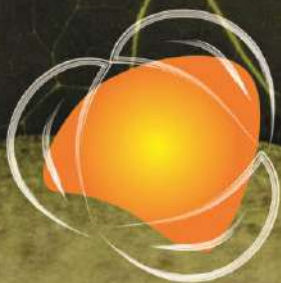




Cléber Moterani Tavares
Claudiomir da Silva dos Santos
Fabrício dos Santos Ritá
Valquíria Mikaela Rabelo
Luciano dos Santos Rodrigues
Leandro Gustavo da Silva
(Organizadores)



Desenvolvimento, Tecnologia & Meio Ambiente



DESENVOLVIMENTO, TECNOLOGIA & MEIO AMBIENTE



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D457 Desenvolvimento, Tecnologia & Meio Ambiente/Tavares et al.
— Campina Grande: EPTEC, 2023.
356f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-84941-7

1. Práticas educativas. 2. Sustentabilidade. 3. Agenda 2030. I. Tavares, Cléber Moterani. II. Santos, Claudiomir da Silva dos. III. Rita, Fabrício dos Santos. IV. Rabelo, Valquíria Mikaela. V. Rodrigues, Luciano Santos. VI. Silva, Leandro Gustavo da. VII. Título.

CDU 620

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons.
Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2023 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores

Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa

Pixabay/Freepick

Editoração e Revisão

Paulo Roberto Megna Francisco

Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Claudiomir Silva Santos (IFSULMINAS)

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

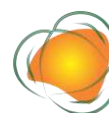
Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva – UFCG



GSC EVENTOS ESPECIAIS

Gisele Corrêa Ferreira

Diretora

Lígia Sanches

Administrativo e Financeiro

Márcia Oliveira

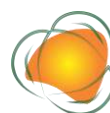
Coordenação de Eventos

Alana Caldas

Coordenação de Eventos

Keila Cornetes

Projeto Gráfico e Rede Sociais



20º CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

ORGANIZAÇÃO

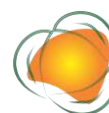
GSC Eventos Especiais

COMISSÃO ORGANIZADORA

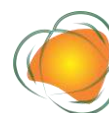
Afonso Peche Filho
Alisson Souza de Oliveira
Claudimir da Silva dos Santos
Fabrício dos Santos Ritá
Generci Dias Lopes
Gilcean Silva Alves
Hernani Ciro Santana
Joziana Muniz de Paiva Barçante
Leandro Gustavo da Silva
Luciano dos Santos Rodrigues
Marcelo Simão da Rosa
Paulo Roberto Megna Francisco
Ronei Aparecido Barbosa
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques
Valquíria Mikaela Rabelo
Vera Lucia Navarro

COMISSÃO CIENTÍFICA

Adriana de Oliveira Leite Coelho – UNIVALE
Afonso Peche Filho – IAC
Agda Silva Prado – IFSULDEMINAS
Alisson Souza de Oliveira – UFU
Altieres Paulo Ruela – IFSULDEMINAS
Amanda Tristão Santini – UFV
Anna Lygia de Rezende Maciel – IFSULDEMINAS
Claudimir da Silva dos Santos – IFSULDEMINAS
Cléber Moterani Tavares – UNIFAL
Dayane Gonçalves Ferreira – UNIVALE
Fabrício dos Santos Rita – IFSULDEMINAS
Fabrício Pelizer de Almeida – UNIUBE
Generci Dias Lopes – IFSULDEMINAS
George do Nascimento Ribeiro – UFCG
Gilcean Silva Alves – IFPB
Giliane Aparecida Vicente da Silva Souza – UFPB
Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – UNIMONTES
Gustavo Henrique Gravatim Costa – UEMG
Gypson Dutra Junqueira Ayres – UFCG
Hernani Ciro Santana – UNIVALE
Irene Carniatto Oliveira – UNIOESTE
Israel José da Silva – UFMG
Joziana Muniz de Paiva Barçante – UFLA
Juliano de Paulo dos Santos – UFMT
Katia Sakihama Ventura – UFSCAR
Leandro Gustavo Silva – IFSULDEMINAS
Lilian Vilela Andrade Pinto – IFSULDEMINAS
Lina Bufalino – UFRA
Lissandra Lopes Coelho Rocha – UNIVALE
Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido – IFSULDEMINAS



Luciano dos Santos Rodrigues – UFMG
Marcelo Bregagnoli - IFSULDEMINAS
Marcelo Simão da Rosa – IFSULDEMINAS
Marcos Barreto de Mendonca – UFRJ
Maria Teresa Mariano – PUC
Mayara Andrade Souza – CESMAC
Monise Martins Silva – UEMG
Paula Tristão Santini - IFSULDEMINAS
Paulo Roberto Megna Francisco – UFCG
Paulo Sergio Lúcio – UFRN
Pollyanna Freire Montenegro Agra – UFCG
Rodrigo Florêncio Da Silva - Instituto Politécnico Nacional – México
Ronei Aparecido Barbosa – IFSULDEMINAS
Rosangela Francisca de Paula Vitor Marques – UNINCOR
Shirleyde Alves dos Santos – UEPB
Tais Arthur Correa – UEMG
Valquíria Mikaela Rabelo – UNIFAL
Vênia Camelo de Souza – UFPB
Vera Lucia Navarro - USP
Vilmar Alves Pereira – UNINI
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva – UFCG
Viviane Farias Silva – UFCG

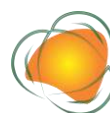


**Cléber Moterani Tavares
Claudiomir da Silva dos Santos
Fabrício dos Santos Ritá
Valquíria Mikaela Rabelo
Luciano Santos Rodrigues
Leandro Gustavo da Silva
(Organizadores)**

DESENVOLVIMENTO, TECNOLOGIA & MEIO AMBIENTE



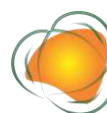
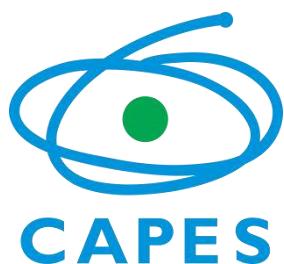
1.a Edição
Campina Grande-PB
2023



REALIZAÇÃO

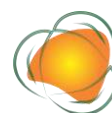


APOIO

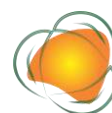


SUMÁRIO

PREFÁCIO	10
UMA APLICAÇÃO PARA RELATO E ACOMPANHAMENTO DE RISCOS EM DIFERENTES TIPOS DE AMBIENTES.....	12
REAPROVEITAMENTO DA CASCA SECA DE CAFÉ PARA PRODUÇÃO DE VINAGRE COMO PRODUTO FITOTERAPEUTICO.....	22
TOXICOGENÔMICA DO PARAQUAT: ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE GENES E DOENÇAS RELACIONADOS AO USO DESTE HERBICIDA	32
AValiação DA TOXICIDADE DE PADRÕES DE HPAS UTILIZANDO ENSAIO ZFET	40
USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO TAPEROÁ UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE50	
AValiação DO DIMETANOSSULFONATO DE ETANO (EDS) COMO POTENCIAL CONTAMINANTE E DESREGULADOR DA REPRODUÇÃO DE ZEBRAFISH.....	60
APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE POÇOS DE ÁGUA EM ÁREAS CONTAMINADAS	71
POTENCIALIZANDO O CULTIVO DE EUCALYPTUS UROPHYLLA: ZONEAMENTO AGROMETEOROLÓGICO NA REGIÃO SUDESTE.....	81
PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DE FOLHAS DE POUTERIA RAMIFLORA E DIPTERYX ALATA	91
PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTO E VERMICOMPOSTO UTILIZANDO CAPIM ELEFANTE, TORTA DE MAMONA E ESTERCO BOVINO.....	101
METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS DO SOLO PARA CLASSIFICAÇÃO POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	111
DISTRIBUIÇÃO DO NDVI E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE FRUTAL-MG UTILIZANDO MODELAGEM DIGITAL.....	122
INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FOLHAS DE AZADIRACTHA INDICA	131
EFEITO DA APLICAÇÃO DE CHÁS DE VERMICOMPOSTAGEM NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE SORGO	140
USO DE FILTRO CASEIRO DE AREIA PARA MELHORAR A QUALIDADE DA ÁGUA APÓS O USO NA MÁQUINA DE LAVAR	149
AValiação DOS MODELOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES EM LATICÍNIOS DE GRANDE PORTE NO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	156
RHODOPSEUDOMONAS PALUSTRIS MELHORA OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS NAS PLANTAS DE SOJA167	
ATIVIDADE INIBIDÓRIA DA NORADRENALINA SOBRE A ENZIMA UREASE DE CANAVALLIA ENSIFORMIS	174



A APLICAÇÃO DE ÓXIDO NÍTRICO MODIFICA O TEOR DE AMINOÁCIDOS EM PLANTAS DE MILHO COM DESFOLHA PRECOCE?	182
ANÁLISE AMBIENTAL DAS TIPOLOGIAS DE OCUPAÇÃO E USO DA BORDA DE UM RESERVATÓRIO HÍDRICO	189
INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE COLETA DO EXPLANTE FOLIAR DE CAFEIEIRO NA CONTAMINAÇÃO E OXIDAÇÃO IN VITRO	205
MAPEAMENTO DA FAVORABILIDADE CLIMÁTICA DE <i>Hemileia vastatrix</i> DO CAFÉ ARÁBICA COM CENÁRIOS DO CMIP6	213
CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL USANDO DADOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO CMIP6	224
RELAÇÃO ENTRE CLIMA E VARIABILIDADE DA CERCOSPORIOSE DO CAFÉ: ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS DE CONTROLE	236
CARACTERIZAÇÃO DE PERCOLADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ESCALA PILOTO COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA – PARTE 1	249
CARACTERIZAÇÃO DE PERCOLADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ESCALA PILOTO COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA – PARTE 2	260
EMPREGO DE BIOAUMENTAÇÃO NA EFICIÊNCIA DE BIODIGESTORES NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUINOCULTURA	271
DESEMPENHO DE REATORES ANAERÓBIOS EM DOIS ESTÁGIOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE PROCESSAMENTO DE CARNE	279
AVALIAÇÃO DE WETLANDS NO TRATAMENTO TERCIÁRIO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO DE SUÍNOS	287
AVALIAÇÃO DO ADITIVO ENZILIMP® NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SUINOCULTURA	295
PROPOSIÇÃO DE PROTÓTIPOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS NO IFPB, CAMPUS SOUSA	302
CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO BALNEARIO DAS ÁGUAS MINEIRAS NO MUNICÍPIO DE SANTA RITA-PB	312
A PRODUÇÃO DO ABACAXI NA CIDADE DE ARAÇAGI/PB: OLHARES AMBIENTAIS	323
PRODUÇÃO DE MUDAS DE MORINGA OLEIFERA LAM. SOB DIFERENTES PROPORÇÕES E ADUBOS ORGÂNICOS	335
CORREDORES ECOLÓGICOS: IMPORTÂNCIA PARA A CONSERVAÇÃO DO FLUXO GÊNICO NA MATA ATLÂNTICA NA GRANDE JOÃO PESSOA-PB	346
CURRICULUM DOS ORGANIZADORES	355



PREFÁCIO

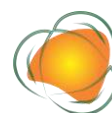
Desenvolvimento, Tecnologia e Meio Ambiente: estes três conceitos, além de estarem intimamente interligados, possuem uma relação complexa entre si, e essa relação tem sido objeto de debate da humanidade há décadas. Estamos em 2023 e não é de hoje que o homem começou a perceber o desequilíbrio que as suas atividades geram no Planeta.

O desenvolvimento, em um sentido mais amplo, pode ser definido como o processo de melhoria da qualidade de vida da população, por meio do crescimento econômico, da redução da pobreza e da melhoria dos indicadores sociais. A tecnologia, por sua vez, é o conjunto de conhecimentos e técnicas que são usados para resolver problemas e criar novos produtos e serviços. E o meio ambiente, por fim, é o que conecta o homem aos elementos que o cercam e o mantém vivo, como fauna, flora, recursos naturais e clima.

É uma relação que pode ser vista de diferentes perspectivas: se por um lado, o desenvolvimento econômico pode gerar impactos ambientais negativos, como poluição, degradação de recursos naturais e mudanças climáticas, por outro lado, a tecnologia pode ser usada para mitigar esses impactos, promovendo o tão buscado desenvolvimento sustentável, um tema que a ONU já destrinchou em dezessete objetivos numa agenda que mira o ano de 2030.

Mas como o emprego das tecnologias certas pode funcionar para garantir um futuro mais sustentável para o planeta? A adoção dessas tecnologias por parte dos governos, das empresas e dos consumidores já demonstrou ser capaz de reduzir os impactos vindos do desenvolvimento. Há exemplos bem sucedidos no aumento da eficiência energética, na redução do uso de recursos naturais e emissão de gases de efeito estufa, melhorias na gestão dos resíduos e aumento na produção de energia a partir de fontes limpas e renováveis.

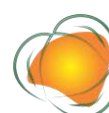
Contudo é importante esclarecer que, quando se fala aqui de tecnologia, não estamos falando apenas das grandes tecnologias, de tecnologias caras ou de difícil implementação. Neste volume por exemplo, você vai encontrar iniciativas como a do filtro caseiro de areia, usado para tornar a água reutilizável após o uso na máquina de lavar, o reaproveitamento da casca seca de café para produção de vinagre com poder terapêutico, uma estratégia para



empregar o esterco bovino na fabricação de compostos e um sistema capaz de auxiliar na identificação de riscos ambientais. Tudo isso é tecnologia a serviço do meio ambiente, e que gera desenvolvimento porque tem o potencial de mudar a vida das pessoas.

Falando em mudanças, não temos muita certeza do que ainda vamos enfrentar, mas uma coisa é certa: a tecnologia não é a única solução. A mudança de comportamento em nós, indivíduos, é fundamental para promover a sustentabilidade. É preciso que todos estejamos cientes da importância de reconhecer e reduzir os impactos ambientais das nossas atividades, e então fazer a nossa parte no sentido de permitir uma coexistência harmoniosa entre o homem e o seu habitat.

Cléber Moterani Tavares
Unifal



UMA APLICAÇÃO PARA RELATO E ACOMPANHAMENTO DE RISCOS EM DIFERENTES TIPOS DE AMBIENTES

Germain Silva Medeiros Rocha^{1,3}

Alison Israel Ferreira Paula^{1,4}

Daniel Coelho Cabral^{1,5}

Yan Gianini Oliveira^{1,6}

Luiz Carlos de Oliveira^{2,7}

Marco Antônio Pereira Araújo^{1,2,8}

¹Bacharelado em Engenharia de Software, Universidade de Vassouras, Campus Vassouras

²Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras, Universidade de Vassouras

³silva.germain@gmail.com

⁴taykarus@gmail.com

⁵danielccabral1981@gmail.com

⁶yan.gianini@gmail.com

⁷luizcarlostecseg@gmail.com

⁸marcoaparaujo@gmail.com

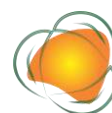
12

INTRODUÇÃO

Para entender melhor a necessidade do desenvolvimento de uma aplicação para relato e acompanhamento de riscos, é importante saber sobre Tecnologia Social que, como foi proposta, pode construir soluções reaplicáveis com participação coletiva através da integração do saber popular com o conhecimento técnico-científico, sempre respeitando a cultura local (RODRIGUES & BARBIERI, 2008).

A Tecnologia Social tem como objetivos principais a inclusão social, a autonomia das comunidades, o desenvolvimento sustentável e a transformação social. Ela busca superar desafios e promover o bem-estar das pessoas, levando em consideração aspectos socioeconômicos, culturais e ambientais (ANDRADE & VALADÃO, 2017, p.408).

Ainda pode-se ter a Tecnologia Social como “conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida” (ITS BRASIL, 2004). Assim, pode-se comentar um pouco sobre a Educação Ambiental como uma



metodologia aplicada de forma coletiva onde cada indivíduo assume um papel participativo nos problemas ambientais e buscando solucionar tais problemas (ROOS & BECKER, 2012).

Por meio do conhecimento e da implementação de novas práticas sustentáveis, a Tecnologia Social busca promover um equilíbrio e uma harmonia com o meio ambiente, evitando desequilíbrios e impactos negativos, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida das pessoas, proporcionando soluções efetivas para problemas sociais e ambientais, envolvendo a participação ativa das comunidades locais, valorizando o conhecimento local e as experiências dos indivíduos envolvidos (MICELI & ROCHA, 2021).

Com essas informações em mente, pode-se citar a importância de se seguir as Normas Regulamentadoras para se criar uma ambientação no qual o objetivo de garantir um ambiente seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes nos mesmos, constituindo em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos pelos responsáveis e indivíduos que façam uso daquele ambiente (GOV.BR, 2023).

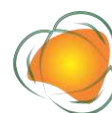
Sobre ambiente podemos citar a definição do mesmo: Segundo Abbagnano (2003), a expressão ambiente refere-se a um complexo de relações entre o mundo natural e o ser vivo, que influi na vida e no comportamento desse mesmo ser. Logo, o uso dessa expressão deve levar em conta as características de cada reino, assim como, os componentes e relações que constituem o espaço no qual um organismo vive, isso porque a dependência dos seres em relação às características do ambiente varia de uma espécie para outra (RIBEIRO & CAVASSAN, 2012, p.66).

É fundamental reconhecer que os ambientes podem apresentar riscos à saúde, logo deve-se buscar conhecê-los e controlá-los, visando a identificação eficiente e eficaz. A falta de informação e medidas de prevenção adequadas pode resultar em acidentes e impactar negativamente a segurança dos profissionais e pessoas envolvidas.

Muitas vezes esses riscos demoram a ser mitigados ou eliminados devido à falta de identificação precoce e à dificuldade de relatar os problemas a quem possa resolvê-los prontamente. É essencial estar ciente dos potenciais perigos presentes nesses ambientes e adotar medidas eficazes para garantir a segurança e o bem-estar de todos os envolvidos.

Além disso, é fundamental que os órgãos responsáveis pela supervisão dos ambientes estabeleçam diretrizes e regulamentações que garantam a segurança de e forneçam suporte e recursos adequados para que as instituições cumpram essas medidas de segurança.

Assim, uma aplicação voltada para a segurança em ambientes permite que usuários relatem facilmente os riscos identificados, por meio de recursos como envio de fotos,



descrições detalhadas e localização exata. Essas informações são direcionadas para uma equipe responsável pela segurança e manutenção do ambiente, dentro da própria instituição, que terão acesso aos relatórios em tempo real e, assim, podem agir prontamente para resolver os problemas identificados, assim como manter um histórico do que já foi realizado.

A utilização da aplicação também fornece recursos informativos sobre riscos comuns e orientações de segurança. Isso promove uma cultura de segurança e envolvimento ativo de todos os membros da comunidade escolar na manutenção de um ambiente seguro, utilizando diversos conceitos da Engenharia de Software.

A Engenharia de Software compreende a área de estudo focada em arquitetar, projetar e desenvolver um software a partir de requisitos levantados em uma ou mais reuniões com os envolvidos, com compartilhamento de dados entre as partes para melhor desenvolver o produto final que atenda as especificações levantadas (SOMMERVILLE, 2016).

A construção da aplicação foi baseada em uma metodologia que, no desenvolvimento de software, enfatiza a flexibilidade, colaboração e entrega iterativa e incremental, fornece as diretrizes essenciais para implementar de maneira eficaz e obter os benefícios dessa metodologia (SCHWABER & SUTHERLAND, 2020).

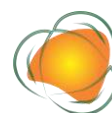
Nesse contexto, a aplicação pretende tornar o processo de identificação e resolução de riscos em ambientes mais eficiente, podendo transformar a maneira como os riscos são identificados e tratados, permitindo uma abordagem mais eficiente na resolução dos problemas e contribuindo para a criação de um ambiente mais seguro para todos, protegendo a saúde e o bem-estar de todos os envolvidos na comunidade.

14

METODOLOGIA

A aplicação foi desenvolvida com o propósito de permitir que qualquer usuário reporte riscos nos ambientes, preenchendo um formulário com o tipo do risco apresentado, em qual ambiente se encontra, uma breve descrição do risco e uma imagem. O sistema conta com uma aplicação onde o administrador pode visualizar, analisar e manter um histórico dos riscos reportados, assim como gerenciar a solução dos riscos identificados.

Além disso, foi possível identificar as prioridades e entregar um produto que atenda às definições de uma tecnologia social. Utilizando do conhecimento de mapas de risco por cores, que são uma ferramenta visual que auxilia na identificação e comunicação dos riscos presentes em um determinado ambiente ou situação, classificando os riscos em diferentes cores e com suas respectivas descrições.



Assim, a aplicação foi desenvolvida como uma página web acessada via link disponibilizado em QR codes, para que não seja necessário ter uma aplicação instalada em seu dispositivo móvel para reportar os riscos, visando facilitar e incentivar o mesmo, além de ser mais assertivo no relato, pois o mesmo será realizado no momento em que o usuário perceber o risco, sendo utilizado de forma intuitiva e com apenas poucas interações, utilizando do conceito de Tecnologia Social juntamente com conceitos de Engenharia de Software.

Para que o desenvolvimento da aplicação fosse realizado com sucesso, foi feita uma divisão arquitetural. A arquitetura utilizada faz uma separação que traz benefícios como clareza nas responsabilidades, facilitando a manutenção, escalabilidade e reutilização do código. Além disso, permite que equipes trabalhem de forma independente em cada camada, acelerando o desenvolvimento e melhorando a colaboração.

Assim, foram utilizadas as informações enviadas e levantadas, juntamente com materiais, cores, descrições e informações dos riscos ambientais, como apresentado na Figura 1.

FÍSICO (01.01.000)	QUÍMICO (02.01.000)	BIOLÓGICO (03.01.000)	ERGONÔMICO (04.01.000)	ACIDENTE (MECÂNICO) (05.01.000)
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações não ionizantes	Nebulinas	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Pressões anormais	Substâncias, compostos ou produtos químicos		Jornadas de trabalho prolongadas	Armazenamento inadequado
Umidade			Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
			Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Figura 1. Grupos de Risco. Fonte: Viver de Segurança (2023).

