. Disponível em: <<file:///C:/Users/Marcela%20Santos/Downloads/galao-proceedings--sbsr--59710.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2021.

SICAR - SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL. **Módulos de Relatório do Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/>>. Acesso em: 22 de set. de 2021.

MOREIRA, É. B. F.; SOUZA, J. C. Avaliação geoambiental da área de preservação permanente do córrego Mina d'água, Campinaçu, Goiás, Brasil. **Revista Geografia UEG**, v. 7, n. 1, p. 119-130, 2018.

NITSCHKE, P. R. *et al.* **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 20 nov. 2021.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, G. S. S. C.; RODRIGUES, S. C. Fragilidade ambiental e uso do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 54-67, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO DO OESTE. **Relevo do Município**. Disponível em: <<http://www.cruzeirodooeste.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368kcb0&id=1891>> Acesso em: 28 de set. de 2021.

ROBINSON, John G.; REDFORD, Kent H. Measuring the sustainability of hunting in tropical forests. **Oryx**, v. 28, n. 4, p. 249-256, 1994.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

SANTOS, L. A. C. *et al.* Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. **Revista Agro@ambiente**, v. 11, n. 2, p. 111-18, 2017.

SANTOS, L. A. N. **Geoprocessamento Aplicado na análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Japaratuba – SE**. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2019.

SANTOS, L. J. C. *et al.* Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, p. 812-820, 2017.

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

THE USE OF GEOPROCESSING AS A SUPPORT TOOL FOR THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL VULNERABILITY IN THE MUNICIPALITY OF CRUZEIRO DO OESTE - PR

ABSTRACT – A set of factors can directly influence the environmental vulnerability of a location. The declivity, together with the intensification of the irregular occupation of environments, exerts a great influence on an ecosystem, which may lead to the intensification of environmental impacts. Given the above and seeking resources that can be used to facilitate the analysis of environmental situation and the Rural Environmental Registry, this work, through the use of geotechnologies linked to a conceptual approach based on mapping, aims to analyze the environmental vulnerability of rural properties in the city of Cruzeiro do Oeste – PR through the registered situation, the slope together with the use and occupation of the land. For this purpose, data from the Instituto Água e Terra (IAT) and the National Rural Environmental Registry System (SICAR) were used, and these were mapped with the help of the free geoprocessing software Qgis. In the research, it was identified that a large part of the rural properties had an active environmental registry, totaling 99.5%, where the land use and occupation map showed the predominance of agricultural use in the municipality. As a result, the environmental vulnerability map demonstrated, in short, a high level of vulnerability in the surroundings of water bodies, contributing to the understanding of the importance of protecting permanent preservation areas, and the need to intensify programs that seek to regularize the environmental situation of rural properties, prioritizing areas with greater environmental fragility.

KEYWORDS: Environmental Fragility; Permanente Preservation Area; Rural Environmental Registry; Mapping.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abelhas 9, 32, 37-40, 42, 62-66, 68, 69, 71-75
Abelha-sem-ferrão 62
Agricultura 29, 32, 42, 63, 76, 93, 98-100, 102, 105
Algas 81
ANOSIM 50, 53
Anthoathecata 49
Áreas de fragilidade 10, 93
Áreas degradadas 9, 31, 33, 34, 36, 39, 41, 44
Arenito Caiuá 78, 90
Arrasto 49
Autopolinização 66, 68-70, 72

B

Bacia de Campos 11, 46-49, 56-58
Bovinos 9, 11, 13-15, 17, 18, 20, 29

C

Caatinga 40
Canalizações 77
CAR 94, 98
Comunidades 9, 40, 46, 51, 54, 55, 58, 82
Conservação 7, 9, 10, 12, 42, 44, 62, 64, 73, 75, 77, 78, 80, 81, 88, 89, 94, 104
Contaminação 15, 20
Corbícula 67, 71, 72
Córrego 77, 79, 104
Cruzeiro do Oeste 12, 93, 95, 97-99, 101-105
Cultivo aberto 64

D

Declividade 10, 89, 93, 96, 97, 101, 104
Desmatamento 94
Dispersão 15, 33, 72
Disseminação 13, 15, 20
Diversidade genética 14, 25
DNA 16, 17, 19, 25, 27

E

Ecossistemas 9, 31-33, 36, 42, 44, 78, 89, 94, 101, 102
Escherichia coli 9, 11, 13, 14, 16, 21, 25-29
Extinção 33, 34, 38