Seguindo o material de referência para que a aplicação esteja adequada às normas e regras de um mapa de risco, cria-se uma aplicação familiar ao ambiente em que a mesma será disponibilizada, para garantir que a aplicação permaneça alinhado com suas necessidades e objetivos.

No processo de requisitos, as atividades não seguem uma sequência fixa. A análise, definição e especificação de requisitos ocorrem de forma intercalada, e novos requisitos podem surgir ao longo do processo. Nos métodos ágeis, os requisitos são desenvolvidos incrementalmente, de acordo com as prioridades dos usuários. Além disso, a elicitação de requisitos é realizada pelos próprios usuários que fazem parte da equipe de desenvolvimento. Isso permite uma abordagem flexível e colaborativa, onde os requisitos são refinados e ajustados ao longo do desenvolvimento do software, assim como mostra a Figura 2.

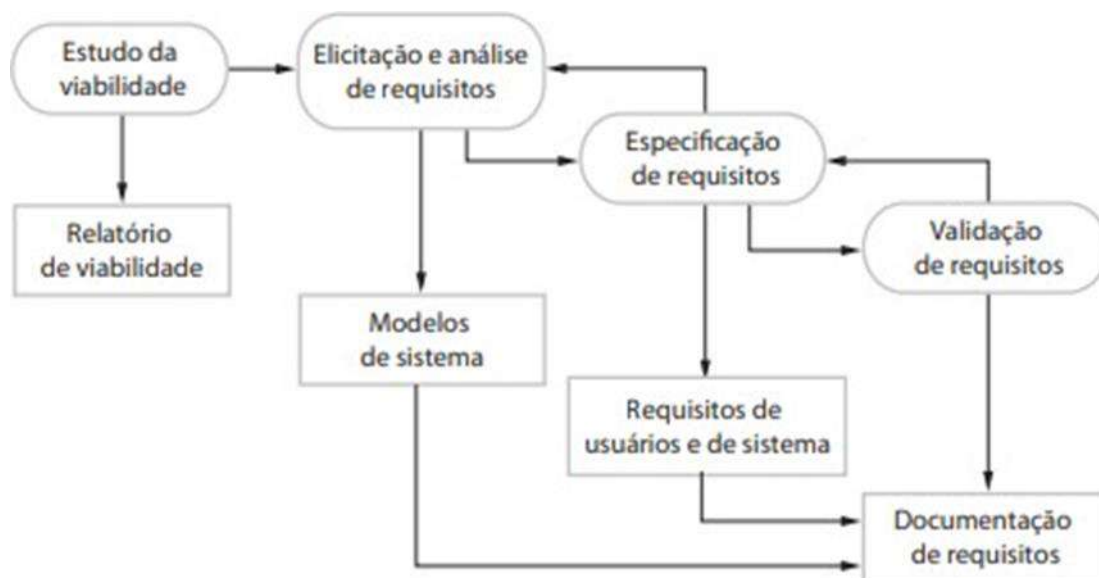


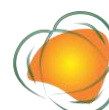
Figura 2. Os requisitos da engenharia de processos.

Fonte: Sommerville (2016).

Em resumo, utilizando da metodologia ágil, o levantamento de requisitos proporcionou um desenvolvimento mais eficiente, deixando a manutenção mais fácil e uma escalabilidade melhor para o sistema. O levantamento das necessidades dos usuários é um processo crítico em Engenharia de Software, que envolve identificar, analisar e documentar as necessidades dos usuários e as restrições do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo principal da aplicação é capacitar os usuários a reportarem qualquer risco ou situação de perigo que identifiquem, contribuindo para a segurança e o bem-estar de todos no ambiente. Em poucas etapas, os usuários poderão relatar detalhes sobre o risco, como localização, descrição e até mesmo enviar fotos relevantes.



Com essa abordagem inovadora, espera-se que a aplicação promova uma cultura de segurança proativa, incentivando os usuários a assumirem um papel ativo na identificação e comunicação de riscos, tornando o ambiente mais seguro para todos os envolvidos, ao fornecer uma maneira fácil e eficiente de relatar riscos. A aplicação visa melhorar a resposta rápida e adequada dos administradores responsáveis, garantindo que medidas apropriadas sejam tomadas para mitigar os perigos identificados.

Assim, para que o uso da aplicação se inicie, o usuário deverá apontar a câmera do celular para os QR Codes disponibilizados nos ambientes, simplificando o acesso e facilitando quando precisarem reportar algum risco no ambiente em que se encontram, ou que perceberam algo, como exemplo na Figura 3.



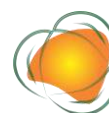
Figura 3. QR Code é um exemplo de identificação de um ambiente.

Na Figura 4 pode-se observar o resultado de toda a construção da aplicação, que ficará disponível na tela dos usuários, assim que os mesmos acessem a aplicação por meio da leitura dos QR Codes que serão disponibilizados nos ambientes. Com um recurso para aprendizagem e uma interface intuitiva.

17



Figura 4. Página inicial da aplicação Univassouras Segura.



Conforme pode-se ver na Figura 5, a abordagem é simples para que os usuários possam conhecer melhor cada risco e como ele pode ser reconhecido no ambiente em que se encontra, já que a falta de informação também é um dos fatores que fazem com que os riscos passem despercebidos.

Em cada uma das telas apresentadas, tem-se um acesso rápido à página de reportar risco, que também foi desenvolvida de forma intuitiva, visando a facilidade do uso como prioridade da aplicação. Com isso, os usuários terão liberdade de realizarem um chamado para um risco assim que se informarem sobre os mesmos, podendo diminuir o risco de uma informação errônea, como mostra a Figura 6. Nessa tela, além de descrever e classificar o risco identificado em um ambiente, pode-se associar uma imagem que esteja na galeria das fotos do dispositivo móvel ou em uma pasta do computador.

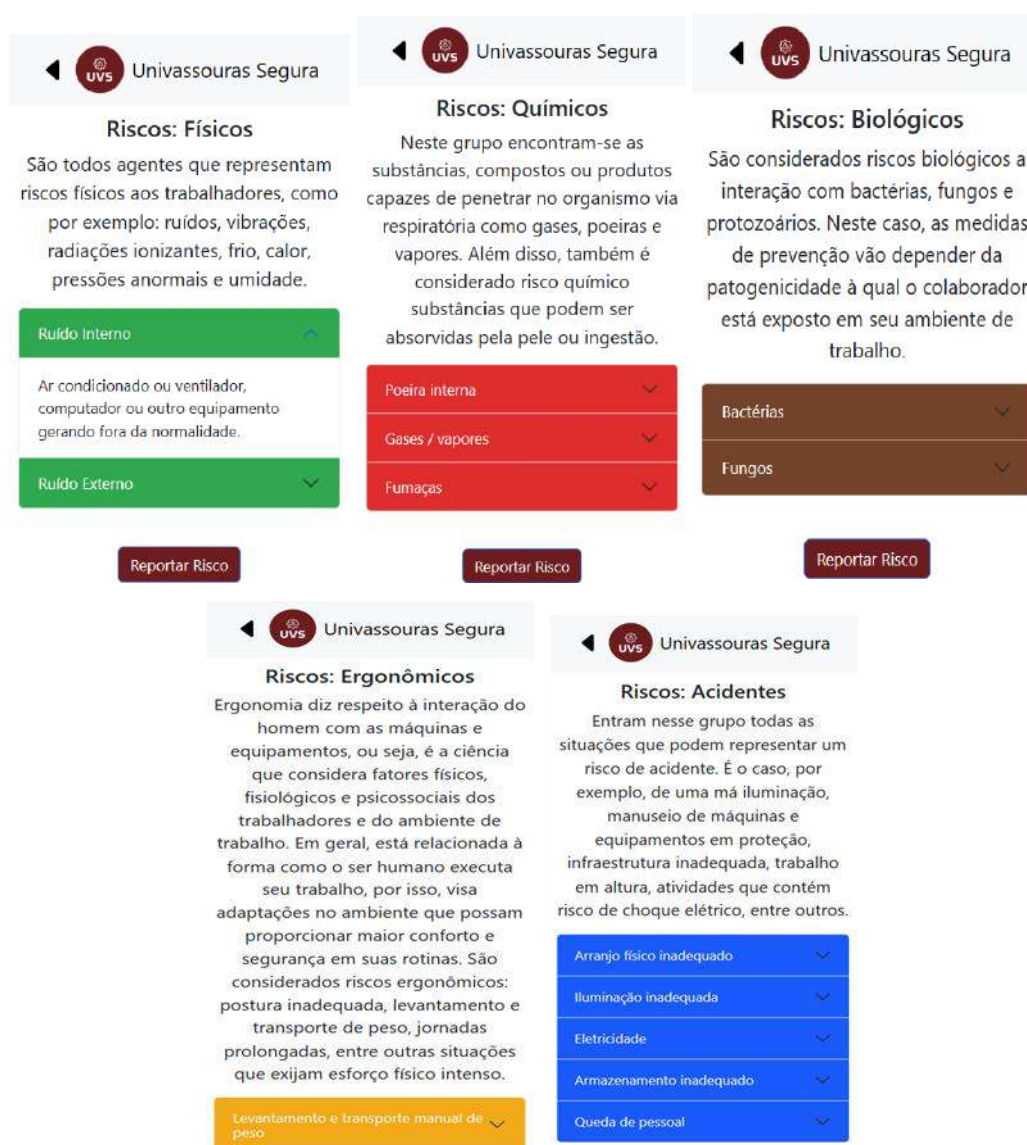


Figura 5. Acesso aos Grupos de Risco.

Além disso, uma tela de administrador será disponibilizada em tempo real aos mesmos, que terão a relação dos riscos e se foram resolvidos ou não, como pode-se observar na Figura 7, que é a tela que será disponibilizada para acompanhamento.

Figura 6. Página de formulário de envio.

N° do Chamado	Data	Local	Grupo de Risco	Tipo de Risco	Prazo de atendimento	
9	26/06/23	Laboratório de Informática 02	Físicos	Ruídos	11/07/23	Encerrar chamado
10	26/06/23	Sala 009	Físicos	Ruídos	11/07/23	Encerrar chamado
11	26/06/23	Laboratório de Química 04	Químicos	Gases	11/07/23	Encerrar chamado
12	26/06/23	Sala 010	Químicos	Substâncias, compostos ou produtos químicos em geral	11/07/23	Encerrar chamado

Figura 7. Tela de Administrador.

Complementando a importância da tela de administrador, é essencial ressaltar o papel crucial que desempenha no gerenciamento dos riscos relatados pelos usuários. Ao receber relatórios de riscos por meio da aplicação, os administradores têm a capacidade de analisar cada caso e tomar as medidas adequadas para resolvê-los.

Com base nessa análise, eles podem tomar decisões informadas sobre as ações a serem tomadas para mitigar os riscos identificados. Assim, os administradores têm a responsabilidade de tomar medidas apropriadas para resolver os problemas identificados, assegurando a tranquilidade dos usuários e a integridade do ambiente em questão.

Por meio do envio de relatos, os usuários podem informar os problemas em tempo real, permitindo que uma equipe responsável tome medidas para resolvê-los. Com a mudança de cultura, pode-se observar um crescimento de chamados abertos, assim como quais riscos se encontram mais presentes no ambiente, como mostra a Figura 8.

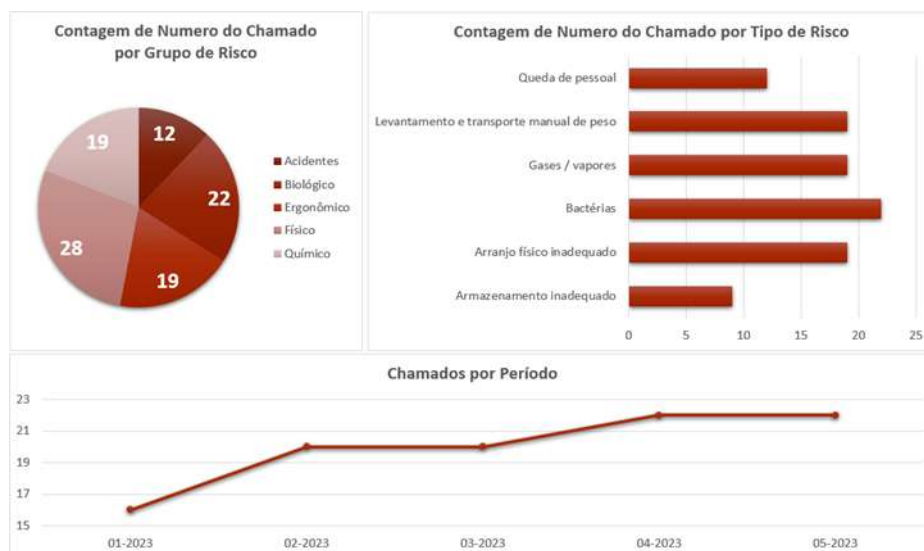


Figura 8. Gráficos de Chamados.

Em resumo, a tela de administrador é fundamental para o gerenciamento eficaz dos riscos relatados em diferentes ambientes, permitindo que os administradores analisem, monitorem e resolvam os problemas identificados pelos usuários.

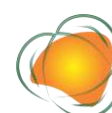
20

CONCLUSÕES

O desenvolvimento da aplicação, voltado para a segurança em diferentes ambientes, proporciona uma maneira eficiente e fácil para qualquer pessoa relatar riscos identificados. Além disso, a aplicação fornece recursos informativos sobre riscos e orientações de segurança, promovendo uma cultura de segurança no ambiente. Com uma interface intuitiva e uma tela de administrador para gerenciamento dos riscos, com objetivo de criar ambientes mais seguros e proteger a saúde e o bem-estar de todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS

- DAGNINO, R.; BRANDÃO, F.; NOVAES, H. Sobre o marco analítico conceitual da tecnologia social. Campina Grande: EDUEPB, 2004.
- GOV.BR Normas Regulamentadoras - NR. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trab>



alho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs.

Acesso em: 17/06/2023.

ITS. Instituto de Tecnologia Social. Reflexões sobre a construção dos conceitos de tecnologia social. In: DE PAULO, A. et. al. Tecnologia Social: Uma estratégia para o desenvolvimento, Rio de Janeiro: Fundação do Banco do Brasil, 2004.

MICELI, B. S.; ROCHA, M. B. Estudo das percepções de estudantes de engenharia sobre tecnologia social. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 18, 2021, Poços de Caldas. Anais...Poços de Caldas,

RIBEIRO, J. A. G.; CAVASSAN, O. Os conceitos de ambiente, meio ambiente e natureza no contexto da temática ambiental: definindo significados. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v.8, n.2, p.61-76, 2013.

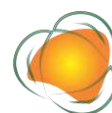
RODRIGUES, I.; BARBIERI, J. A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. *Revista de Administração Pública*, v.42, n.6, p.1069-1094, 2008.

ROOS, A.; BECKER, E. Educação ambiental e sustentabilidade. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.5, n.5, p.857-866, 2012.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software, 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. O Guia do Scrum, O Guia Definitivo para o Scrum: As Regras do Jogo, v2020. 11/2020, Disponível em: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-PortugueseBR-3.0.pdf> Acesso em: 19 de junho 2023.

VIVER DE SEGURANÇA. Disponível em: <https://viverdeseguranca.com.br/o-que-sao-riscos-ocupacionais/>. Acesso em: 19/06/2023.



REAPROVEITAMENTO DA CASCA SECA DE CAFÉ PARA PRODUÇÃO DE VINAGRE COMO PRODUTO FITOTERAPEUTICO

Wevilaine Aparecida da Silva Ferreira¹

Ana Paula Duarte²

Alex Marquiti Alves³

¹Acadêmica em Engenharia Química – Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé, UNIFEG- MG. wevilaineferreira@gmail.com

²Profª. Drª. do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – IFMG, campus Muzambinho-MG. anapauladuarte.seleghim@gmail.com

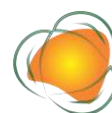
³Prof. Dr. do Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé, UNIFEG-MG. alex.marquiti.eng@gmail.com

INTRODUÇÃO

No cenário nacional, o café se tornou o principal produto para exportação com o passar dos anos. O Brasil é, atualmente, o maior produtor e exportador de café mundial, sendo o estado de Minas Gerais o de maior destaque em produção (AGÊNCIA MINAS, 2021).

Segundo Vegro e Carvalho (1994), há duas etapas de processamento do café. A primeira consiste na secagem e no descascamento do grão, onde são gerados resíduos como a casca e o pergaminho (película que envolve o grão de café). Já a segunda etapa, esta baseia-se na torra e moagem do grão verde, se tornando o principal ingrediente para o café solúvel (VEGRO & CARVALHO, 1994).

De acordo com Bressani (1978), a polpa de café representa 29% do peso inicial do fruto, seguido por 12% da casca, 4% mucilagem (camada viscosa entre a polpa e o pergaminho) e o restante em semente (55%). Do total de resíduos gerados do beneficiamento do grão de café, 5% a 10% são utilizados como adubo orgânico ou como complemento na alimentação de bovinos (VENTURIM, 2002). Desse modo, é notável a grande geração de resíduos, os quais não são aproveitados corretamente, ou então, que não possuem seus benefícios valorizados como no caso da cafeína e ácido clorogênico. Além disso, quando utilizados de forma eficiente, reduz o impacto ambiental causado pelo descarte incorreto (BRUM, 2007).



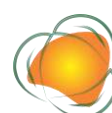
Com isso, o objetivo do presente estudo foi atribuir maior valor comercial a um dos resíduos gerados no beneficiamento de café, a casca, através do seu reaproveitamento na produção de vinho e, posteriormente, na produção de vinagre, identificando e quantificando possíveis níveis de cafeína e ácido clorogênico como constituintes fitoterapêuticos.

METODOLOGIA

As cascas secas de café (palha melosa) foram fornecidas por um produtor da região de Alpinópolis-MG e armazenadas em sacos de juta como resíduo do beneficiamento do grão. Inicialmente, para a produção do vinagre, a matéria-prima (casca de café) foi pesada, infundida em água potável, fervida e filtrada. A correção do Grau Brix, apresentado pelo mosto, foi realizada pela adição de açúcar comercial e mel. Para o ajuste do pH, foi utilizado o carbonato de cálcio. Metabissulfito de potássio e própolis foram suplementados ao mosto como fonte de inibição para prevenir a formação de bactérias selvagens/patogênicas. Por fim, foi adicionada a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e o mosto foi colocado para fermentar em garrafão âmbar com volume útil de 05 litros. O cessamento da fermentação alcoólica foi monitorado pela ausência de bolhas no airlock acoplado ao garrafão.

Para a fermentação acética, foi adicionado vinagre não pasteurizado como inoculo, com o intuito de acelerar o processo de acetificação do vinho produzido. As características físico-químicas foram determinadas a cada 05 dias de modo a verificar o andamento do processo fermentativo. O pH foi utilizado como parâmetro principal para identificação do cessamento da fermentação acética. A densidade e o pH foram analisadas conforme mostra a metodologia de APHA (2005). A determinação do grau alcoólico seguiu a metodologia proposta por IAL (2008) e o grau Brix foi medido conforme a metodologia apresentada por Aliaño-González (2019).

Para a extração dos compostos orgânicos, tais como a cafeína e o ácido clorogênico, além dos pesticidas (Azoxystrobin, Cyproconazole, Imidacloprid e Triadimenol), foi utilizado o método QuEChERS, adaptado da metodologia apresentada por Bernardi et al. (2020). Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC-MS) foi utilizada para identificação e quantificação de tais compostos. A identificação/quantificação da cafeína e dos pesticidas foi realizada mediante o emprego da coluna Acquity BEH – C18 (2,1mm x 100mm x 1,7µm). Para a identificação do glifosato a coluna Torus DEA 130Å (2,1mm x 100mm x 1,7µm) foi utilizada. O melhor método cromatográfico foi desenvolvido para a identificação dos componentes.



Diferentes padrões internos (PIs) foram utilizados para montagem da curva experimental, de modo que a partir da equação resultante foram calculadas as concentrações dos pesticidas e da cafeína.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

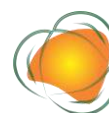
Com a correção do pH e Grau Brix, os valores no mosto ficaram iguais a 5,30 e 29°, respectivamente. Ao final da fermentação alcoólica, foi constatado o valor médio de pH de 4,50 e densidade de 1,055 g/mL.

Utilizando a mesma matéria-prima do presente estudo, o valor de pH e grau Brix do mosto ficaram acima dos valores relatados por Silva e Capuci (2017), que foram de 4,98 e 21°, respectivamente, após correção do açúcar. Como resultado obtiveram 11,8 °GL no produto (vinho de casca de café). O menor valor do pH no mosto pode ser explicado pelo fato dos autores não terem realizado a correção do mesmo. Entretanto, o valor de grau alcoólico (°GL) mostra rendimento maior que 100% para a fermentação alcoólica realizada. Na fermentação alcoólica, a cada 2 °Brix é esperado a produção de 1 °GL (CORAZZA et al., 2001).

No estudo de Barbosa (2014), em que foi produzido o vinho de manga, os autores corrigiram o grau Brix para 18° no mosto, obtendo o grau alcoólico médio de 7,6 °GL, rendimento similar ao da presente pesquisa, sendo de 86% aproximadamente. Porém, tal valor (7,6 °GL) está abaixo do mínimo classificado para vinho de mesa, entretanto comum para vinhos de manga (BARBOSA, 2014).

De modo geral, os fermentados alcoólicos encontrados na literatura mostram valor de pH no intervalo de 3,57 a 3,89, não se diferenciando do valor apontado pelo presente trabalho (SILVA et al., 2015; ALMEIDA et al., 2006; ANDRADE et al., 2003; ARAÚJO et al., 2009).

Após a fermentação acética, o valor de pH ficou em 3,68 e densidade de 1,034 g/mL. No início da fermentação acética, o álcool é transformado pelas bactérias *Acetobacter* em acetaldeído, e só então é hidratado e oxidado em ácido acético (SUMAN, 2012), conforme mostra a Equação 1. Como resultado, há o aumento da concentração de ácido acético, que consequentemente diminui o valor de pH, além de diminuir a concentração de etanol no produto (SKOOG, 2006). Desse modo, tais efeitos foram observados a partir da redução de aproximadamente 18% do pH inicial do vinho da casca de café.



Geralmente, o valor de pH dos fermentados acéticos finalizam entre o intervalo de 2,27 a 3,46, demonstrando pouca diferença em relação ao obtido no presente estudo (BACH, 2012; SCHMOELLER & BALBI, 2010; PEDROSO, 2003; XAVIER, 2011).

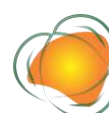
A Figura 1 mostra o aspecto qualitativo visual do vinagre obtido da casca seca de café.



Figura 1. (a) vinagre da casca seca de café e (b) vinho da casca de café.

Visando a identificação e a quantificação dos compostos fitoterápicos, tais como a cafeína e o ácido clorogênico, presentes no vinho e no vinagre como produtos da fermentação alcoólica e acética, respectivamente, a extração por partição líquido-líquido foi realizada. A Figura 2 apresenta o cromatograma como resultado da análise cromatográfica por HPLC-MS para a identificação de cafeína e ácido clorogênico no vinagre produzido a partir da casca seca de café.

De acordo com a Figura 2, a cafeína foi identificada por seu pico característico no tempo de retenção de 2,71 minutos, apresentando concentração de 45,2 mg/kg. O valor de cafeína obtido se encontra dentro dos níveis comuns para um copo de café, por exemplo (ALTIMARI et al., 2000). No estudo de Moura et al. (2015), foi encontrada concentrações de 59,8 mg/kg em chá preto pela extração em fase sólida. Ambos os valores não estão relacionados com problemas a saúde por excesso de cafeína, que é acima de 400 mg/dia (BRAZ et al., 2022). A relação da quantidade de cafeína no grão de café e a casca de café é de 1:6, ou seja, no grão essa quantidade é seis vezes maior que na casca (BAQUETA et al., 2017). Portanto, levando em consideração que Baqueta et al. (2017) encontrou 118 ppm de cafeína na casca de café, o vinagre apresentou somente 38% desse composto.



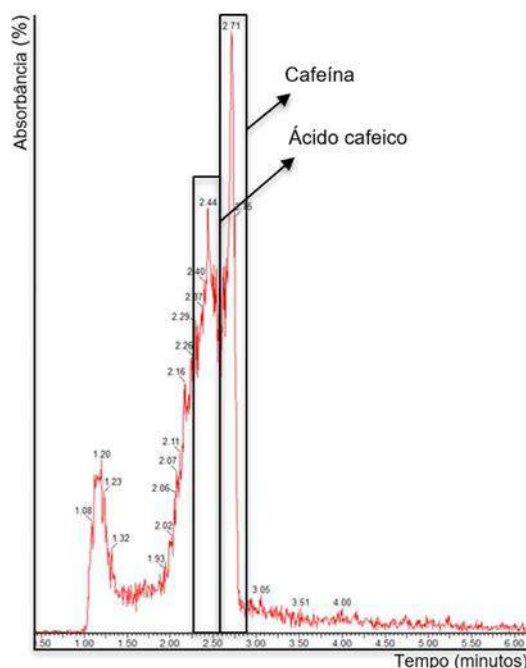


Figura 2. Cromatograma da cafeína e ácido clorogênico.

Mariano (2018) realizou estudo sobre a extração de cafeína a partir da utilização de diversos substratos por cromatografia líquida, no qual foi apresentado para os energéticos analisados o intervalo de 251,5 a 276,28 mg/L de produto. Para o café solúvel, os valores se apresentaram maiores, em média de 5.340 mg/kg de café solúvel desidratado, exceto para o café descafeinado que apresentou 1.190 mg de cafeína/kg de café solúvel desidratado. Para os refrigerantes a base de cola, os valores foram de 99,48 mg/L e 276,28 mg/L para o tipo comum e o tipo cafeinado, respectivamente. O chá de erva-mate apresentou a concentração de 22,135 mg/L. Assim, de todas as amostras analisadas, somente a do chá de erva-mate se apresentou com concentração abaixo do vinagre da casca de café do presente estudo.

Quanto à cafeína, de origem natural e/ou sintética, seus efeitos promovem a redução do acúmulo de gordura corporal em animais alimentados com uma dieta rica em gordura e sacarose (ZAPATA et al., 2020). De acordo com Williams (1996, *apud* ALTIMARI et al., 2000), aqueles compostos com recursos ergogênicos (que aumenta o rendimento de um indivíduo), como é o caso da cafeína, proporcionam diversos efeitos como o aumento do anabolismo proteico, das reservas energéticas, da mobilização de substratos dos músculos ativos e reposição hidroeletrolítica.

Ainda de acordo com a Figura 2, o ácido clorogênico foi identificado de acordo com o pico de ácido cafeico, tempo de retenção de 2,44 minutos. Porém, a sua quantificação não foi possível.

A atividade de polifenóis, tal como o ácido clorogênico, é relatada como fonte de inibição da lipase pancreática (RAHMAN et al., 2017). Segundo Loader et al. (2017), o consumo de ácido clorogênico diminuiu a pressão arterial dos pacientes em análise. Assim como, recentes pesquisas relacionam a diminuição da incidência de diabetes do tipo 2 e propriedades antioxidantes e anticancerígenas ligadas diretamente ao consumo deste éster (GAWLIK-DZIKI et al., 2014; GARAMBONE & ROSA, 2007).

Dentro do método utilizado para identificação e quantificação dos pesticidas, possivelmente presente no vinagre produzido, foram identificados o total de quatro ativos, sendo eles Imidacloprid, Cyproconazole, Triadimenol e Azoxystrobin. A Figura 3 mostra os cromatogramas para identificação e quantificação do Imidacloprid, com pico característico no tempo de 3,63 minutos, ao ativo Cyproconazole, com tempo de 6,95 minutos, o pico característico do composto Triadimenol, identificado no tempo de 7,09 minutos e o do composto Azoxystrobin, identificado no tempo de 6,61 minutos.

Para a quantificação, foram realizadas curvas de calibração, de modo a determinar as concentrações dos compostos na amostra. As concentrações dos ativos Cyproconazole e Azoxystrobin se demonstraram abaixo do limite de detecção, visto que o valor referente a cada concentração se encontrou abaixo do primeiro ponto da curva, que foi de 0,01 µg/L (ppb). Nos ativos Imidacloprid e Triadimenol, os valores obtidos foram de 0,02320 mg/kg e 0,006758 mg/kg, respectivamente.

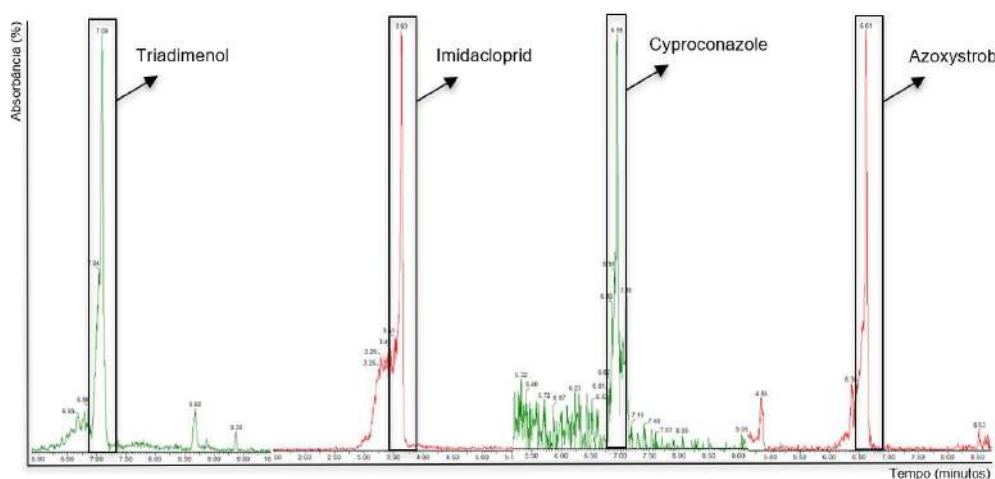
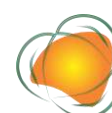


Figura 3. Cromatograma dos pesticidas identificados.

De acordo com Rosa (2021), a concentração média do ativo Imidacloprid no mel convencional é de 0,48 µg/g, sendo seu LMR (Limite Máximo de Resíduo) de 0,05 µg/g permitido no Brasil, com isso, foi concluído que o defensivo estava sendo utilizado de maneira incorreta.



No estudo de Andrade (2013), em que foi aplicado a técnica de identificação de pesticidas multirresíduos, os tomates de Piracicaba-SP tiveram em média 0,01 mg/kg de Azoxystrobin e 0,06 mg/kg de Imidacloroprid. Essas concentrações se mostram abaixo do LMR permitido no Brasil.

Por fim, o glifosato não foi identificado na amostra e, para comprovar sua extração, a amostra foi contaminada com o padrão e injetada novamente, sendo neste caso identificado. Desse modo, a possível explicação seria sua degradação em metabólitos secundários como o AMPA (ácido aminometilfosfônico) ou sarcosina, porém, não foi possível identificá-los devido à ausência de padrões internos e métodos.

Os resultados foram sintetizados e apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da identificação e quantificação dos compostos

Composto	Identificação	Quantificação	LMR
Cafeína	Identificado	45,2mg/kg	-
Ácido Clorogênico	Identificado	Não quantificado	-
Glifosato	Não identificado	Não quantificado	1mg/kg
Imidacloroprid	Identificado	0,02320mg/kg	0,5mg/kg
Triadimenol	Identificado	0,006758mg/kg	0,5mg/kg
Cyproconazole	Identificado	Abaixo do limite de detecção	0,2mg/kg
Azoxystrobin	Identificado	Abaixo do limite de detecção	0,05mg/kg

28

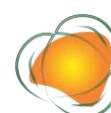
CONCLUSÕES

O reaproveitamento da casca de café como resíduo do beneficiamento do grão foi possível, obtendo-se o vinagre como produto da fermentação alcoólica seguido da fermentação acética. Elevados rendimentos reacionais foram visualizados em função das condições operacionais e ambientais impostas.

A identificação dos compostos cafeína e ácido clorogênico mostra que o vinagre obtido da casca seca de café pode ser considerado um produto fito terapêutico. De modo a agregar maior valor econômico nesse subproduto proveniente do beneficiamento de café.

As concentrações dos pesticidas identificados se encontraram dentro do limite máximo de resíduo permitido no Brasil, não o relacionando com problemas à saúde humana em função de sua ingestão.

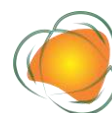
AGRADECIMENTOS



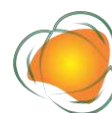
Ao Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé - UNIFEG pela bolsa concedida por meio do seu Programa de Iniciação Científica - PIC.

REFERÊNCIAS

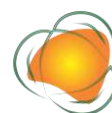
- AGÊNCIA MINAS. Minas segue como maior produtor de café no Brasil, responsável por 46% da safra 2021. 2021. Disponível em: <https://www.agenciaaminas.mg.gov.br/noticia/minas-segue-como-maior-produtor-de-cafe-no-brasil-responsavel-por-46-da-safra-2021>. Acesso em: 22 de março de 2022.
- ALMEIDA, M. M.; TAVARES, D. P. S. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.8, n.1, p.35-42, 2006.
- ALTIMARI, L. R.; CYRINO, E. S.; ZUCAS, S. M.; BURINI, R. C. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. *Revista Paulista De Educação Física*, v.14, n.2, p.141-158, 2000.
- ANDRADE, G. C. R. DE M. Análise multirresíduos de pesticidas em tomate utilizando LC-MS/MS e avaliação dos efeitos de lavagem na descontaminação. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente). Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.
- ANDRADE, J. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N. Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes Kunth*). *Food Science and Technology*, v.23, p.34-38, 2003.
- APHA. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed., Washington – USA, 2005.
- ARAÚJO, K. G. L.; SABAA-SRUR, A. U. O.; RODRIGUES, F. S.; MANHÃES, L. R. T.; DO CANTO, M. W. Utilização de abacaxi (*Ananas comosus L.*) cv. Pérola e *Smooth cayenne* para a produção de vinhos: estudo da composição química e aceitabilidade. *Food Science and Technology*, v.29, n.1, p.56-61, 2009.
- BAQUETA, M. R.; SILVA, J. R. P.; MOREIRA, T. F. M. Extração e caracterização de compostos do resíduo vegetal casca de café. *Brazilian Journal of Food Research*, v.8, n.2, p.68- 89, 2017.
- BERNARDI, G.; KEMMERICH, M.; ADAIME, M. B.; PRESTES, O. D.; ZANELLA, R. Miniaturized QuEChERS method for determination pesticide residues in wine by ultra-high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Royal Society of Chemistry*, v.21, p.1-3, 2020.



- BARBOSA, C. D. Obtenção e caracterização de vinho e vinagre de manga (*Mangifera indica* L.): parâmetros cinéticos das fermentações alcoólica e acética. 128f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.
- BACH, F. Evaluation of the conditions of production acetic fermented of milk whey. 136f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, 2012.
- BONNAFOUS, L. et al. Grapé: vinho fortificado produzido à base de polpa de café. In: Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, 2015, Campinas. Anais...Campinas, 2015.
- BRAZ, K. M. S.; GLOCK, G. M.; BENVEGNÚ, D. M.; LIMA, F. O.; SOARES, L. C. Cafeína e aspectos nutricionais: quantificação sanguínea de vitaminas e minerais. In: Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica, 12, 2022, Chapecó. Anais...Chapecó, v.1 n.12, 2022.
- BRESSANI, R.; BRAHAM, J. Pulpa de cafe: composición, tecnología y utilización. 1978. 152p.
- BRUM, S. S. Caracterização da polpa e pergaminho (resíduos gerados pela despolpa úmida dos grãos de café. 38f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2007.
- CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. Química Nova, v.24, p.449-452, 2001.
- GARAMBONE, E.; ROSA, G. Possíveis benefícios do ácido clorogênico à saúde. Alimentos e Nutrição, v.18, n.2, p.229-235, 2007.
- GAWLIK-DZIKI, U.; ŚWIECA, M.; DZIKI, D.; KOWALSKA, I.; PECIO, L.; DURAK, A.; SĘCZYK, L. Lipoxxygenase inhibitors and antioxidants from green coffee-mechanism of action in the light of potential bioaccessibility. Food Research International, v.61, p.48-55, 2014.
- GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M.J.; CANTOS-VILLAR, E. Wine Polyphenol Content and Its Influence on Wine Quality and Properties: A Review. Molecules, v.26, n.3, p.718, 2021.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-químicos para Análises de Alimentos. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4ª ed. 1ª Edição digital, 2008. 1020p.
- LOADER, M.; WILKINSON, J.; ARMSTRONG, R. The effect of titanite crystallisation on Eu and Ce anomalies in zircon and its implications for the assessment of porphyry Cu deposit fertility. Earth and Planetary Science Letters, v.472, p.107-119, 2017.
- MARIANO, R. S. Determinação de cafeína em bebidas estimulantes por cromatografia líquida e espectrofotometria UV-Vis. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.



- MOURA, C. DE.; NOGUEIRA, B. A.; SILVA, R. C. O. DA.; GUZ, R.; OLDONI, T. L. C. Determinação de cafeína em chá preto (*Camellia sinensis*) por cromatografia líquida de alta eficiência. Synergismus Scientifica, v.10, n.1, p.99–103.
- PEDROSO, P. R. F. Produção de vinagre de maçã em biorreator Airlift. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- RAHMAN, M.; EL-ATY, A. M.; KIM, S.; SHIN, S.; SHIN, H.; SHIM, J. Quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe sample preparation approach for pesticide residue analysis using traditional detectors in chromatography: A review. Journal of Separation Science, p.203-212, 201.
- ROSA, K. M. Imidacloprido e fipronil em mel de *Apis mellifera*. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2021.
- SCHMOELLER, R. K.; BALBI, M. E. Caracterização e controle de qualidade de vinagres comercializados na região metropolitana de Curitiba/PR. Visão Acadêmica, v.11, n.2, 2010.
- SILVA, T. T.; CAPUCI, A. P. S. Produção de vinho e aguardente a partir da casca do café. In: Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais, 1, 2017, Uberaba. Anais... Uberaba, p.1-12, 2017.
- SKOOG, D.; WEST, D.; HOLLER, J.; CROUCH, S. Fundamentos de Química Analítica. Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo, 2006.
- SUMAN, P. A. Processo de obtenção de vinagre de gengibre. 87f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Botucatu, 2012.
- VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. Instituto de Economia Agrícola, p.1-9, 1994.
- VENTURIM, J. B. Gestão de resíduos orgânicos produzidos no meio rural: o caso do beneficiamento do café. 102f. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- XAVIER, D.; IVANOV, R. C.; CUNHA, M. A. A.; PEREIRA, E. A. Produção e caracterização de vinagre de fisalis. Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos, v.2, n.1, p.27-32, 2011.
- ZAPATA-GUERRERO, F. T.; AYUP, J.; MAYER-GRANADOS, E. L.; CHARLES-COLL, J. Incubator efficiency vs survival of start-ups. RAUSP Management Journal, v.55, p.511–530, 2020.



TOXICOGENÔMICA DO PARAQUAT: ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE GENES E DOENÇAS RELACIONADOS AO USO DESTES HERBICIDAS

Marina Ziliotto¹
José Artur Bogo Chies²
Joel Henrique Ellwanger³

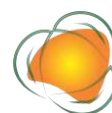
^{1, 2, 3}Laboratório de Imunobiologia e Imunogenética, Departamento de Genética,
Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
marinaztto@gmail.com; joel.ellwanger@gmail.com; jabchies@terra.com.br

INTRODUÇÃO

Pesticidas são substâncias tóxicas amplamente utilizadas na agricultura para controle de pragas, como ervas classificadas como daninhas, insetos, fungos e roedores. O uso de pesticidas também ocorre nas áreas urbanas, em menor quantidade, em ações de saúde pública, na jardinagem e no uso pessoal para controle de vetores (por exemplo, mosquitos e carrapatos). Porém, a exposição não intencional a pesticidas pode ser extremamente prejudicial para uma grande variedade de seres vivos (KIM et al., 2017).

Em humanos, a exposição a pesticidas está associada com o desenvolvimento de diversas patologias, como a doença de Parkinson, linfoma não-Hodgkin, mieloma múltiplo, sarcoma, disfunção hormonal, alergias, asma e hipersensibilidade (KVITKO et al., 2012; SABARWAL et al., 2018). O risco de exposição é ainda mais grave em crianças, devido a fatores de comportamento, desenvolvimento e fisiológicos (ADAD et al., 2015).

Além disso, variações individuais, como polimorfismos genéticos, contribuem para a determinação de risco de exposição a agentes tóxicos, sendo fatores importantes para o desenvolvimento dos sintomas clínicos. A intoxicação por pesticidas pode se manifestar de diferentes formas (variando de assintomática até fatal), e sofre a influência de diversos genes que participam do metabolismo de xenobióticos e que regulam processos de dano e reparo do DNA (HERNÁNDEZ et al., 2013; ADAD et al., 2015). A compreensão da influência dos polimorfismos genéticos na determinação da resposta genotóxica complementa estudos de



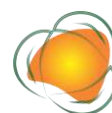
biomarcadores (como teste de micronúcleo e ensaio cometa), resultando em informações mais precisas sobre o risco de exposição e toxicidade (SILVA et al., 2008).

O Paraquat (PQ) é um herbicida muito utilizado na agricultura, pertence ao grupo químico dos bupiridílicos e seu princípio ativo é o 1,1'-dimetil-4,4'-bupiridina-dicloreto. O PQ age interrompendo o processo fotossintético da planta (WESSELING et al., 2001). Sua utilização no meio agrícola se iniciou em meados de 1960, sendo comercializado em mais de 130 países sob os nomes comerciais Gramoxone® ou Gramocil®. As principais aplicações ocorrem como dessecantes em pré-plantios e em pré-colheitas, com função de remover plantas daninhas. Seu uso foi central para o estabelecimento da técnica de Plantio Direto (ALBRECHT et al., 2022).

Os primeiros casos de intoxicação por PQ foram relatados em 1966 e, desde então, diversos casos de intoxicação ocupacional, acidental ou suicida foram registrados (SCHIMITT et al., 2006). A exposição ao PQ afeta principalmente trabalhadores rurais que realizam a aplicação do agrotóxico e apresentam exposição de longo prazo ao químico (CASTRO-GUTIÉRREZ et al., 1997).

O PQ é altamente tóxico para mamíferos, demonstrando alta toxicidade aguda oral e inalatória, podendo causar irritações oculares severas e dérmicas moderadas (ALBRECHT et al., 2022). Sua toxicidade afeta diversos órgãos, mas principalmente o pulmão, causando danos severos que podem culminar em falência respiratória e morte. O PQ apresenta um índice de mortalidade superior a 70% e não possui tratamento eficaz para reversão do quadro clínico após intoxicação (SCHIMITT et al., 2006). Além disso, a longo prazo, a exposição ao PQ já foi associada com o desenvolvimento da doença de Parkinson, problemas pulmonares e câncer de pele (WESSELING et al., 2001). A associação do PQ com a doença de Parkinson é particularmente importante, sendo inclusive o PQ utilizado como agente indutor de um modelo animal desta doença em roedores (ELLWANGER et al., 2015). A alta toxicidade do PQ levou a sua proibição em diversos países, como os pertencentes à União Europeia desde 2007 e, mais recentemente (em 2020), o Brasil (FLECHEL et al., 2018). Porém, o PQ segue sendo utilizado em diferentes países e até mesmo irregularmente no Brasil.

Considerando os efeitos adversos relacionados à exposição por pesticidas e a importância dos fatores genéticos como moduladores das toxicidades de xenobióticos, esse trabalho visa investigar, através do banco de dados The Comparative Toxicogenomics Database, os principais genes que interagem com o herbicida PQ, as redes de interações das



proteínas codificadas por esses genes, e os potenciais efeitos biológicos do PQ sobre a saúde humana.

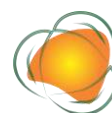
MATERIAL E MÉTODOS

O The Comparative Toxicogenomics Database (CTD; disponível em: <https://ctdbase.org/>) é um banco de dados aberto de informações curadas manualmente sobre interações do tipo “químico-gene/proteína”, e informações biológicas relacionadas aos efeitos tóxicos de agentes químicos (DAVIS et al., 2023). Dados sobre o PQ foram coletados no CTD em 09 de maio de 2023 utilizando o termo de busca “Paraquat”, limitando a “Keyword Search” para “Chemicals”. Primeiramente foram acessados os genes relacionados com o PQ diretamente na CTD. Com base no número de interações entre os genes e o químico, os vinte principais genes foram ranqueados e um gráfico foi plotado com estes dados utilizando o software GraphPad Prism 5.0.