F

Fauna aquática 81
Filogrupo 14, 19, 24
Filotipagem 19
Frutos 9, 33, 39, 41, 62-64, 66, 68-73

G

Geoprocessamento 12, 91, 93, 94, 103, 105

H

Habitat submerso 83, 84
Hidrografia 101, 102
Hidromedusas 9, 11, 46, 47, 49, 61
Hidrozoários 46, 47
Holoplâncton 46

I

Imóveis rurais 98
Infecção 15, 20

M

- Mandaçaia 11, 62
 Manejo 9, 10, 13-15, 32, 44, 62-64, 73-75, 100, 101
 Mapeamento 94, 102, 103, 105
 Margem 82, 88, 100
 Mata ciliar 39, 77, 89, 90
 Matéria orgânica 77, 81, 82, 84, 89
 Meroplâncton 46
- N**
 Néctar 38, 39, 63
- O**
 Ocupação 10, 32, 57, 77, 79, 80, 93, 94, 96, 99-101, 103
 Operárias 62, 63, 63, 66, 67, 71-73
- P**
 PAR 77-80, 89-91
 Patógeno 9, 13-15, 22
 Planejamento territorial 94
 Pólen 33, 37, 38, 62, 63, 66, 67, 69, 71-73, 75
 Polinização 9-11, 31-34, 36-40, 62-64, 66, 69, 70, 72-74, 76
 Polinizadores 9, 11, 31-33, 36-43, 62-64, 66, 70, 72-75
 Pólipo 56
 Produtividade 41, 66
 Profundidade 56, 57, 80, 85, 86
- R**
 RAPD 14, 17, 25, 29
 Recuperação 9, 11, 31, 33, 34, 36, 39-44, 77, 90, 102
 Regulação 32
 Remanso 83, 84
 Riachos 10, 12, 77-90
 Rio de Janeiro 13-15, 17-21, 24, 26, 28, 29, 47
 Rondônia 13-15, 17-24, 29
- S**
 Sementes 9, 33, 38-41, 62, 63, 66, 68-73
 Sensoriamento remoto 94, 103
 SICAR 98, 102, 104
 SIMPER 51-55,
 Sinuosidade 79, 80, 86
 Sorotipagem 18
 Sorotipo 15, 23-25
 STEC 9, 13-15, 17-25, 29, 30
 Substratos 40, 81, 83, 86
- T**
 Tipagem 14, 19, 22
 Tomate 9-11, 62-67, 71-73
 Tomateiro 9, 62-67, 71-73
Trachymedusae 49
- U**
 Umuarama 10, 31, 77-79, 90, 91, 93, 101
- V**
 Vegetação aquática 81
 Vegetação nativa 98
 Vegetação ripária 78
 Velocidade 80, 85, 86, 89
 Virulência 13-16, 21, 22, 24, 25
 Visitação 9, 38, 62, 65, 66, 68-72
 Vulnerabilidade ambiental 10, 12, 93, 94, 97, 101-103

SOBRE AS ORGANIZADORAS

Patricia Almeida Sacramento

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2006), Mestre em Ciências Ambientais (2011) e Doutora em Ciências (2016), pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais da Universidade Estadual de Maringá - UEM. Bolsista de Mestrado e Doutorado pelo CNPq. Tem desenvolvido trabalhos nas áreas de Ecologia de ecossistemas aquáticos, Educação Ambiental e Resíduos Sólidos atuando nas seguintes linhas de pesquisa: ecologia trófica, ecologia isotópica, estrutura de metacomunidades, diagnóstico ambiental de riachos e diagnóstico da geração de resíduos sólidos. Atualmente é professora colaboradora no Departamento de Meio Ambiente da Universidade Estadual de Maringá.

Yara Campos Miranda

Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), instituição na qual também realizou uma especialização em Gestão Ambiental de Municípios (2018). É mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Atualmente, está concluindo o doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), trabalhando com planejamento ambiental, valoração ambiental e avaliação de impactos ambientais. Possui experiência na área ambiental, atuando como conteudista para a Kroton Educacional e professora colaboradora no Departamento de Meio Ambiente da Universidade Estadual de Maringá.



Estudos Avançados em Conservação e Biodiversidade

www.bookerfield.com 

contato@bookerfield.com 

[@bookerfield](https://www.instagram.com/bookerfield) 

Bookerfield Editora 



Estudos Avançados em Conservação e Biodiversidade

www.bookerfield.com 

contato@bookerfield.com 

[@bookerfield](https://www.instagram.com/bookerfield) 

Bookerfield Editora 

ISBN 978-658992971-0