Foram criadas duas redes de interações proteicas com base nos dois principais genes associados com o PQ. As redes foram geradas na plataforma String (disponível em: <https://string-db.org/>) (SZKLARCZYK et al., 2023) em 09 de maio de 2023 utilizando “minimum required interaction score” de 0,700 (high confidence), não mais do que 50 interações e limitando a rede para as seguintes classes de interação: “experiments”, “databases”, “co-expression”, “neighborhood”, “gene fusion” e “co-occurrence”.

O banco de dados completo contendo as interações entre PQ e genes/proteínas foi também obtido na CTD, na mesma data citada anteriormente. As interações PQ-gene/proteína são classificadas como “increased expression”, “decreased expression”, além de uma série de outros tipos de interações complexas. O banco de dados foi filtrado para “increased expression”, “decreased expression” e os demais tipos de interações foram agrupados como “interações complexas”. O número e a frequência destes três tipos de interações foram então obtidos.

Por fim, foram coletadas informações sobre as vinte principais doenças associadas ao PQ, ranqueadas na CTD pelo número de referências. Os dados foram plotados utilizando o GraphPad Prism 5.0.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 4.228 genes associados com o PQ, com um total de 7.614 interações. Os vinte principais genes, bem como o número de interações de cada um desses genes associados ao PQ, estão apresentados na Figura 1.

20 principais genes que interagem com o Paraquat

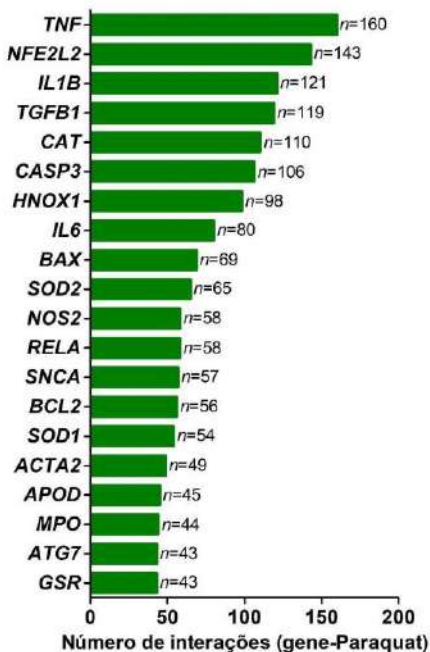
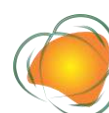


Figura 1. Principais genes que interagem com o PQ.

As Figuras 2 e 3 apresentam as redes de interação das proteínas TNF e NFE2L2, respectivamente. Tais proteínas referem-se aos dois principais genes ranqueados na Figura 1.



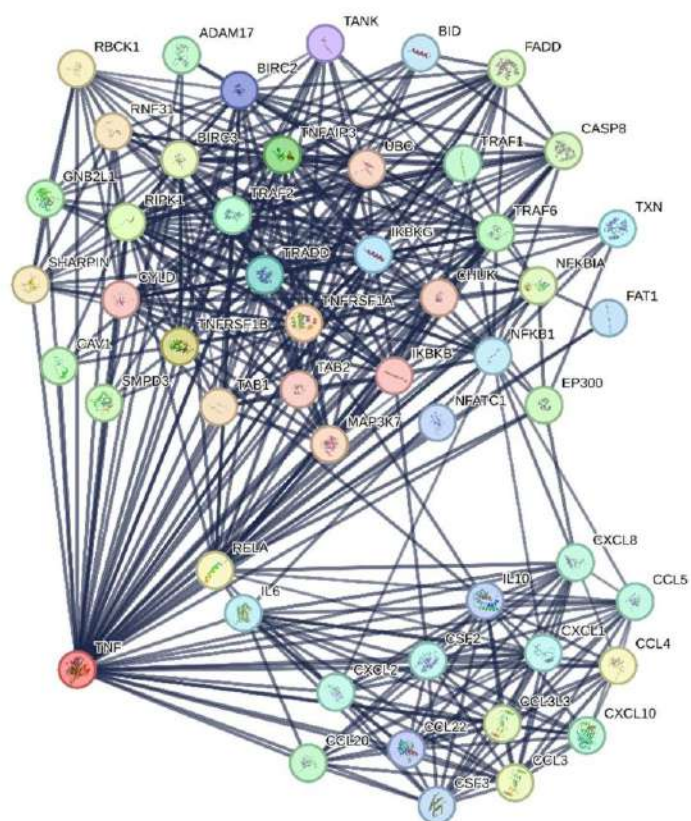


Figura 2. Rede de interação da proteína TNF.

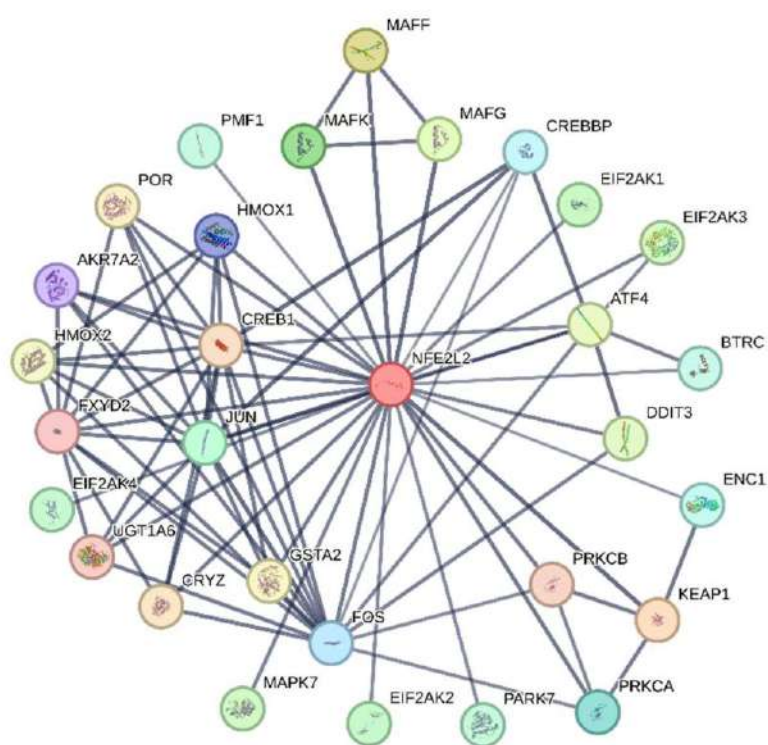


Figura 3. Rede de interação da proteína NFE2L2.

Destaca-se que na rede da proteína TNF (Figura 2) também estão presentes duas proteínas expressas por genes listados na Figura 1, especificamente IL-6 e RELA. Porém, de forma geral, fica evidente que o PQ afeta genes variados e de forma independente. Por outro lado, o efeito do PQ sobre genes como o *TNF* pode reverberar sobre diferentes sistemas, visto que o TNF interage com uma ampla diversidade de outras proteínas, conforme evidenciado na Figura 2. Apesar da rede de interações da proteína NFE2L2 não ser tão complexa como a rede da proteína TNF, o efeito do PQ sobre o *NFE2L2* também pode reverberar sobre diferentes rotas bioquímicas e metabólicas, conforme indicado pela Figura 3. Esses resultados estão de acordo com as vinte principais doenças/condições relacionadas ao PQ, que estão apresentadas na Figura 4, com base no número de referências/interações. O fato de o PQ afetar diferentes genes ajuda a explicar a diversidade de doenças associadas com este herbicida.



Figura 4. Doenças/condições associadas ao PQ.

Das 7.614 interações entre PQ-genes/proteínas, 2.081 (27%) suportam que o PQ aumenta a expressão dos genes ou suas respectivas proteínas. Por outro lado, 1.611 (21%) interações suportam que o PQ diminui a expressão de genes ou suas respectivas proteínas. Por fim, 3.922 (52%) interações foram classificadas como complexas, significando que o PQ pode

desencadear interações múltiplas ou efeitos pouco entendidos sobre os genes e suas respectivas proteínas.

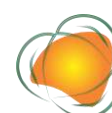
O uso contínuo de pesticidas tem sido relacionado com diversos prejuízos para saúde humana, animal e ambiental (ZILIOTTO et al., 2023). No entanto, riscos específicos são difíceis de elucidar em decorrência do envolvimento de diversos fatores biológicos, sociais e ambientais das áreas afetadas, assim como pela variedade de efeitos deletérios associados aos pesticidas, os quais podem variar entre curto prazo (irritação na pele e olhos, dores de cabeça, tontura e náusea) e impactos crônicos (diversos tipos de cânceres, asma e diabetes) (KIM et al., 2017). Considerando que toda população está exposta, em alguma intensidade, aos pesticidas, seja por contato direto, contato com resíduos ambientais, ou mesmo através da ingestão de alimentos contaminados, é indispensável a consideração dos seus efeitos em diferentes rotas metabólicas e no desenvolvimento de doenças multifatoriais.

CONCLUSÃO

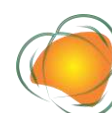
Este estudo exploratório procurou identificar as possíveis interações do herbicida PQ com genes e proteínas, através do banco de dados The Comparative Toxigenomics Database e redes proteicas geradas com a plataforma String. A compreensão das interações do pesticida com fatores genéticos pode ajudar a elucidar os diferentes desfechos clínicos e apontar as populações mais vulneráveis ao seu uso. O PQ demonstrou a potencialidade de interagir com genes de diferentes rotas metabólicas, mostrando-se associado com múltiplas doenças, o que reforça a necessidade da manutenção da proibição do uso deste pesticida no Brasil. Mais estudos que considerem a multifatorialidade das interações do PQ com diferentes genes devem ser realizados para melhorar o entendimento sobre a participação deste herbicida no desenvolvimento de doenças humanas. Também é necessária a realização de mais estudos que investiguem os impactos do PQ sobre a saúde de animais e dos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ADAD, L. M. M. et al. Occupational exposure of workers to pesticides: Toxicogenetics and susceptibility gene polymorphisms. *Genetics and Molecular Biology*, v.38, n.3, p.308-315, 2015.
- ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M. Agronomic implications of paraquat ban in Brazil. *Advances in Weed Science*, v.40, n.1, e020220040.



- CASTRO-GUTIÉRREZ, N. et al. Respiratory symptoms, spirometry and chronic occupational paraquat exposure. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, v.23, n.6, 1997.
- DAVIS, A. P. et al. Comparative Toxicogenomics Database (CTD): update 2023. *Nucleic Acids Research*, v.51, p.1257-1262, 2023.
- ELLWANGER, J. H. et al. Selenium reduces bradykinesia and DNA damage in a rat model of Parkinson's disease. *Nutrition*, v.31, p.359-365, 2015.
- FLECHEL, A. et al. Paraquat poisoning in Western French Guyana: a public health problem persisting ten years after its withdrawal from the French market. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, v.22, p.7034-7038, 2018.
- HERNÁNDEZ, A. F. et al. Pesticide exposure and genetic variation in xenobiotic-metabolizing enzymes interact to induce biochemical liver damage. *Food and Chemical Toxicology*, v.61, p.144-151, 2013.
- KIM, K.; KABIR, E.; JAHAN, S. E. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment*, v.575, p.525-535, 2017.
- KVITKO, K. et al. Susceptibility to DNA damage in workers occupationally exposed to pesticides, to tannery chemicals and to coal dust during mining. *Genetics and Molecular Biology*, v.34, n.4, p.1060-1068, 2012.
- SABARWAL, A.; KUMAR, K.; SINGH, R. P. Hazardous effects of chemical pesticides on human health—Cancer and other associated disorders. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 63, p.103-114, 2018.
- SCHMITT, G. C. et al. Aspectos gerais e diagnóstico clínicolaboratorial da intoxicação por paraquat. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v.42, n.4, p.235-243, 2006.
- SILVA, J. et al. Evaluation of genetic damage in a Brazilian population occupationally exposed to pesticides and its correlation with polymorphisms in metabolizing genes. *Mutagenesis*, v.23, n.5, p.415-422, 2008.
- SZKLARCZYK, D. et al. The STRING database in 2023: protein-protein association networks and functional enrichment analyses for any sequenced genome of interest. *Nucleic Acids Research*, v.51, p.638-646, 2023.
- WESSELING, C. et al. Paraquat in Developing Countries. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, v.7, p.275-286, 2001.
- ZILIOTTO, M. et al. Pesticide pollution in the Brazilian Pampa: detrimental impacts on ecosystems and human health in a neglected biome. *Pollutants*, v.3, p.280-292, 2023.



AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE PADRÕES DE HPAS UTILIZANDO ENSAIO ZFET

Graziela Ribeiro Santos¹
Manoel Messias Coutinho Meira²
Gabriela Helena da Silva³
Diego Stéfani Teodoro Martinez⁴
Joyce Cristale⁵
Simone Andréa Pozza⁶

¹Graduanda em Engenharia Ambiental, Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Limeira – SP, grazielarsantos2818@gmail.com

²Mestrando em Tecnologia, Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), manoelcmeira@gmail.com

³Especialista da Divisão de Nanobiotecnologia, Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), gabriela.silva@lnnano.cnpem.br

⁴Prof. Associado, Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), diego.martinez@lnnano.cnpem.br

⁵Prof^a. Associada, Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), joycecristale@gmail.com

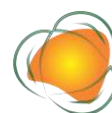
⁶Prof^a. Associada, Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), spozza@unicamp.br

40

INTRODUÇÃO

A Resolução nº 491/2018 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2018) define poluição atmosférica como a presença de substâncias que alteram ou podem alterar a qualidade do ar, tornando-o inadequado para a saúde, o meio ambiente, a segurança e os materiais. Embora existam fontes naturais de poluição, aquelas de origem antrópica são as mais alarmantes, uma vez que os elevados níveis dos poluentes são gerados em ambientes onde o dano à saúde e ao bem-estar são mais prováveis (GODISH, 2003).

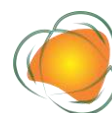
O Material Particulado (MP) é o principal contaminante atmosférico (ANA, 2005) e sua fração orgânica é composta por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) (SEINFELD & PANDIS, 2006). Os HPAs têm origem em diferentes fontes, incluindo fenômenos naturais, como erupções vulcânicas e incêndios florestais, bem como atividades antrópicas, como emissões veiculares e industriais (ABDEL-SHAIFY & MANSOUR, 2016). Devido ao potencial carcinogênico, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (do inglês United States Environmental Protection Agency – USEPA) estabelece dezesseis HPAs prioritários, sendo



eles: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, fenantreno, pireno e naftaleno (USEPA, 2007). Um estudo epidemiológico realizado nos Estados Unidos evidenciou a neurotoxicidade dos HPAs, de forma a associar a exposição pré-natal aos HPAs ao atraso no desenvolvimento neurológico de crianças de dois anos (WALLACE et al., 2022). De forma similar, Tang et al. (2008) relacionaram a concentração de benzo[a]pireno no sangue do cordão umbilical com a redução do quociente de desenvolvimento na linguagem e nas áreas motoras. Outros estudos ainda sugerem que os HPAs provocam estresse imunológico, afetam o desenvolvimento imunológico fetal, além de ocasionar toxicidade endócrina (SUN et al., 2021; RAMESH et al., 2022).

O modelo zebrafish tem sido amplamente utilizado em estudos de toxicologia, principalmente aqueles voltados para nanomateriais e nanopartículas, sendo considerado um excelente método para estudo da toxicidade do MP (BRUNDO et al., 2016; MEDEIROS et al., 2021; MANJUNATHA et al., 2021; ZHANG et al., 2021). Além disso, o ensaio ZFET (do inglês Zebrafish Embryo Test) possui um protocolo padronizado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD – sigla em inglês para Organization for Economic Co-operation and Development) (OECD, 2013), apresentando-se como uma alternativa para os testes com peixes adultos e seguindo as recomendações de substituição, redução e refinamento relativo ao bem-estar animal em pesquisa (LAMMER et al., 2009). Por último, este modelo ainda se mostra como uma alternativa para estudos de neurotoxicidade em ratos (MUTH-KOHNE et al., 2012).

Entretanto, ensaios de toxicidade realizados com conjuntos de HPAs dificilmente são encontrados na literatura, sendo mais usual deparar-se com estudos de alguns dos HPAs prioritários de forma individual. Em um trabalho sobre a toxicidade do benzo(a)pireno, Xu et al. (2023) observaram a redução na porcentagem de espermatozoides, no sucesso de eclosão e taxa de fertilização, assim como elevação na contagem de espermátides, espermátócitos e malformações de embriões de zebrafish. Já o fenantreno, está relacionado à redução da taxa de sobrevivência e hereditariedade dos genes associado a malformações no desenvolvimento da cartilagem craniofacial (ZHANG et al., 2022). Contudo, o ensaio ZFET tem permitido avanços nas análises de misturas de HPAs, pois a interação dos compostos com genes receptores de hidrocarbonetos aromáticos, podem ocasionar no agravamento dos efeitos tóxicos da mistura (WILSON et al., 2023).



Desta forma, este trabalho objetivou analisar a toxicidade conjunta dos dezesseis HPAs prioritários estabelecidos pela USEPA (2007), utilizando um Mix Padrão de HPAs e o modelo zebrafish.

METODOLOGIA

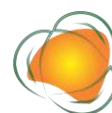
A preparação das amostras foi realizada a partir de um Mix Padrão de HPAs (Sigma-Aldrich) a 100 ppm em diclorometano (DCM), sendo que deste foram preparadas cinco amostras: 0,01 ppm; 0,05 ppm; 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,5 ppm, todas diluídas em DCM, com volume final igual a 0,5 mL. Ainda, foi preparada uma amostra apenas com o solvente para controle negativo. Em seguida, foi adicionado o mesmo volume de dimetilsulfóxido (DMSO) e as amostras foram secas sob fluxo suave de N₂ até a completa evaporação do DCM (MANJUNATHA et al., 2021). O volume final de DMSO foi padronizado a fim de se obter DMSO a 1%. A troca de solvente foi necessária pois o DCM apresenta elevada toxicidade para o zebrafish, não sendo viável o ensaio com este solvente.

O ensaio de toxicidade se baseou no protocolo da OEDC n° 236/2013 (OEDC, 2013), sendo assim, os embriões foram mantidos em água reconstituída com 96 mg de NaHCO₃, 60 mg de MgSO₄, 60 mg de CaSO₄ e 4 mg de KCl, com pH entre 7 e 7,4, temperatura igual a 26 ± 1°C e sob regime de fotoperíodo de 14:10 claro: escuro.

Para a exposição dos embriões de zebrafish, 0,4 mL das amostras foram diluídas em 39,6 mL de água reconstituída. A exposição foi feita em placas de 24 poços com 1 embrião por poço para cada concentração, sendo que 4 poços foram mantidos para controle interno. O tempo de exposição foi de 96 horas, em que a cada 24 horas foi analisada a mortalidade e taxa de eclosão. Ao final das 96 horas os embriões foram coletados e analisados quanto a deformação, formação de edemas crescimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do ensaio ZFET realizado, foi possível elaborar as Tabelas 1 e 2, as quais relacionam a concentração e o tempo de exposição com o número de indivíduos sobreviventes e número de ovos que eclodiram, respectivamente. Com isso, observou-se que a concentração de 0,01 ppm não ocasionou letalidade ou atraso na eclosão dos ovos quando comparados ao grupo controle. Mesmo com a letalidade no grupo controle, a porcentagem de sobreviventes (95%) está de acordo com o valor estabelecido pela OECD para a viabilidade do teste (90%) (OECD, 2013). Além disso, a concentração letal para o zebrafish foi igual a 0,1 ppm. Já as



concentrações de 0,2 e 0,5 ppm resultaram em menor mortalidade que a concentração de 0,1 ppm devido ao Mix Padrão de HPAs ter sobrenadado à solução de água reconstituída, diminuindo o contato da substância com o embrião, visto que antes da eclosão o ovo fica no fundo da placa.

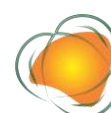
Tabela 1. Relação entre concentração e tempo de exposição com número de indivíduos sobreviventes

Concentração (ppm)	Tempo de exposição (hpf)			
	24	48	72	96
Controle	20	19	19	19
0,01	20	20	20	20
0,05	19	15	14	8
0,1	6	7	3	0
0,2	8	7	5	1
0,5	20	20	17	8

Tabela 2. Relação entre concentração e tempo de exposição com número de ovos eclodidos

Concentração (ppm)	Tempo de exposição (hpf)							
	24		48		72		96	
	ovo	larva	ovo	larva	ovo	larva	ovo	larva
Controle	20	0	12	7	0	19	0	19
0,01	20	0	14	6	0	20	0	20
0,05	19	0	13	2	11	3	0	8
0,1	14	0	7	0	3	0	0	0
0,2	8	0	6	1	4	1	0	1
0,5	20	0	20	0	12	9	0	8

Dados os resultados do ensaio, também foi plotada a curva de toxicidade para o Mix Padrão de HPAs, através do software GraphPad Prism 9 (versão 9.5.1) (Figura 1). Com base nas análises do software, identificou-se que a concentração letal capaz de causar a morte de 50% dos indivíduos (CL50) é de 0,04865 ppm. Durante a análise, as concentrações de 0,2 ppm e 0,5 ppm foram invalidadas devido à insolubilidade do padrão aplicado.



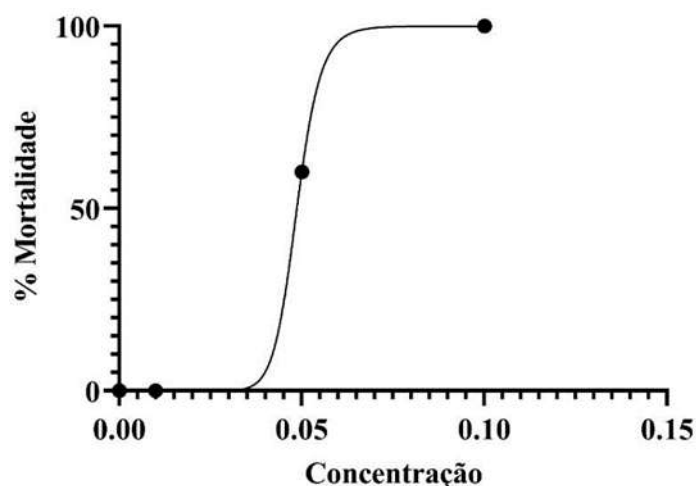
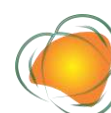


Figura 1. Curva de toxicidade.

Os embriões ainda apresentaram uma série de deformações, sendo elas: deformidades esqueléticas, como o encurto e curvatura da coluna vertebral; edemas pericárdios e alterações no saco vitelino. Utilizando o software ImageJ (versão 1.54d), foi possível medir o comprimento dos embriões, observando-se que houve o aumento da heterogeneidade das medidas e redução no comprimento médio com o aumento da concentração de exposição. No entanto, a concentração de 0,2 ppm apresentou o menor comprimento de embrião, o qual detinha 2,122mm. A Figura 2 não apresenta dados da concentração de 0,1 ppm, devido à ausência de embriões sobreviventes. De forma similar, a 0,2 ppm só resultou em uma medida de comprimento, não sendo possível calcular o comprimento médio, desvio padrão e limites inferior e superior.

Em um estudo anterior, diferentes deformidades de desenvolvimento no zebrafish, incluindo a redução da taxa de eclosão, curvatura e o encolhimento da coluna vertebral foram associados a exposição a benzo[a]pireno, resultado da redução da expressão de genes esqueléticos (ELFAWY et al., 2021). Zhang et al. (2022), também observaram a redução da sobrevivência e aumento de deformações como efeitos adversos da exposição do embrião ao fenantreno (ZHANG et al., 2022).



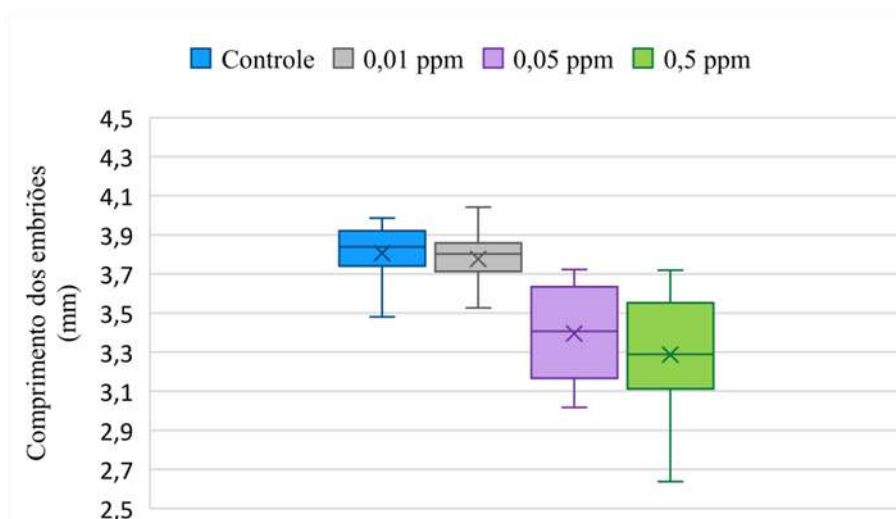


Figura 2. Distribuição do comprimento dos embriões.

A Figura 3 mostra embriões expostos a diferentes concentrações do Mix Padrão de HPAs, na qual é possível notar que não houve formação de edemas e curvatura da coluna vertebral apenas no grupo controle e à 0,01 ppm. Sendo assim, a formação de edema pericárdio foi observada à 0,05, 0,2 e 0,5 ppm. Já o aumento do saco vitelínico e curvatura da coluna vertebral estavam presentes apenas nos embriões expostos à 0,2 e 0,5 ppm do padrão. A Figura 4 mostra a porcentagem de embriões que apresentaram algum tipo de deformação ou edema.

45

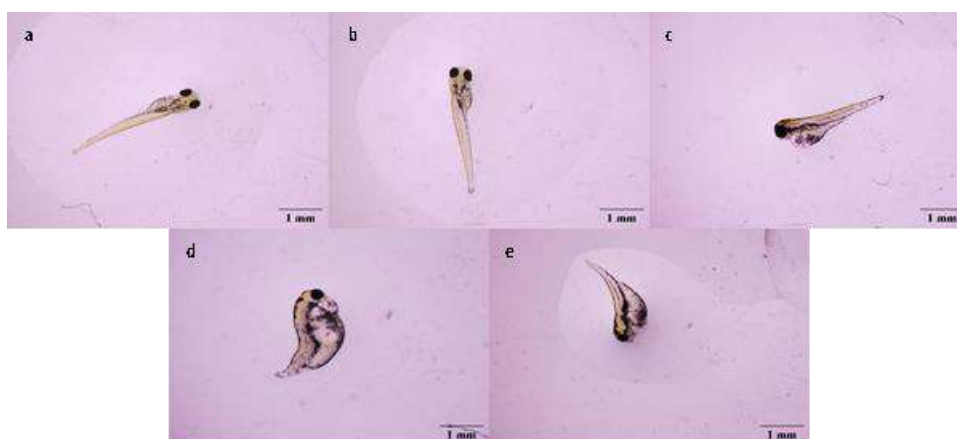


Figura 3. Comparativo entre as concentrações testadas. a) concentração controle, b) 0,01 ppm, c) 0,05 ppm, d) 0,2 ppm, e) 0,5 ppm.

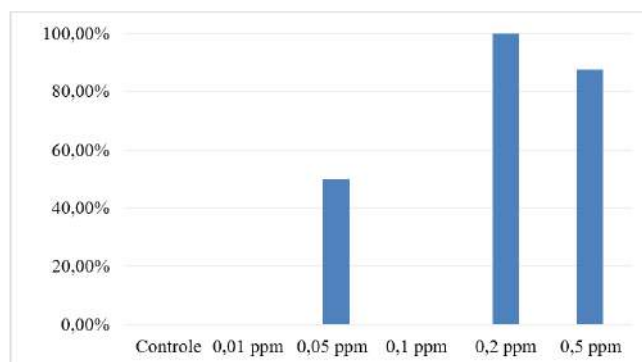


Figura 4. Embriões que apresentaram deformação ou edema.

Estudos conduzidos a partir de HPAs individualizados revelaram toxicidade cardíaca provocada pelo pireno e benzo[a]antraceno. A exposição a ambos os compostos resultou na supressão de genes receptores de hidrocarbonetos aromáticos, acarretando o efeito tóxico (ZHANG et al., 2012; ELIE et al., 2015; GOODALE et al., 2013). Esta supressão de genes também foi observada por Matson, Timme-Laragy e Giulio (2008) em estudo com fluoranteno, benzo[a]pireno e hipóxia, sendo que apenas os embriões expostos a combinação de fluoranteno e benzo[a]pireno apresentaram derrame pericárdio significativo (MATSON et al., 2008).

Resultados mais complexos foram verificados em análises de toxicidade de três misturas HPAs: a primeira foi composta por sete HPAs não bioativos (fluoreno, 2-metilnaftaleno, acenafteno, fenantreno, criseno, naftaleno e fluoranteno); a segunda, por uma combinação de pireno, reteno e benzo[a]antraceno; e a última era formada pelas duas anteriores. Na primeira mistura, foram observados edemas no saco vitelino, enquanto na segunda, edema pericárdico e saco vitelino (GEIER et al., 2018). A mistura formada pelos dez HPAs apresentou resultados similares aos notados na mistura de apenas três HPAs apenas nas concentrações mais altas. Segundo Geier et al. (2018), isso indica que os sete compostos podem ter alguma influência na mitigação da toxicidade da mistura.

CONCLUSÕES

O ensaio realizado com zebrafish revelou os efeitos nocivos da mistura dos dezesseis HPAs prioritários, com destaque para atraso no desenvolvimento, curvatura na coluna vertebral, edema pericárdico e no saco vitelino. A toxicidade pode estar relacionada tanto a ação individual de alguns compostos, como o pireno, benzo[a]pireno e benzo[a]antraceno, bem como a mistura do padrão, visto que a interação dos compostos com alguns genes pode agravar ou atenuar a toxicidade da mistura. Dessa forma, a periculosidade dos HPAs pode



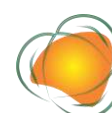
estar relacionada com a alteração na expressão de genes receptores de hidrocarbonetos aromáticos e supressão da expressão de genes esqueléticos.

AGRADECIMENTOS

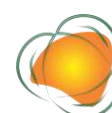
Processo nº 2022/09762-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Às instalações do LACAN da FT-UNICAMP e NANOTOX do LNNano. À Josiane Ap. de Souza Vendemiatti e Anjaina F. de Albuquerque pelo suporte no laboratório da FT.

REFERÊNCIAS

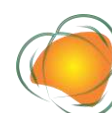
- ANA. Agência Nacional De Águas E Saneamento Básico (SP). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Caracterização das estações de monitoramento de fumaça no interior do Estado de São Paulo: Estações do município de Limeira. São Paulo, SP, 2005. 25p.
- ABDEL-SHAIFY, H. I.; MANSOUR, M. S. M. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, v.25, n.1, p.107-123, 2016.
- BORRÁS, E.; TORTAJADA-GENARO, L.A. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric aerosols by gas chromatography–mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, v.583, n.2, p.266-276, 2007.
- BRASIL. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. *Diário Oficial da União*, 21 nov. 2018.
- BRUNDO M. V.; PECORARO R.; MARINO F.; SALVAGGIO A.; TIBULLO D.; SACCONI S.; BRAMANTI V.; BUCCHERI M. A.; IMPELLIZZERI G.; SCUDERI V.; ZIMBONE M.; PRIVITERA V. (2016) Avaliação de Toxicidade de Novos Nanomateriais de Engenharia em Zebrafish. *Frente. Physiol*, v.7, 130.
- GODISH, T. *Air Quality*. 4. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2004. 519p.
- GOODALE, B. C.; TILTON, S. C.; CORVI, M. M.; WILSON, G. R.; JANSZEN, D. B.; ANDERSON, K. A.; WATERS, K. M.; TANGUAY, R. L. Structurally distinct polycyclic aromatic hydrocarbons induce differential transcriptional responses in developing zebrafish. *Toxicology And Applied Pharmacology*, v.272, n.3, p.656-670, 2013.
- LAMMER, E.; CARR, G. J.; WENDLER, K.; RAWLINGS, J. M.; BELANGER, S. E.; BRAUNBECK, Th. Is the fish embryo toxicity test (FET) with the zebrafish (*Danio rerio*) a potential alternative for the fish acute toxicity test? *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v.149, n.2, p.196-209, 2009.



- MANJUNATHA, B.; DEEKSHITHA, B.; SEO E.; KIM, J.; LEE, S.J. Developmental toxicity induced by particulate matter (PM_{2.5}) in zebrafish (*Danio rerio*) model. Elsevier: Aquatic Toxicology, v.238, n.105928, 2021.
- MEDEIROS, A. M. Z. de; KHAN, L. U.; SILVA, G. H. da; OSPINA, C. A.; ALVES, O. L.; CASTRO, V. L. de; MARTINEZ, D. S. T. Graphene oxide-silver nanoparticle hybrid material: an integrated nanosafety study in zebrafish embryos. Ecotoxicology And Environmental Safety, v.209, p.111776, 2021.
- MUTH-KÖHNE, E.; WICHMANN, A.; DELOV, V.; FENSKE, M. The classification of motor neuron defects in the zebrafish embryo toxicity test (ZFET) as an animal alternative approach to assess developmental neurotoxicity. Neurotoxicology And Teratology, v.34, n.4, p.413- 424, 2012.
- OCDE. Teste No. 236: Teste de Toxicidade Aguda em Embriões de Peixe (FET). Diretrizes da OCDE para o Teste de Produtos Químicos, Seção 2, Publicação da OECD, Paris. 2013.
- ELFAWY, H. A.; ANUPRIYA, S.; MOHANTY, S.; PATEL, P.; GHOSAL, S.; PANDA, P. K.; DAS, B.; VERMA, S. K.; PATNAIK, S. Molecular toxicity of Benzo(a)pyrene mediated by elicited oxidative stress infer skeletal deformities and apoptosis in embryonic zebrafish. Science of the Total Environment, v.789, p.147989, 2021.
- ELIE, M. R.; CHOI, J.; NKRUMAH-ELIE, Y. M.; GONNERMAN, G. D.; STEVENS, J. F.; TANGUAY, R. L. Metabolomic analysis to define and compare the effects of PAHs and oxygenated PAHs in developing zebrafish. Environmental Research, v.140, p.502-510, 2015.
- GEIER, M. C.; MINICK, D. J.; TRUONG, L.; TILTON, S.; PANDE, P.; ANDERSON, K. A.; TEEGUARDAN, J.; TANGUAY, R. L. Systematic developmental neurotoxicity assessment of a representative PAH Superfund mixture using zebrafish. Toxicology And Applied Pharmacology, v.354, p.115-125, 2018.
- MATSON, C. W.; TIMME-LARAGY, A. R.; GIULIO, R. T. di. Fluoranthene, but not benzo[a]pyrene, interacts with hypoxia resulting in pericardial effusion and lordosis in developing zebrafish. Chemosphere, v.74, n.1, p.149-154, 2008.
- RAMESH, A.; HARRIS, K. J.; ARCHIBONG, A. E. Reproductive toxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons. In: REPRODUCTIVE and Developmental Toxicology. 3. ed. Elsevier, 2022. cap.38, p.759-778.
- SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. 2. ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2006. 1203p.



- SUN, K.; SONG, Y.; HE, F.; JING, M.; TANG, J.; LIU, R. A review of human and animals' exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: Health risk and adverse effects, photo-induced toxicity and regulating effect of microplastics. Elsevier: Science of The Total Environment, v.773, n.145403, 2021.
- TANG, D.; LI, T. Y.; LIU, J. J.; ZHOU, Z. J.; YUAN, T.; CHEN, Y. H.; RAUH, V. A.; XIE, J.; PERERA, F. Effects of Prenatal Exposure to Coal-Burning Pollutants on Children's Development in China. Environmental Health Perspectives, v.116, n.5, p.674-679, 2008.
- US EPA. United States Environmental Protection Agency. Clean Water Act. Boston, 2007.
- WALLACE, E. R.; NI, Y.; LOFTUS, C. T.; SULLIVAN, A.; MASTERSON, E.; SZPIRO, A. A.; DAY, D. B.; ROBINSON, M.; KANNAN, K.; TYLAVSKY, F. A. Prenatal urinary metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons and toddler cognition, language, and behavior. Environment International, v.159, e107039, 2022.
- WILSON, L. B.; MORAN, I. L.; ANDERSON, K. A.; TANGUAY, R. L. Advances in PAH mixture toxicology enabled by zebrafish. Current Opinion in Toxicology, v.34, e100392, 2023.
- XU, K.; GAO, D.; LIN, J.; DAI, Q.; ZHOU, Q.; CHEN, Y.; WANG, C. Benzo(a)pyrene exposure in early life suppresses spermatogenesis in adult male zebrafish and association with the methylation of germ cell-specific genes. Aquatic Toxicology, v.258, e106504, 2023.
- ZHANG, Y.; WANG, C.; HUANG, L.; CHEN, R.; CHEN, Y.; ZUO, Z. Low-level pyrene exposure causes cardiac toxicity in zebrafish (*Danio rerio*) embryos. Aquatic Toxicology, v.114-115, p.119-124, 2012.
- ZHANG, Y.; CHEN, Y.; XU, K.; FANG, L.; HUANG, J.; XIA, S.; ZHOU, Q.; LV, L.; WANG, C. Embryonic exposure to phenanthrene caused developmental defects of craniofacial cartilage in F1 larvae. Aquatic Toxicology, v.243, e106080, 2022.
- ZHANG, Y.; JIA, Z.; RAJENDRAN, R. S.; ZHU, C.; WANG, X.; LIU, K.; CEN, J. Exposure of particulate matter (PM10) induces neurodevelopmental toxicity in zebrafish embryos. Neurotoxicology, v.87, p.208-218, 2021.



USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO TAPEROÁ UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE

José Hugo Simplicio de Sousa¹
George do Nascimento Ribeiro²
João Miguel de Moraes Neto³
Paulo Roberto Megna Francisco⁴

¹Graduando em Engenharia de Biosistemas, Universidade Federal de Campina Grande,
jose.hugo@estudante.ufcg.edu.br

²Prof. Dr. Universidade Federal de Campina Grande – Campus Sumé-PB, Unidade Acadêmica de Engenharia de
Biotecnologia - UAEB, george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

³Prof. Dr. Universidade Federal de Campina Grande – Campus Campina Grande-PB, Unidade Acadêmica de
Engenharia Agrícola - UAEA, j.miguel.moraes@hotmail.com

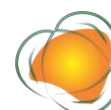
⁴Doutorando em Engenharia de Recursos Naturais – PPGEGRN, Universidade Federal de Campina Grande,
Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, paulomegna@gmail.com

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas têm uma posição vulnerável em relação a questões associadas a mudanças generalizadas nos padrões de uso e cobertura da terra. Antes da interferência humana, os sistemas hidrográficos estão em um estado de equilíbrio. Nas últimas décadas, a intensificação do manejo da cobertura vegetal em bacias hidrográficas tem alterado a dinâmica dos sistemas hidrológicos. Modifica as taxas de evaporação, infiltração, erosão e os regimes de superfície e subsuperfície, comprometendo também a disponibilidade e a qualidade da água (BRAZ et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017; SHRESTHA et al., 2018; MARTINS & GALVANI, 2020).

Por apresentar formas de ocupação da paisagem, as informações sobre uso e cobertura do solo são essenciais para diversas aplicações geoespaciais, como planejamento e gestão ambiental. Também serve como base para entender as relações entre a cobertura da terra e os serviços ecossistêmicos (LIU et al., 2017; ZHANG et al., 2019). Uma melhor compreensão das consequências das mudanças na cobertura do solo nos processos hidrológicos pode ser útil para a tomada de decisões e para a gestão de bacias hidrográficas (ALVARENGA et al., 2016).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) voltados para o diagnóstico, gestão e análise ambiental em bacias hidrográficas, entre outras funções, são relevantes por permitirem uma análise integrada das diversas características ambientais de uma área. O uso



de geoprocessamento e imagens de sensoriamento remoto (SR) facilitam a integração e inter-relação de informações (ALVES et al., 2021). Uma das principais aplicações de imagens de SR é o levantamento de tipos de cobertura do solo (CARRANZA-GARCÍA et al., 2019).

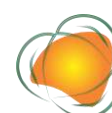
Plataformas poderosas de computação em nuvem são necessárias quando o objetivo é o mapeamento do uso e cobertura da terra em grande escala de dados SR de análise por um longo período. Nesse sentido, várias plataformas de processamento de big data, como Google Earth Engine (GEE) (AMANI et al., 2019). A esse respeito, (GORELICK et al., 2017; AMANI et al., 2020) ilustrou as vantagens e aplicações do GEE, incluindo o fato de que o número de publicações está aumentando significativamente (AMANI et al., 2020; KUMAR & MUTANGA, 2018; TAMIMINIA et al., 2020), GEE foi implementado em 70% dos países do mundo e ampla assuntos foram estudados (AMANI et al., 2020). Até agora, numerosos estudos utilizaram o GEE para classificação uso e cobertura da terra (MIRMAZLOUMI et al., 2022).

Portanto, com base no exposto, este estudo tem como objetivo realizar o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Taperoá (BHRT), cariri paraibano, para o ano de 2021, utilizando sensoriamento remoto em nuvem no Google Plataforma Earth Engine (GEE).

METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do Rio Taperoá situa-se em uma região que está entre as mais secas do Brasil, regionalmente conhecida como Cariri Paraibano. Encontra-se inseridos total ou parcialmente em 19 municípios (Figura 1), drena aproximadamente uma área de 5.667,49 km², nasce na Serra do Teixeira e desemboca no Rio Paraíba, no açude Boqueirão. O rio principal possui uma extensão de 158 km. Configura-se, em uma região semiárida, com chuvas distribuídas de forma irregular durante o ano (SANTOS et al., 2019).

A área da bacia apresenta relevo suave ondulado, e altitudes variando predominantemente entre 400 a 600 m. A drenagem voltada para o sudeste facilita a penetração uniforme das massas atlânticas propiciando um gradiente uniforme de temperatura e precipitação, à medida que ocorre a elevação do terreno (FRANCISCO et al., 2012). A bacia do rio Taperoá apresenta clima do tipo tropical semiárido (clima quente e seco – BSh), segundo a classificação climática de Köppen. Essa região se caracteriza por chuvas de verão, com temperaturas elevadas superiores a 27°C. A amplitude térmica da bacia varia de 3 a 5°C, e a umidade relativa do ar é de aproximadamente 78% (DANTAS et al., 2015).



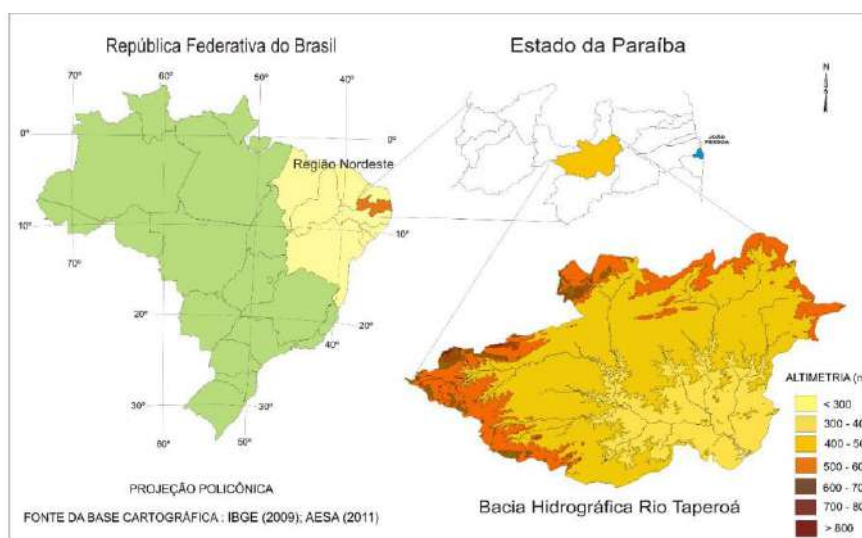


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2013).

Os solos representativos dos diferentes ambientes semiáridos se distinguem pela diversidade geológica e geomorfológica, ocorrendo com maior frequência, os Neossolos Litólicos Eutróficos, Luvisolo Crômico vértico, Planossolo Solódico e Neossolo Regolítico Eutrófico (FRANCISCO et al., 2013) (Figura 2).

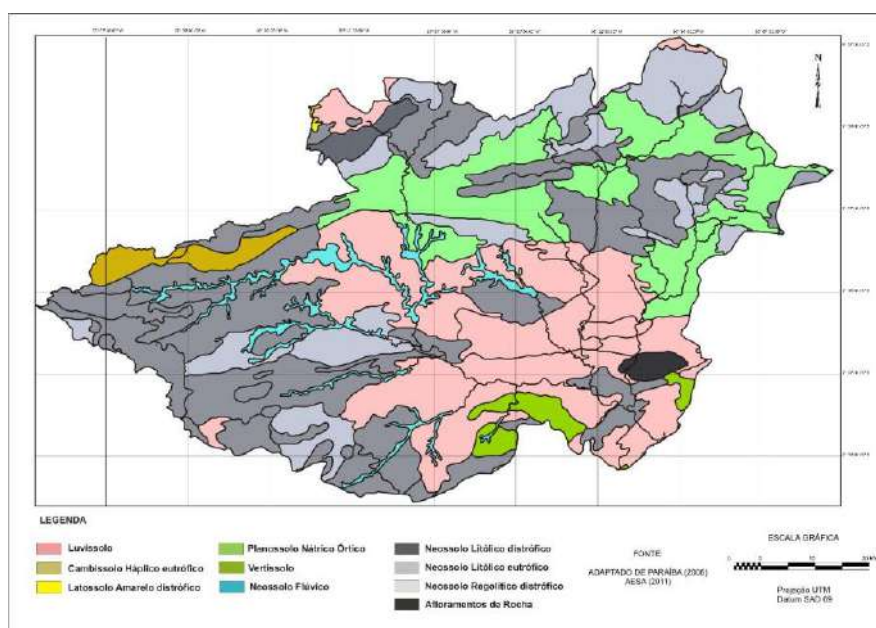


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo.

Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2013).

Para a classificação do uso e cobertura do solo foram utilizados dados do satélite Sentinel 2 do ano de 2021, composição RGB 4-3-2, resolução espacial de 10 metros,

disponíveis na base de dados do GEE. As imagens foram filtradas segundo a grade de articulação do projeto Sentinel, órbita específica para o projeto, e cobertura de nuvem menor que 1%. Para composição da imagem final foi aplicado um filtro de mediana no conjunto de imagens Sentinel, entre 01/01 a 31/12/2021, utilizando o comando “ee.ImageCollection().median()” resultando em uma imagem única e representativa do ano de 2021 da bacia hidrográfica do rio Taperoá.

As classes de uso e cobertura do solo foram definidas considerando o tipo de ocupação preponderante na BHRT, conforme indica Alencar (2008): vegetação densa (nativa), semidensa (silvicultura/pecuária), rala mais solo exposto (pecuária extensiva e/ou cultivos agrícolas), solo exposto e em relação aos corpos hídricos (água).

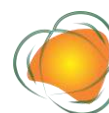
Para realizar a classificação supervisionada foram utilizados 4 algoritmos disponíveis no GEE: Random Forest (RF), Minimum Distance - Euclidean (MMD), Library for Support Vector Machines (LibSVM) e Naive Bayes (BAYES).

Na avaliação estatística da qualidade das classificações dos produtos obtidos, foi procedida pelo uso do Índice de Kappa, Acurácia Geral, Acurácia do Produtor e Acurácia do Usuário, obtidos por meio da Matriz Confusão, todos gerados pelo GEE.

53

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos observa-se um total de 1.083 pixels de amostras coletadas dispersas pela imagem de satélite. Em relação aos 5 grupos de demonstração/amostragem os pixels estão dispersos na classe densa em 303 pontos, semidensa em 217, rala mais solo exposto em 238, solo exposto em 215, e água em 110 (Figura 3).



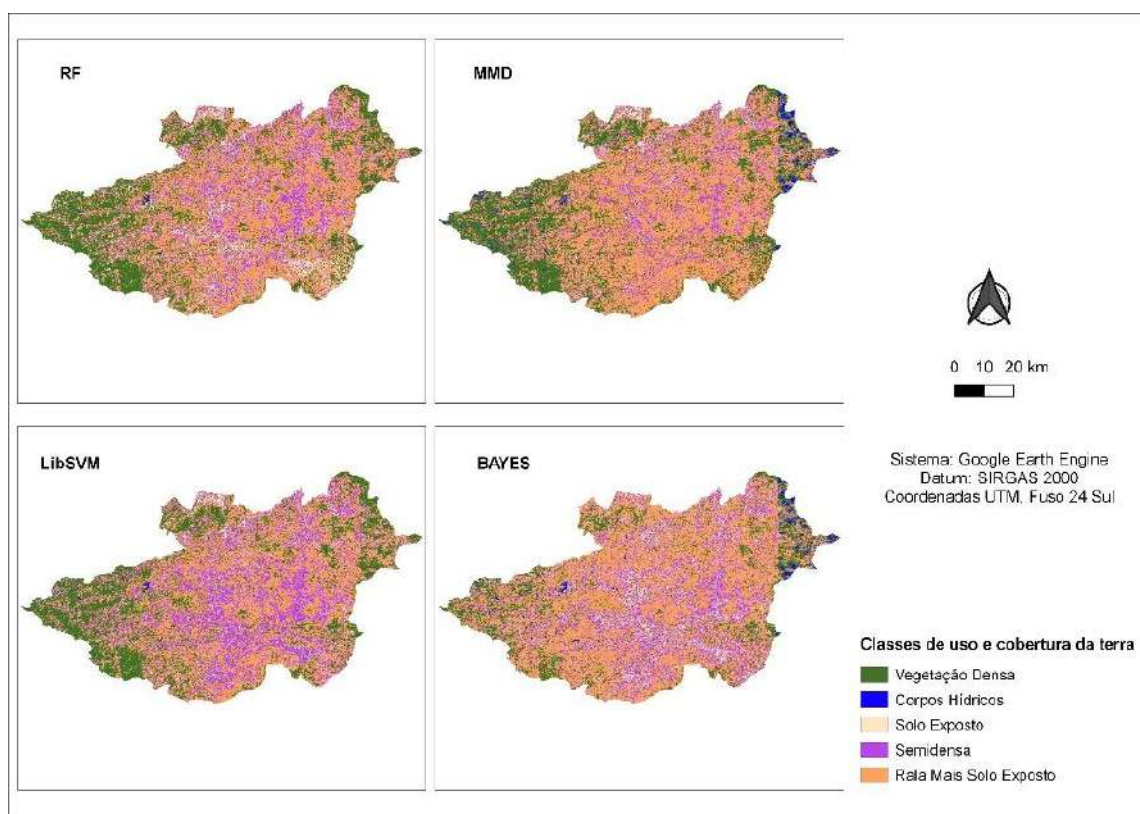


Figura 3. Uso e cobertura da terra referente aos classificadores.

Fonte: adaptado de Google Earth Engine (2021).

54

Observa-se que, apenas o classificador RF proporcionou os melhores resultados. Ou seja, uma menor confusão espectral no reconhecimento da cobertura do solo (Tabela 1). Esse resultado é validado por meio dos índices de avaliação de classificação Acurácia Geral e Índice Kappa calculados automaticamente pelo GEE para os quatro modos de classificação.

A melhor performance apresenta-se pelo classificador RF, com os valores de Acurácia Geral de 99,16% e Índice Kappa com 98,93%. Precisões de classificação de uso e cobertura da terra de pelo menos 85% são consideradas desejáveis em aplicações de sensoriamento remoto e gerenciamento de terras (GHEBREZGABHER et al., 2016; NYBERG et al., 2015).

Tabela 1. Dados e índices das imagens produto

Classificador/ Classe	RF		MMD		LibSVM		BAYES	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Vegetação Densa	152.228,07	26,86	161.329,72	28,47	147.501,69	26,03	111.699,40	19,71
Semidensa	273.427,68	48,24	308.359,17	54,41	254.198,66	44,85	317.100,59	55,95
Rala Mais Solo Exposto	95.837,53	16,91	71.788,43	12,67	130.462,58	23,02	86.544,27	15,27
Solo Exposto	43.635,04	7,70	16.429,40	2,90	26.810,27	4,73	44.588,10	7,87
Corpos Hídricos	1.620,68	0,29	8.842,28	1,56	7.775,80	1,37	6.816,64	1,20
Total	566.749,00	100,00	566.749,00	100,00	566.749,00	100,00	566.749,00	100,00
A.G (%)	*	99,16	*	69,71	*	87,07	*	60,29
I.K (%)	*	98,93	*	62,01	*	83,46	*	50,76

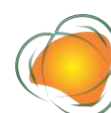
Com isso, Stehman e Foody (2019) relatam que, o limiar de 85% referente à avaliação das características de uso e cobertura do solo não tem status universal, apesar de às vezes seja usado como tal entre diversas pesquisas, a sua aplicação não tem que ser difundida, logo, os autores propuseram que o dimensionamento da precisão dos mapeamentos é um domínio complexo de medir e apresentar exatidão. Desta forma, a matriz de erro e as precisões do usuário, do produtor e acurácia geral precisam ser os elementos centrais da avaliação da precisão da classificação, como executado nesta pesquisa.

Resultados similares são expostos por Oliveira (2021), ao utilizar o algoritmo RF através do GEE, ao elaborar o mapeamento de uso e cobertura da terra no município de Luís Eduardo Magalhães-BA, utilizando imagens do satélite LANDSAT 8, onde obteve um Índice Kappa de 0,99. A autora ainda relata que, o classificador RF apresenta vantagens entre os modelos de classificação por ser rápido na fase de treinamento e minimiza o efeito de ajustamento do modelo apenas para os dados de treinamento, porém apresenta como desvantagens possíveis buracos nos dados, e também a necessidade de uma grande quantidade de dados para o seu treinamento. Ao mesmo tempo em que, uma grande quantidade de árvore de decisão possa aumentar a chance de obter um resultado mais preciso, pode tornar a execução do algoritmo mais lenta. Na Tabela 2 estão expostos os valores de Acurácia do Produtor (A.P) e Acurácia do Usuário (A.U) obtidos por este trabalho. Pelos resultados obtidos (Tabela 2), observa-se que o classificador RF se destaca, apresentando valores de Acurácia do Produtor e Usuário de 98,31-100% e 98,61-100%, respectivamente. Carvalho et al. (2021), ressaltam que isto representa que algoritmo de classificação indicou que realizou corretamente a associação dos pixels às amostras de treinamento em todas as classes, como também o usuário fez uma amostragem representativa para ambos os métodos.

55

Tabela 2. Acurácia do Produtor e Acurácia do Usuário

Classificador	RF		MMD		LibSVM		BAYES	
Classe Amostragem	(A.U)	(A.P)	(A.U)	(A.P)	(A.U)	(A.P)	(A.U)	(A.P)
	-----%							
Vegetação Densa	99,34	100,00	78,02	57,42	92,65	95,70	89,60	36,96
Corpos Hídricos	100,00	100,00	40,79	74,54	94,33	90,90	48,58	93,63
Solo Exposto	99,53	99,06	87,27	66,97	86,48	74,41	55,98	54,41
Semidensa	98,73	98,31	72,48	78,57	75,76	82,77	53,84	47,05
Rala Mais Solo Exposto	98,61	98,61	71,18	77,41	89,49	90,32	63,52	96,31



Silva (2019), executando o algoritmo RF no estudo sobre as mudanças de uso e cobertura da terra na região semiárida do nordeste do Brasil entre os anos 2000 a 2015, obteve os valores de Acurácia do Produtor de 82,36 a 99,86%, e Acurácia do Usuário entre 81,91 e 99,80%, valores estes referente à classe Água, o autor ainda ressalva que, as Acurácias para as demais coberturas da terra tiveram desempenhos satisfatórios, o que ratifica que o algoritmo RF é aplicável para classificação dos aspectos da paisagem em regiões semiáridas.

CONCLUSÕES

Entre os quatros classificadores aplicados nesta pesquisa, os resultados obtidos pelo algoritmo baseado em árvore de decisão RF, foi bastante satisfatório e produziu boa precisão, com Índice Kappa 98,93%, Acurácia Geral 99,16%, Acurácia do Produtor 98,61 - 100% e Acurácia do Usuário 98,31 - 100%, apresentando o melhor desempenho.

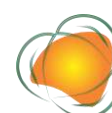
A plataforma do Google Earth Engine proporcionou um desempenho satisfatório no processamento computacional em larga escala, capaz de suportar diversas informações ambientais, como a prática de mapeamento de uso e cobertura da terra realizada neste estudo, propiciando o reconhecimento das alterações do uso e cobertura da terra.

AGRADECIMENTOS

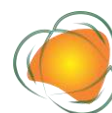
Ao CNPq pela concessão da bolsa ao autor.

REFERÊNCIAS

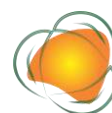
- ALVARENGA, L. A.; MELLO, C. R.; COLOMBO, A.; CUARTAS, L. A.; BOWLING, L. C. Assessment of land cover change on the hydrology of a Brazilian headwater watershed using the Distributed Hydrology-Soil-Vegetation Model. *Catena*, v.143, p.7-17, 2016.
- AMANI, M.; BRISCO, B.; AFSHAR, M.; MIRMAZLOUMI, S. M.; MAHDAVI, S.; MIRZADEH, S. M. J.; HUANG, W.; GRANGER, J. A generalized supervised classification scheme to produce provincial wetland inventory maps: An application of Google Earth Engine for big geo data processing. *Big Earth Data*, v.3, n.4, p.378-394, 2019.
- ALVES, W. S.; MARTINS, A. P.; PÔSSA, É. M.; MOURA, D. M. B.; MORAIS, W. A.; FERREIRA, R. S.; SANTOS, L. N. S. Geotechnologies applied in the analysis of land use and land cover (LULC) transition in a hydrographic basin in the Brazilian Cerrado. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v.22, p.100495, 2021.



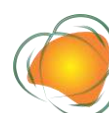
- AMANI, M.; GHORBANIAN, A.; AHMADI, S. A.; KAKOOEI, M.; MOGHIMI, A.; MIRMAZLOUMI, S. M.; MOGHADDAM, S. H. A.; MAHDAVI, S.; GHAHREMANLOO, M.; PARSIAN, S.; WU, Q.; BRISCO, B. Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, v.13, p.5326-5350, 2020.
- BRAZ, A. M.; BRAZ, A. M.; BONI, P. V.; GARCIA, P. H. M.; PINTO, A. L.; OLIVEIRA, I. Uso, cobertura e manejo da terra: contribuições teórico-metodológicas e subsídios à conservação ambiental na bacia hidrográfica do córrego Ribeirãozinho, Selvíria/MS. *Caminhos de Geografia*, v.18, n.64, p.310-327, 2017.
- CARVALHO, W. S.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; SANTOS, T. L. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. *Brazilian Journal of Development*, v.7, n.2, p.15280-15300, 2021.
- CARRANZA-GARCÍA, M.; GARCÍA-GUTIÉRREZ, J.; RIQUELME, J. C. A framework for evaluating land use and land cover classification using convolutional neural networks. *Remote Sensing*, v.11, n.3, p.274, 2019.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V. Mapeamento das terras para mecanização agrícola-Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, n.2, p.233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. D. B.; CHAVES, L. H. G.; BRANDÃO, Z. N.; LIMA, E. D.; SILVA, B. D. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do Rio Taperoá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.02, p.271-286, 2013.
- GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v.202, p.18-27, 2017.
- GHEBREZGABHER, M. G.; YANG, T.; YANG, X.; WANG, X.; KHAN, M. Extracting and analyzing forest and woodland cover change in Eritrea based on landsat data using supervised classification. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, v.19, n.1, p.37-47, 2016.
- GOOGLE EARTH ENGINE. A planetary-scale platform for Earth Science Data & Analysis. 2021. Disponível em: <<https://earthengine.google.com/>>. Acesso em: 25 de abril de 2023.
- KUMAR, L.; MUTANGA, O. Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. *Remote Sensing*, v.10, n.10, p.1509, 2018.



- LIU, X.; HE, J.; YAO, Y.; ZHANG, J.; LIANG, H.; WANG, H.; HONG, Y. Classifying urban land use by integrating remote sensing and social media data. *International Journal of Geographical Information Science*, v.31, n.8, p.1675-1696, 2017.
- MARTINS, A. P.; GALVANI, E. Relação entre uso e cobertura da terra e parâmetros biofísicos no Cerrado Brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia*, v.40, p.148-162, 2020.
- MIRMAZLOUMI, S. M.; KAKOOEI, M.; MOHSENI, F.; GHORBANIAN, A.; AMANI, M.; CROSETTO, M.; MONSERRAT, O. ELULC-10, a 10 m European land use and land cover map using sentinel and LANDSAT data in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, v.14, n.13, p.3041, 2022.
- NYBERG, G.; KNUTSSON, P.; OSTWALD, M.; ÖBORN, I.; WREDLE, E.; OTIENO, D. J.; MUREITHI, S.; MWANGI, P.; SAID, M. Y.; JIRSTRÖM, M.; GRÖNVALL, A.; WERNERSSON, J.; SVANLUND, S.; SAXER, L.; GEUTJES, L.; KARMEBÄCK, V.; WAIRORE, J. N.; WAMBUI, R.; LEEUW, J. D.; MALMER, A. Enclosures in West Pokot, Kenya: Transforming land, livestock and livelihoods in drylands. *Pastoralism*, v.5, n.1, p.1-12, 2015.
- OLIVEIRA, P. T. S.; LEITE, M. B.; MATTOS, T.; NEARING, M. A.; SCOTT, R. L.; XAVIER, R. O.; MATOS, D. M. S.; WENDLAND, E. Groundwater recharge decrease with increased vegetation density in the Brazilian cerrado. *Ecohydrology*, v.10, n.1, p. e1759, 2017.
- OLIVEIRA, E. C. Mapeamento de uso e cobertura da terra utilizando a plataforma Google Earth Engine. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2021.
- SILVA, J. P. F. Vulnerabilidade ambiental às mudanças de uso e cobertura da terra na região semiárida do nordeste do Brasil. 168f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2019.
- STEHMAN, S. V.; FOODY, G. M. Key issues in rigorous accuracy assessment of land cover products. *Remote Sensing of Environment*, v.231, e111199, 2019.
- SANTOS, C. J. D. S.; MONTEIRO, G. N.; CRUZ, K. K. S.; SOUZA, J. O. P. Caracterização das unidades de paisagens na bacia hidrográfica do rio Taperoá-PB. *Revista GeoUECE*, v.8, n.15, p.137-149, 2019.
- SHRESTHA, S.; BHATTA, B.; SHRESTHA, M.; SHRESTHA, P. K. Integrated assessment of the climate and landuse change impact on hydrology and water quality in the Songkhram River Basin, Thailand. *Science of the Total Environment*, v.643, p.1610-1622, 2018.
- TAMIMINIA, H.; SALEHI, B.; MAHDIANPARI, M.; QUACKENBUSH, L.; ADELI, S.; BRISCO, B. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v.164, p.152-170, 2020.



ZHANG, C.; SARGENT, I.; PAN, X.; LI, H.; GARDINER, A.; HARE, J.; ATKINSON, P. M. Joint Deep Learning for land cover and land use classification. Remote Sensing of Environment, v.221, p.173-187, 2019.



AVALIAÇÃO DO DIMETANOSSULFONATO DE ETANO (EDS) COMO POTENCIAL CONTAMINANTE E DESREGULADOR DA REPRODUÇÃO DE ZEBRAFISH

Anayra de Fátima Gonçalves Santiago¹
Talita Sarah Mazzoni²

¹Mestranda em Ciências (Fisiologia Geral) – Instituto de Biociências - Departamento de Fisiologia, Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Ciências (Fisiologia Geral). anayrasantiago@hotmail.com

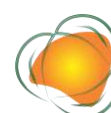
²Prof^ª. Dr^ª. Universidade Federal de Alfenas – Instituto de Ciências Biomédicas - Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Unifal-MG. talita.mazzoni@unifal-mg.edu.br

INTRODUÇÃO

O dimetanossulfonato de etano (EDS) é um agente alquilante (KLINEFELTER et al., 1990) que tem efeito citotóxico e desregulador endócrino em alguns animais, principalmente ratos (CHEN et al., 1996). A exposição ao EDS, por meio de uma injeção intraperitoneal, pode levar a uma diminuição significativa da concentração de andrógenos (KLINEFELTER et al., 1991) e à interrupção da produção de gametas, causando infertilidade temporária nestes animais (KIM; LUO & ZIRKIN, 2000; TARKA-LEEDS et al., 2003).

As informações quanto aos efeitos do EDS em outros vertebrados são escassas. Sua ação em peixes, por exemplo, não é clara, tendo sido reportado que no teleósteo marinho *Gobius paganellus* o resultado é contrário ao que foi encontrado nos outros vertebrados (MINUCCI et al., 1992). No entanto, a via de administração usada no teleósteo e na maior parte dos estudos, até o momento, é a injeção intraperitoneal, o que não representa o que ocorreria na natureza em caso de contaminação ambiental. Principalmente quando se tem em mente o uso desse composto para o controle populacional de roedores.

Haja visto que análises da urina de animais expostos ao EDS mostraram que uma parte do composto foi excretado inalterado após a exposição (EDWARDS et al., 1969), falta uma investigação mais profunda dos efeitos do EDS em outros vertebrados, principalmente em peixes. Com o EDS se tornando um potencial contaminante, consequentemente, há que se considerar a importância do monitoramento dos resíduos excretados pelos animais expostos



em seu habitat (excrementos, carcaças, etc.), que podem liberar essa substância no meio e vir a afetar os ambientes aquáticos, principalmente os de água doce. Sendo assim, os peixes são um excelente modelo experimental pois constituem indicadores ambientais de contaminação e dos potenciais efeitos do EDS para a vida aquática. Neste caso, estudos sobre a biologia reprodutiva, os níveis de hormônios esteroides e a morfofisiologia do epitélio germinativo de peixes frente à exposição ao EDS, são muito importantes, principalmente devido à plasticidade gonadal desses animais (NAGAHAMA, 1983). Além disso, é necessária uma outra abordagem de exposição, mais representativa por um viés ambiental.

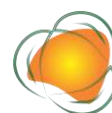
Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do EDS na biologia reprodutiva de machos de *Danio rerio* (zebrafish) através da análise de possíveis alterações nos níveis plasmáticos de hormônios esteroides sexuais e nos aspectos morfofisiológicos do epitélio germinativo da espécie.

METODOLOGIA

Machos adultos de *Danio rerio* (n=120) foram separados em dois grupos experimentais (n=20/cada), controle e tratado com 6mg/L de EDS, colocados em aquários de 10 litros e expostos por 21 dias. O grupo controle foi exposto ao DMSO dissolvido na água na mesma concentração utilizada para dissolver o EDS no grupo tratado. Já os 6mg/L de EDS foram previamente dissolvidos em DMSO/água (1:3) antes de ser colocado no aquário. As amostras foram coletadas periodicamente.

Para a coleta os peixes foram anestesiados por imersão em benzocaína dissolvida em álcool (1mg/L) e eutanasiados (n=5/grupo/coleta), de acordo com as normas da CEUA, no 4º, 7º, 14º e 21º dia pós-exposição (dpe). Os testículos dos animais foram dissecados e fixados. As amostras foram mantidas em álcool 70%. Posteriormente, as gônadas foram desidratadas em etanol, infiltradas e incluídas em historesina. Os cortes histológicos (3µm), obtidos em micrótomo equipado com navalhas de aço, foram corados com Azul de Toluidina – Bórax e Ácido Periódico de Schiff (PAS) + Hematoxilina + Metanil Yellow (QUINTERO-HUNTER et al., 1991) para análise em microscópio. O material foi fotografado com um sistema de fotodocumentação digital.

As amostras de sangue dos animais foram utilizadas para a dosagem dos esteroides plasmáticos. Para obtenção do plasma sanguíneo, os animais foram anestesiados e o sangue foi coletado por punção cardíaca. Os esteroides gonadais 11-cetotestosterona (11-KT),



testosterona (T) e 17 β -estradiol (E2) foram quantificados pela técnica imunoenzimática de ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay).

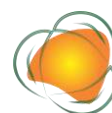
Os dados obtidos dos níveis plasmáticos foram apresentados na forma de “média + desvio padrão da média”, os quais foram submetidos à análise variância (one way ANOVA) e ao teste de Tukey (Statistica® 7.0), quando obtidos dados com diferença significativa (com nível de significância (p) < 0.05).

Após os experimentos, a água utilizada nos aquários foi acondicionada em galões apropriados e enviada para incineração (adaptado da Ficha Química do Metanossulfonato de Metila do NUBIO da FIOCRUZ e do Sumário de Compostos do Busulfan da NCBI - ver referências).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 a 4, pode-se observar os cortes histológicos dos testículos do grupo controle, nos quais todos apresentam características histológicas normais de animais aptos à reprodução em comparação com um dano progressivo no epitélio dos animais expostos ao EDS. A Figura 1 apresenta os animais expostos por 4 dias, mostrando um início de desorganização do epitélio e uma diminuição da quantidade de espermatozoides. Quanto à Figura 2, é possível observar os testículos dos animais no 7º dpe, nos quais os cortes histológicos apresentam grandes alterações no tecido gonadal. Já para a Figura 3, nos animais expostos por 14 dias, algumas áreas do epitélio se encontram desorganizadas, no entanto, é possível observar um início da reorganização do tecido, juntamente com a presença de alguns oócitos.

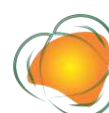
Para a Figura 4, representando o 21º dpe, os animais expostos ao EDS passaram a apresentar porções maiores de reorganização do epitélio, porém, algumas áreas apresentaram características de remodelação gonadal e oócitos ainda podem ser encontrados. Quanto aos níveis plasmáticos de hormônios esteroides sexuais, a 11-cetotestosterona (11-KT) dos machos analisados não mostraram diferença significativa dentre as médias dos indivíduos do grupo controle (Fig. 5A). Entretanto, no grupo tratado com 6mg/L de EDS, as alterações nas concentrações de 11-KT foram bastante significativas (Figura 5A) em todos os dias analisados, especialmente no 7ºdpe. Em relação aos níveis plasmáticos de testosterona (T), o padrão encontrado nos grupos experimentais foi bastante semelhante aos níveis de 11-KT. Enquanto os níveis plasmáticos de T se mantinham dentro da faixa normal no grupo controle (Figura 5B), os animais expostos ao EDS apresentam significativa variação na



concentração, especialmente no 7ºdpe (Figura 5B). Os níveis plasmáticos de 17β-estradiol (E2) também não mostraram diferença significativa dentro dos indivíduos do controle, tampouco entre estes indivíduos e os indivíduos do grupo tratado analisados no 4º e 21º (Figura 5C). Entretanto, nos indivíduos expostos ao EDS analisados no 7ºdpe, a média da concentração de E2 foi significativamente menor que o grupo controle, enquanto que no 14ºdpe, a média foi mais alta do que em qualquer dia analisado no grupo controle (Figura 5C).

Em nosso estudo, foram observadas, nos testículos de *D. rerio*, alterações bastante semelhantes às observadas nos testículos de ratos, embora a via de exposição ao EDS tenha sido diferente. A despeito dos resultados encontrados em *D. rerio* apresentarem aspectos similares aos de roedores, é possível que entre as diferentes ordens de peixes as respostas ao EDS sejam distintas, visto o que foi encontrado para *Gobius paganellus*. Assim, é preciso cautela ao extrapolar os dados para outras espécies, principalmente quando se considera a plasticidade gonadal dos peixes (NAGAHAMA, 1983).

Os resultados obtidos revelaram que as alterações na morfologia dos testículos dos animais expostos ao EDS estão em concordância com a diminuição significativa dos níveis plasmáticos de T e 11-KT. E embora as alterações morfológicas observadas nos cortes histológicos de testículos de *D. rerio* tenham sido diferentes das observadas em *G. paganellus*, os resultados observados em *D. rerio* foram consistentes com aqueles encontrados em outros animais (MOLENAAR et al., 1985; MINUCCI et al., 1990; MINUCCI et al., 1995).



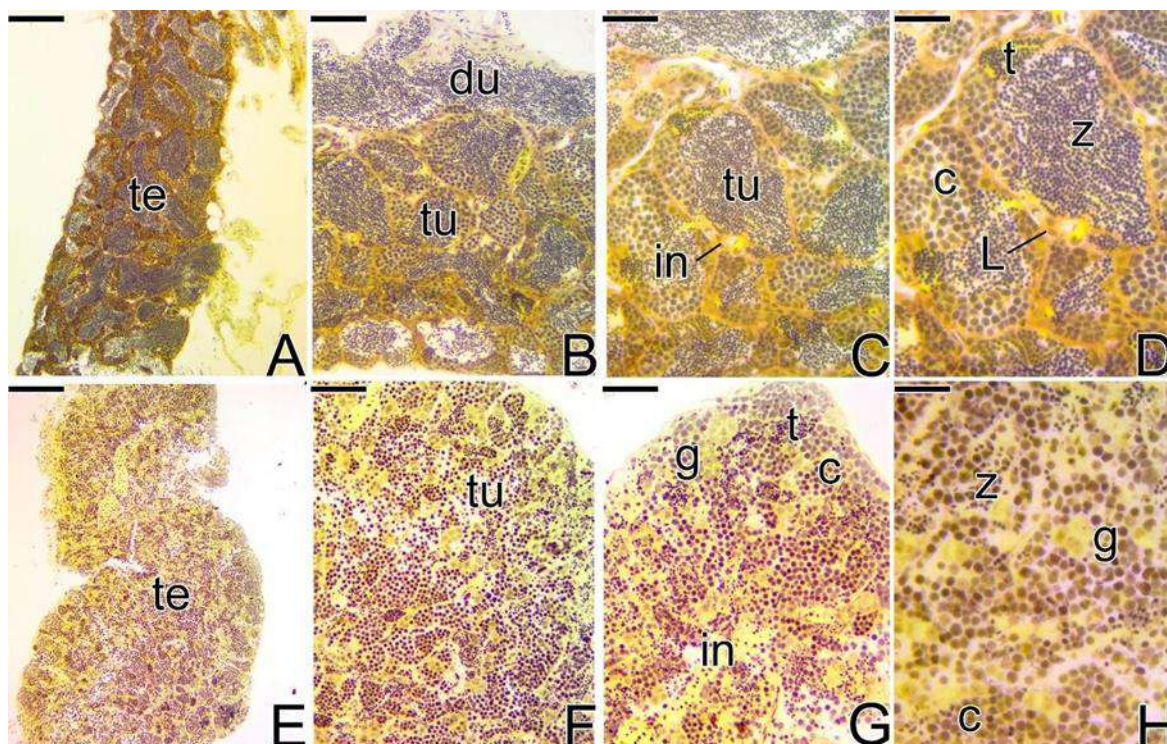


Figura 1. Cortes histológicos dos testículos de zebrafish comparando o Grupo Controle (A-D) e o Grupo Experimental 6mg/L (E-H) no 4ºdpe. A) Visão geral do testículo. B) Presença de espermatozoides no ducto espermático e nos túbulos testiculares. C-D) Túbulo testicular com lúmen preenchido por espermatozoides. Notar o epitélio germinativo definido, com espermatocistos, e compartimento intersticial delimitado, com presença de células de Leydig. E) Visão geral do testículo tratado. F-G) Túbulos testiculares pouco organizados. H) Túbulos testiculares desorganizados, com lúmen não definido. Espermatozoides escassos e interstício mal definido. Testículo (te), túbulos testiculares (tu), ducto espermático (du), interstício (in), espermatozoides (z), espermatócitos (c), espermátides (t), células de Leydig (L), espermatogônia (g). Coloração: Metanil Yellow. Barra: 100µm (A,E), 50µm (B,F), 30µm (C,G), 20µm (D,H).

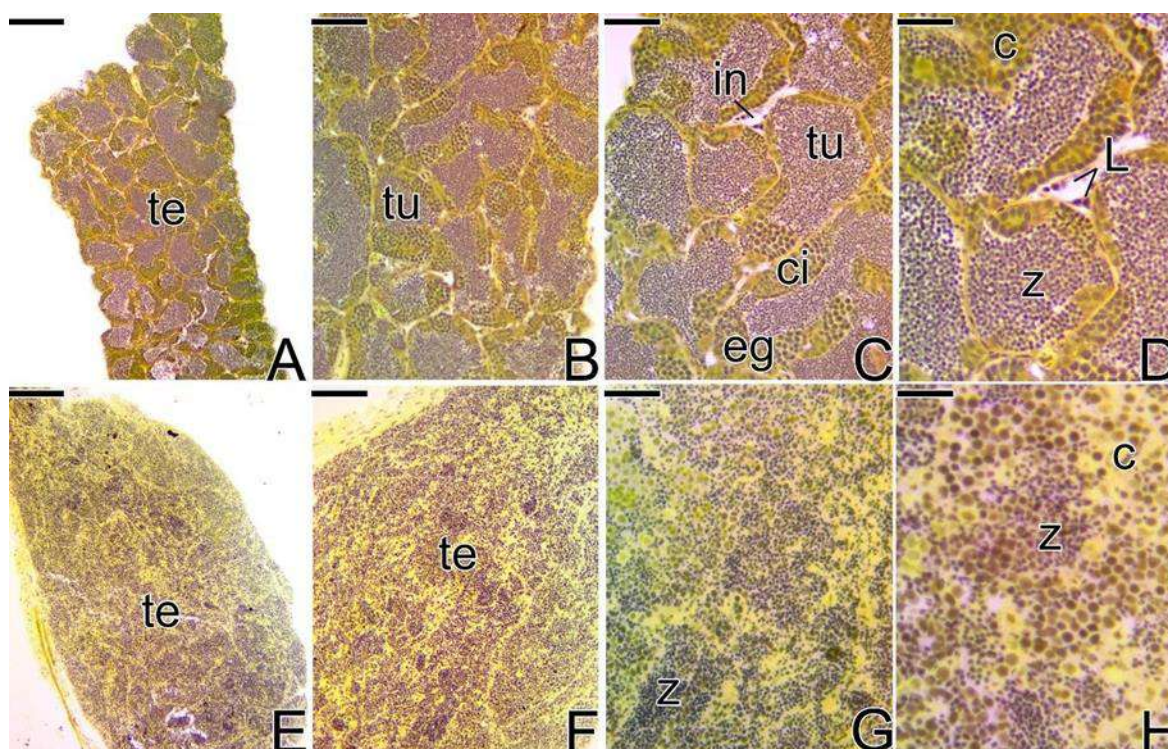


Figura 2. Cortes histológicos dos testículos de zebrafish comparando o Grupo Controle (A-D) e o Grupo Experimental 6mg/L (E-H) no 7ºdpe. A) Visão geral do testículo. B) Presença de espermatozoides nos túbulos testiculares. C-D) Túbulo testicular com lúmen preenchido por espermatozoides. Notar o epitélio germinativo definido, com espermatocistos, e compartimento intersticial delimitado, com presença de células de Leydig. E) Visão geral do testículo tratado. F-G) Ausência de túbulos testiculares, que se mostram totalmente desorganizados. H) Túbulos testiculares desorganizados. Espermatozoides escassos e interstício não identificado. Testículo (te), túbulos testiculares (tu), interstício (in), cisto germinativo (ci), epitélio germinativo (eg), espermatozoides (z), espermatócitos (c), células de Leydig (L). Coloração: Metanil Yellow. Barra: 100µm (A,E), 50µm (B,F), 30µm (C,G), 20µm (D,H).

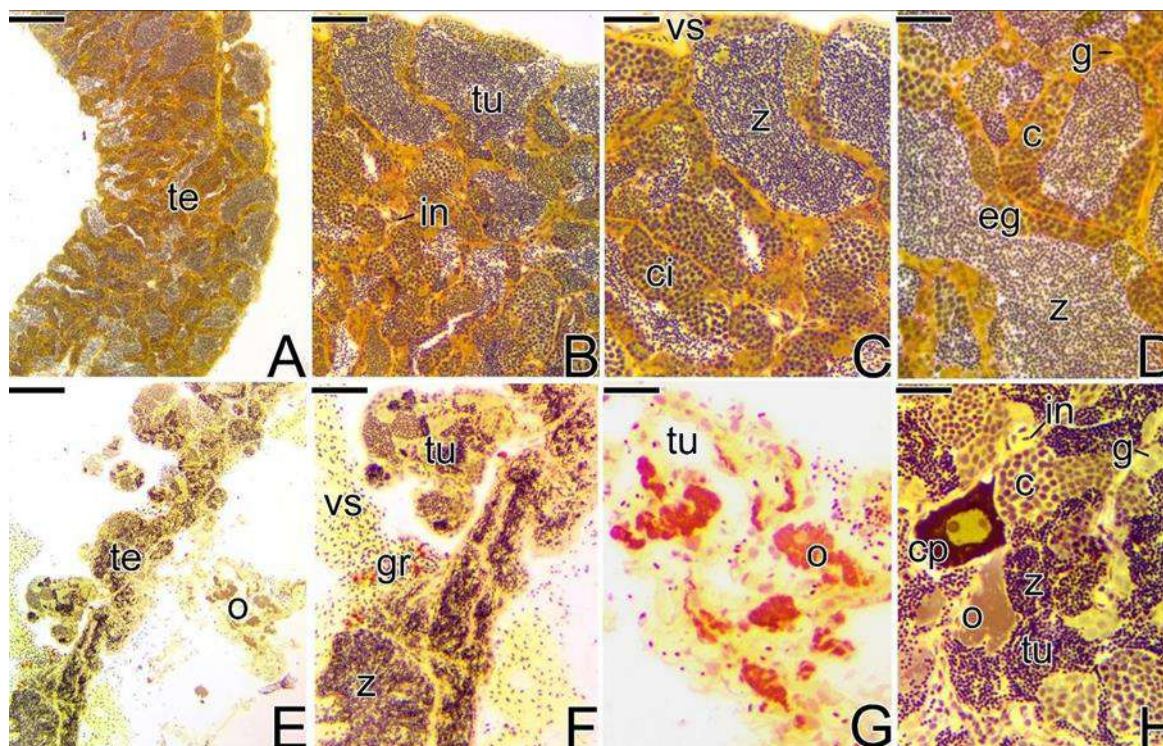


Figura 3. Cortes histológicos dos testículos de zebrafish comparando o Grupo Controle (A-D) e o Grupo Experimental 6mg/L (E-H) no 14ºdpe. A) Visão geral do testículo. B) Presença de espermatozoides nos túbulos testiculares. C-D) Túbulo testicular com lúmen preenchido por espermatozoides. Notar o epitélio germinativo definido, com espermatocistos, e compartimento intersticial delimitado. E) Visão geral do testículo tratado. F) Túbulos testiculares pouco desenvolvidos. G) Túbulos testiculares depletados. Notar ausência do epitélio germinativo e presença de oócitos em degeneração. Interstício não identificado. H) Porção gonadal com epitélio germinativo e interstício parcialmente organizados. Notar a presença de oócitos em crescimento primário e em estágio de degeneração. Testículo (te), túbulos testiculares (tu), interstício (in), cisto germinativo (ci), vaso sanguíneo (vs), epitélio germinativo (eg), espermatozoides (z), espermatócitos (c), espermatogônia (g), oócitos em degeneração (o), oócito em crescimento primário (cp), granulócitos (gr). Coloração: Metanil Yellow. Barra: 100µm (A,E), 50µm (B,F), 30µm (C,G), 20µm (D,H).

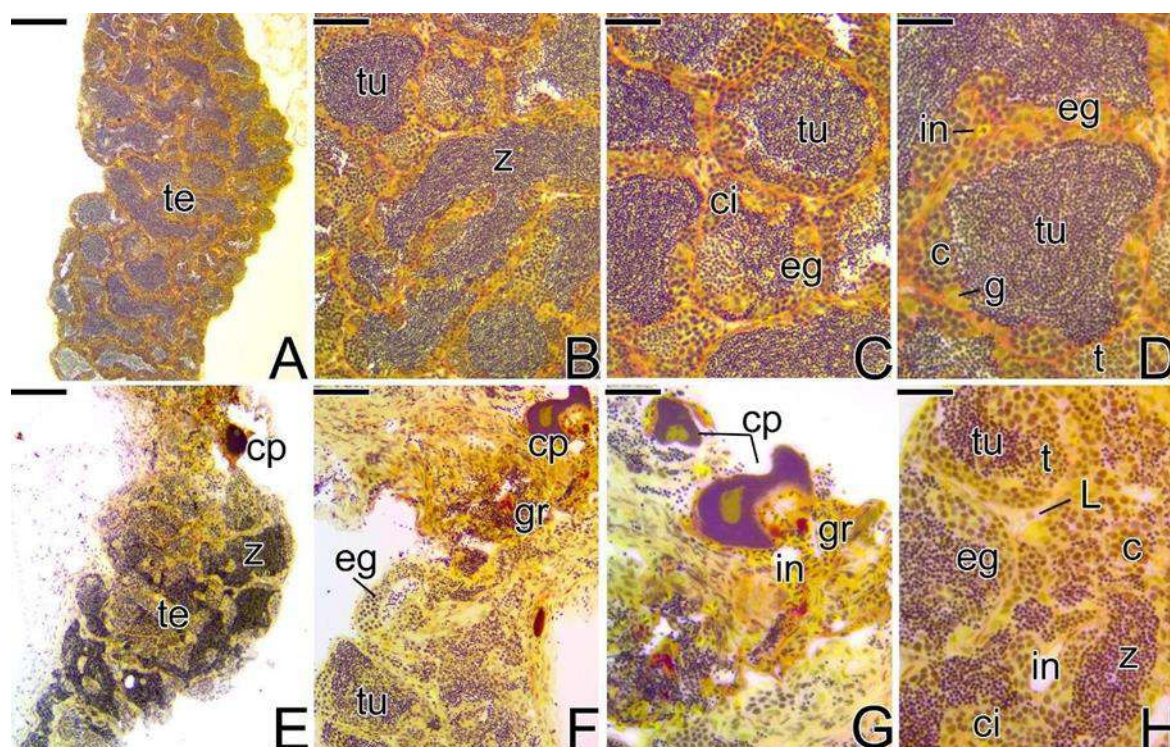


Figura 4. Cortes histológicos dos testículos de zebrafish comparando o Grupo Controle (A-D) e o Grupo Experimental 6mg/L (E-H) no 21ºdpe. A) Visão geral do testículo. B) Presença de espermatozoides nos túbulos testiculares. C-D) Túbulo testicular com lúmen preenchido por espermatozoides. Notar o epitélio germinativo definido, com espermatocistos, e compartimento intersticial delimitado. E) Visão geral do testículo tratado. F) Túbulos testiculares pouco desenvolvidos e região de remodelação do tecido gonadal. G) Região de remodelação do tecido gonadal. Notar a presença de oócitos em crescimento primário e a presença de grande quantidade de granulócitos. H) Porção gonadal com epitélio germinativo e interstício reorganizados. Notar a organização dos cistos e a presença de células de Leydig. Testículo (te), túbulos testiculares (tu), interstício (in), cisto germinativo (ci), vaso sanguíneo (vs), epitélio germinativo (eg), espermatozoides (z), espermatócitos (c), espermatogônia (g), oócito em crescimento primário (cp), granulócitos (gr). Coloração: Metanil Yellow. Barra: 100µm (A,E), 50µm (B,F), 30µm (C,G), 20µm (D,H).

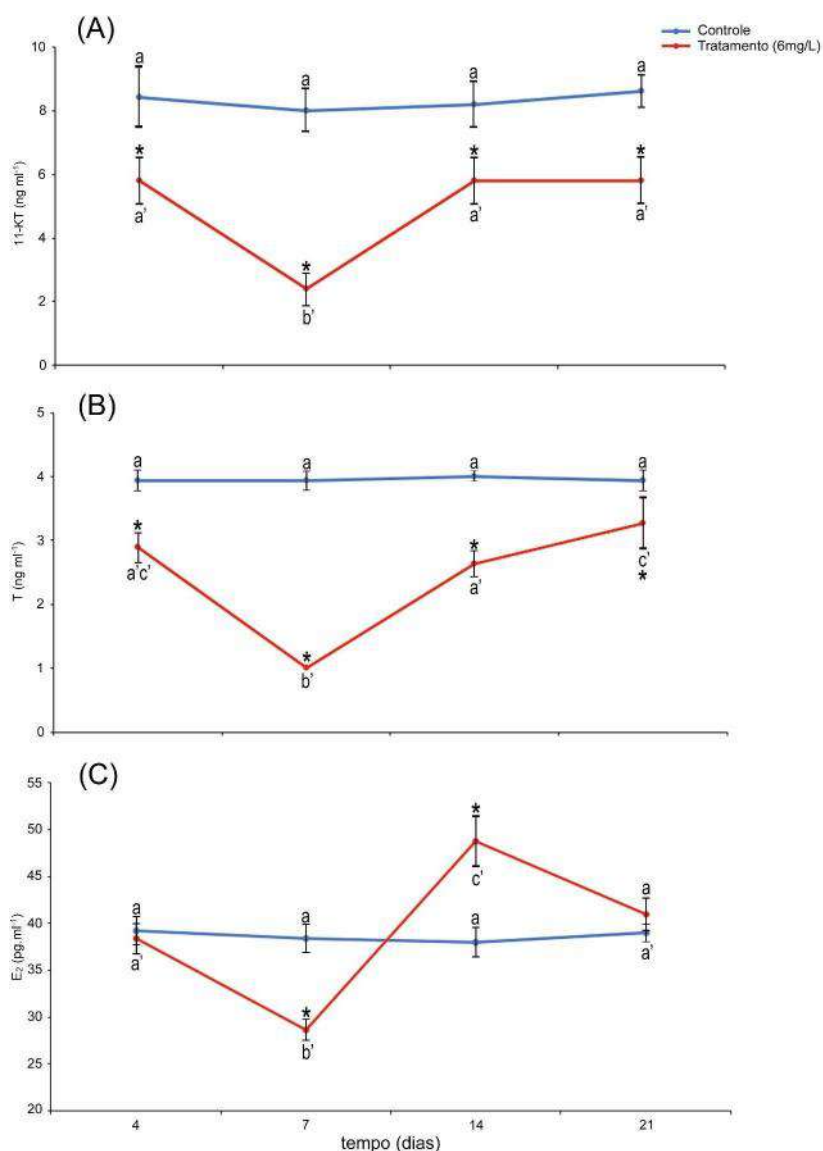


Figura 5. Níveis plasmáticos de: A) 11-Cetotestosterona (110KT); B) Testosterona (T); e C) 17β-Estradiol (E₂) (média + desvio padrão) em machos em ambos os grupos experimentais: controle (n=20/grupo), tratado 6mg/L (n=20/grupo) durante os 21 dias de exposição ao EDS. Grupos marcados com asterisco (*) denotam diferenças significativas ($p < 0.05$) em relação ao grupo controle. Letras diferentes denotam diferenças significativas ($p < 0.05$) dentro do mesmo grupo experimental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo, permitiram avanços na compreensão dos impactos do EDS na reprodução de peixes, fornecendo evidências da sensibilidade desses animais aos efeitos citotóxicos específicos desse composto. Nossos resultados destacam a importância de avaliar a contaminação ambiental por EDS e de adotar medidas de proteção para garantir a preservação das espécies aquáticas. Esses avanços científicos serão de grande valor para a

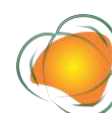
ecotoxicologia, fornecendo informações essenciais para o manejo adequado desse composto e para a implementação de estratégias de conservação das espécies aquáticas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq pela bolsa concedida (processo 161599/2022-2).

REFERÊNCIAS

- CHEN, H; HUHTANIEMI, I; ZIRKIN, B; R. Depletion and repopulation of Leydig cells in the testes of aging brown Norway rats. *Endocrinology*, v.137, n.8, p.3447-3452, 1996.
- EDWARDS, K. et al. Studies with alkylating esters—I: The fate of ethylene dimethanesulphonate. *Biochemical Pharmacology*, v.18, n.7, p.1693-1700, 1969.
- FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. Ficha Química de Metanossulfonato de Metila - $C_2H_6O_3S$. Núcleo de Biossegurança. Disponível em: https://biosseguranca.ensp.fiocruz.br/documentos_fichaquimica/Metanossulfonato_de_Metila.pdf. Acesso em: 20 de julho 2023.
- KIM, J.; LUO, L.; ZIRKIN, B. R. Caspase-3 activation is required for Leydig cell apoptosis induced by ethane dimethanesulfonate. *Endocrinology*, v.141, n.5, p.1846-1853, 2000.
- KLINEFELTER, G. R. et al. Multiple effects of ethane dimethanesulfonate on the epididymis of adult rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, v.105, n.2, p.271-287, 1990.
- KLINEFELTER, G. R.; LASKEY, J. W.; ROBERTS, N. L. In vitro/in vivo effects of ethane dimethanesulfonate on Leydig cells of adult rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, v.107, n.3, p.460-471, 1991.
- MINUCCI, S. et al. Morphological and hormonal changes in the frog, *Rana esculenta*, testis after administration of ethane dimethane sulfonate. *General and Comparative Endocrinology*, v.79, n.3, p.335-345, 1990.
- MINUCCI, S. et al. Resumption of testicular activity in *Gobius paganellus* after administration of ethane 1, 2-dimethane sulfonate (EDS). *Comparative Biochemistry and physiology. C, Comparative Pharmacology and Toxicology*, v.102, n.2, p.319-323, 1992.
- MINUCCI, S. et al. Ethane 1, 2-dimethane sulfonate effects on the testis of the lizard, *Podarcis s. sicula* Raf: morphological and hormonal changes. *General and Comparative Endocrinology*, v.97, n.3, p.273-282, 1995.



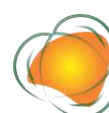
MOLENAAR, R. et al. Specific destruction of Leydig cells in mature rats after in vivo administration of ethane dimethyl sulfonate. *Biology of Reproduction*, v.33, n.5, p.1213-1222, 1985.

NAGAHAMA, Y. The functional morphology of teleost gonads. *Fish physiology*. Academic Press, 1983. p.223-275.

NCBI. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 2478, Busulfan. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2478>. Acesso em: 20 de julho 2023.

QUINTERO-HUNTER, I.; GRIER, H.; MUSCATO, M. Enhancement of histological detail using metanil yellow as counterstain in periodic acid Schiff's hematoxylin staining of glycol methacrylate tissue sections. *Biotechnic & Histochemistry*, v.66, n.4, p.169-172, 1991.

TARKA-LEEDS, D. K. et al. Effects of gestational exposure to ethane dimethanesulfonate in CD-1 mice: Microtia and preliminary hearing tests. *Birth Defects Research Part B: Developmental and Reproductive Toxicology*, v.68, n.4, p.383-390, 2003.



APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE POÇOS DE ÁGUA EM ÁREAS CONTAMINADAS

Bruno Pereira Toniolo¹

Renan Angrizani de Oliveira²

Vanessa Cezar Simonetti³

Gabriela Gomes⁴

Arthur Pereira dos Santos⁵

Darllan Collins da Cunha e Silva⁶

¹Doutorando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus Sorocaba - SP, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPCA, bruno.toniolo@unesp.br

²Prof^o. Dr^o. Universidade de Sorocaba - UNISO, Docente e coordenador do Curso de Engenharia Ambiental - UNISO, renan_angrizani@hotmail.com

³Prof^a. Dr^a Universidade de Sorocaba – UNISO, professora adjunta, va_simonetti@hotmail.com

⁴Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus Sorocaba - SP, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – PPCA, gabriela.gomes98@unesp.br

⁵Doutorando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus Sorocaba - SP, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPCA, arthur.p.santos@unesp.br

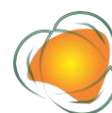
⁶Prof^o. Dr^o. Universidade Estadual Paulista – UNESP/ Campus Sorocaba - SP, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – PPCA, darllan.collins@unesp.br

71

INTRODUÇÃO

No Brasil, devido ao modelo de industrialização adotado pelo país e pela expansão urbana desordenada, atrelados a cultura de que o solo é um local seguro para a disposição de rejeitos, o aumento das áreas contaminadas ocorre, principalmente, nos centros urbanos industrializados (FRANCISCO et al., 2018; ANTUNES et al., 2019), com destaque para áreas próximas aos postos de combustíveis.

Facco et al. (2017) destaca que essas áreas representam a maior parte das áreas contaminadas cadastradas pelas agências de monitoramento e ocorrem devido ao vazamento nos tanques de combustíveis ou de transporte. Os autores ressaltam ainda que os combustíveis derivados de petróleo apresentam alta toxicidade e mobilidade no ambiente, devido às características dos compostos hidrocarbonetos aromáticos do grupo BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno Totais) presentes nos combustíveis.



Ainda segundo os autores, o número de áreas cadastradas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) relacionadas às atividades de postos de combustíveis é correlata a Resolução CONAMA nº 273 de 2000, que estabelece a obrigatoriedade do licenciamento ambiental nesses locais, bem como as medidas de controle e prevenção da poluição. No entanto, também são apresentadas pelo órgão, em menor quantidade, áreas contaminadas advindas de atividades industriais, comerciais, resíduos e outras fontes (BRASIL, 2000).

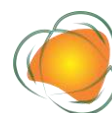
Nesse sentido, é válido destacar que é crescente a preocupação com a poluição das águas subterrâneas devido à, dentre outros fatores, poluição nos solos, uma vez que grande parte dos municípios possuem, ainda, captação de águas subterrâneas para abastecimento público (FRANCISCO et al., 2018).

Dentro desse contexto, a utilização da lógica fuzzy vem sendo amplamente utilizada em estudos ambientais, visto que, diferentemente da lógica tradicional, consegue associar os dados numéricos representados por qualquer número real a variáveis linguísticas não quantificáveis (GANEM et al., 2020).

Estudos correlatos, como Ganem et al. (2020), utilizaram lógica fuzzy para analisar o risco ao meio ambiente e à saúde relacionados aos efluentes sanitários em embarcações fluviais de passageiros no Pará. Fernandes et al. (2015) apresentaram um modelo para determinar o risco de contaminação de águas subterrâneas por BTEX em Alagoas. Silva et al. (2021) utilizaram a lógica fuzzy para subsidiar o desenvolvimento de um índice de sustentabilidade socioambiental aplicado a bacias hidrográficas.

Também há de se destacar o estudo de Lourenço et al. (2015), que elaboraram um indicador de pressão antrópica para avaliar os fragmentos florestais remanescentes por meio do sistema fuzzy e Silva et al. (2022), que criaram, por meio desse sistema, um índice de sustentabilidade ambiental para recursos hídricos aplicados a bacias hidrográficas.

Diante do exposto, e perante a importância dos estudos que envolvem o sistema fuzzy, o presente trabalho propõe um modelo capaz de identificar o grau de risco de contaminação dos poços de água nas proximidades das áreas cadastradas como contaminadas pela CETESB, de forma a oferecer aos agentes fiscalizadores uma ferramenta que consiga identificar as áreas mais críticas para se realizar o monitoramento ambiental adequado.



METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo (Figura 1) encontra-se situada no município de Sorocaba, São Paulo (SP), que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma população estimada em 720 mil habitantes, distribuídos em uma área territorial de, aproximadamente, 450 km². Além disso, apresenta o 7º maior PIB do país em se tratando de cidades interioranas (IBGE, 2023).

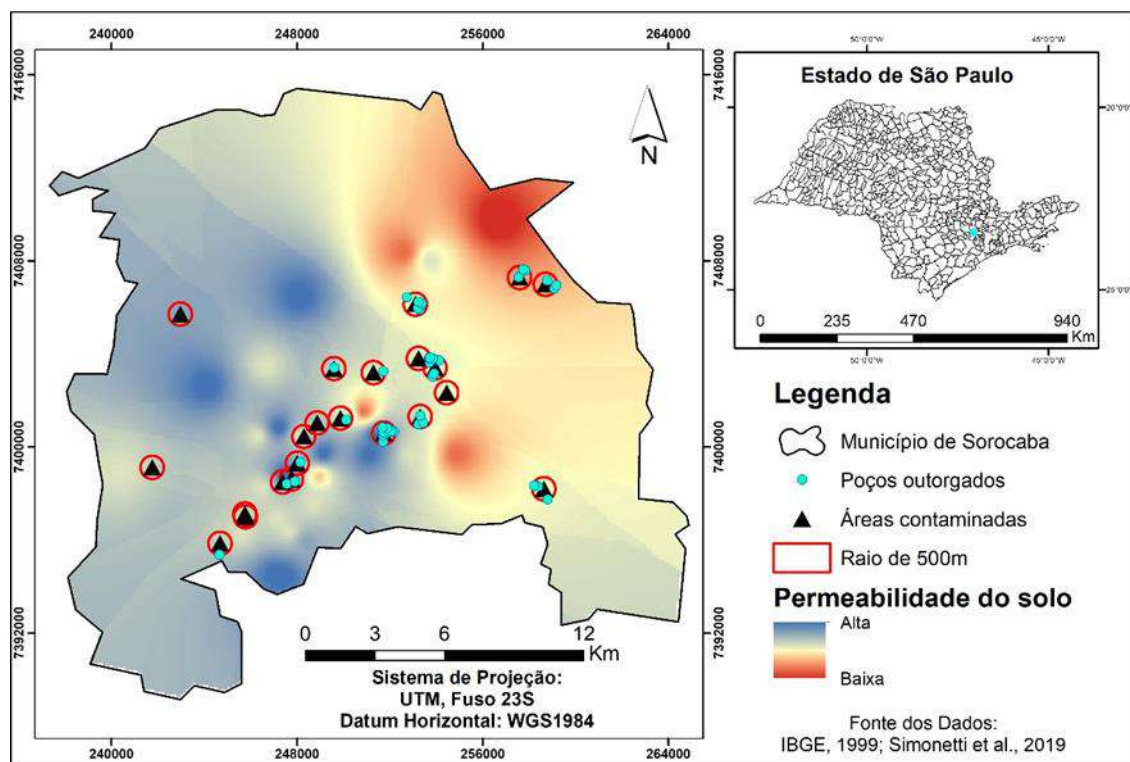


Figura 1. Área de estudo. Fonte: Elaboração própria (2023).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima do município é subtropical tipo “Cfa” com faixas ao norte do município com características de clima “Cwa”, tendo temperaturas mínimas de 12,2°C no inverno e máxima de 30,1 °C no verão, com precipitação média anual de 1.400 mm (SIMONETTI et al., 2019).

Elaboração dos planos de informação

Utilizou-se ferramentas de geoprocessamento e o software ArcGis 10.5 para elaborar os planos de informações referentes a: a) áreas contaminadas; b) poços outorgados pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE); c) permeabilidade do solo; e d) profundidade do lençol freático do município de Sorocaba (SIMONETTI et al., 2019).

Convém destacar que foram selecionadas como objeto de estudo apenas as áreas contaminadas sob investigação e as áreas contaminadas com risco confirmado e cadastradas pela CETESB para o município de Sorocaba no ano 2018, sendo encontradas 22 áreas contaminadas, das quais 15 possuem poços de captação de água presentes em um raio de 500 metros (CETESB, 2018).

O raio de abrangência do estudo foi selecionado de acordo com a Decisão de Diretoria nº 38 de 2017 da CETESB, que dispõe sobre os procedimentos para a proteção da qualidade do solo e das águas subterrâneas, no qual devem ser realizados os levantamentos do uso de água subterrânea dentro de um raio de 500 metros a partir dos limites da área contaminada em avaliação.

De acordo com o levantamento dos poços de captação de água outorgados no município, foram encontrados 433 cadastrados, sendo que 50 deles estavam localizados dentro do raio analisado por este estudo. No entanto, para as áreas contaminadas que possuem mais de um poço presente, estabeleceu-se como critério apenas o mais próximo da área contaminada, por possuir o maior risco associado.

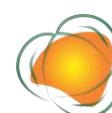
Para a obtenção das variáveis de permeabilidade do solo e do nível do lençol freático, utilizou-se os valores obtidos no estudo de Simonetti et al. (2019), que investigaram a distribuição espacial de características geotécnicas do município de Sorocaba por meio dos ensaios de Penetração (Standard Penetration Test – SPT).

Elaboração de modelo para análise de risco de contaminação de poços água utilizando lógica Fuzzy

O conjunto fuzzy é uma generalização do ordinário, definido a partir de um domínio contínuo, com graus de pertinência de conjuntos variando de 0 a 1, auxiliando na obtenção de uma estrutura conceitual para a tomada de decisão, uma vez que reduz a subjetividade inerente a escolha e aumenta o raciocínio no processo de decisão (ROSA et al., 2019).

Por englobar diferentes variáveis e atribuir a cada uma um grau de pertinência em relação ao estudo, esse método vem sendo amplamente utilizado como ferramenta na resolução de problemas ambientais complexos. Sendo assim, a lógica fuzzy representa uma aproximação necessária entre a precisão da matemática e a imprecisão do mundo real (ROSA et al., 2019).

Para elaboração do modelo, utilizou-se o software Matlab R2019b com o método de inferência de Mamdani, funções de pertinência triangulares e trapezoidais (Tabela 1), e o



método de centroide para a defuzzificação. O sistema construído é composto por três variáveis de entrada: a) áreas contaminadas e distância dos poços de água; b) permeabilidade do solo; c) profundidade do lençol freático; e uma única variável de saída, sendo-a para as classes de risco.

Tabela 1. Pontuação das funções de pertinência das variáveis de entrada conforme os valores qualitativos

Variáveis	Classificação	Pontuação
Áreas contaminadas e a distância dos poços de água	Extremamente próximo	[0, 0, 50, 250]
	Muito próximo	[50, 250, 450]
	Próximo	[250, 450, 500, 500]
Permeabilidade do solo	Alta permeabilidade	[0, 0, 5]
	Média Permeabilidade	[0, 5, 10]
	Baixa permeabilidade	[5, 10, 10]
Profundidade do lençol freático	Extrema	[0, 0, 5, 10]
	Alta	[5, 10, 15, 20]
	Moderada	[15, 20, 40, 50]
	Baixa	[40, 50, 100, 100]

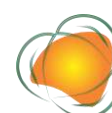
No geral, as pontuações das funções de pertinência apresentadas na Tabela 1, devido ao grau de incerteza presente em variáveis ambientais, foram atribuídas de acordo com as médias dos valores.

Em relação a variável de entrada de profundidade do lençol freático, realizou-se a adaptação do índice de vulnerabilidade G.O.D apresentado por Rosa et al. (2019). As funções de pertinência triangulares e trapezoidais da variável de saída classes de risco foram definidas conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Pontuação das funções de pertinência da variável de saída conforme os valores qualitativos

Variável	Classificação	Pontuação
Risco de contaminação	Moderado	[0, 0, 1, 3]
	Razoavelmente Alto	[1, 3, 5]
	Alto	[3, 5, 7]
	Muito Alto	[5, 7, 9]
	Extremo	[7, 9, 10, 10]

As pontuações das funções de pertinência apresentadas na Tabela 2 foram atribuídas de acordo com as médias dos valores, também diante do alto grau de incertezas proeminentes



em parâmetros ambientais, e não foram considerados os riscos de contaminação baixos devido a elevada proximidade das áreas contaminadas dentro do raio de 500 metros estabelecido pela Decisão de Diretoria nº 38 de 2017 da CETESB (CETESB, 2017).

Foram construídos 36 padrões para a base de regras do conjunto, com base no conhecimento especializado, para determinar qual variável linguística de saída fosse acionada quando uma ou mais variáveis de entrada fossem consideradas. Segundo Ganem et al. (2020), esse aspecto da lógica nebulosa auxilia na tomada de decisão que envolve incertezas, subjetividades e imprecisões.

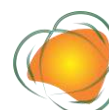
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises dos pontos de contaminação do solo dentro dos limites do município de Sorocaba, aplicados no modelo baseado em lógica fuzzy, apresentam como resultado os riscos de contaminação normalizados em valores numéricos de 1 a 10 a seguir (Tabela 3).

Tabela 3. Avaliação do risco de contaminação por meio de lógica fuzzy

Ponto de contaminação	Resultado Fuzzy	Diagnóstico de risco
1	7,65	Muito alto
2	NT*	NT*
3	NT*	NT*
4	3,73	Razoavelmente alto
5	NT*	NT*
6	8,10	Extremo
7	7,78	Muito alto
8	7,05	Muito alto
9	8,46	Extremo
10	5,08	Alto
11	9,93	Extremo
12	8,46	Extremo
13	5,17	Alto
14	NT*	NT*
15	NT*	NT*
16	6,57	Muito alto
17	8,41	Extremo
18	NT*	NT*
19	8,30	Extremo
20	8,08	Extremo
21	NT*	NT*
22	7,8	Muito alto

* NT são os pontos onde não foram encontrados poços de água dentro do raio de 500m e, portanto, não foi possível a modelagem.



Conforme apresentado, do total de 22 áreas contaminadas, 7 pontos não apresentaram poços de água dentro do raio de 500 metros, no entanto, das áreas que possuíam poços de água dentro do raio, houve uma grande predominância de áreas com diagnóstico de risco extremo, totalizando 7 pontos e correspondendo a 46,6% das áreas contaminadas com poços dentro dos limites estabelecidos, sucedido pelo diagnóstico de risco muito alto, com 5 pontos e correspondendo a 33,3% das áreas contaminadas com poços próximos.

Verificou-se ainda que 79,9% das áreas contaminadas no município de Sorocaba necessitam de maior atenção no que tange ao monitoramento da qualidade da água subterrânea e também em relação à comunicação para com a população exposta ao risco. Também foram identificadas duas áreas de risco alto e uma área de risco moderadamente alto, não sendo encontrado nenhum ponto classificado como de risco moderado. A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos riscos investigados.

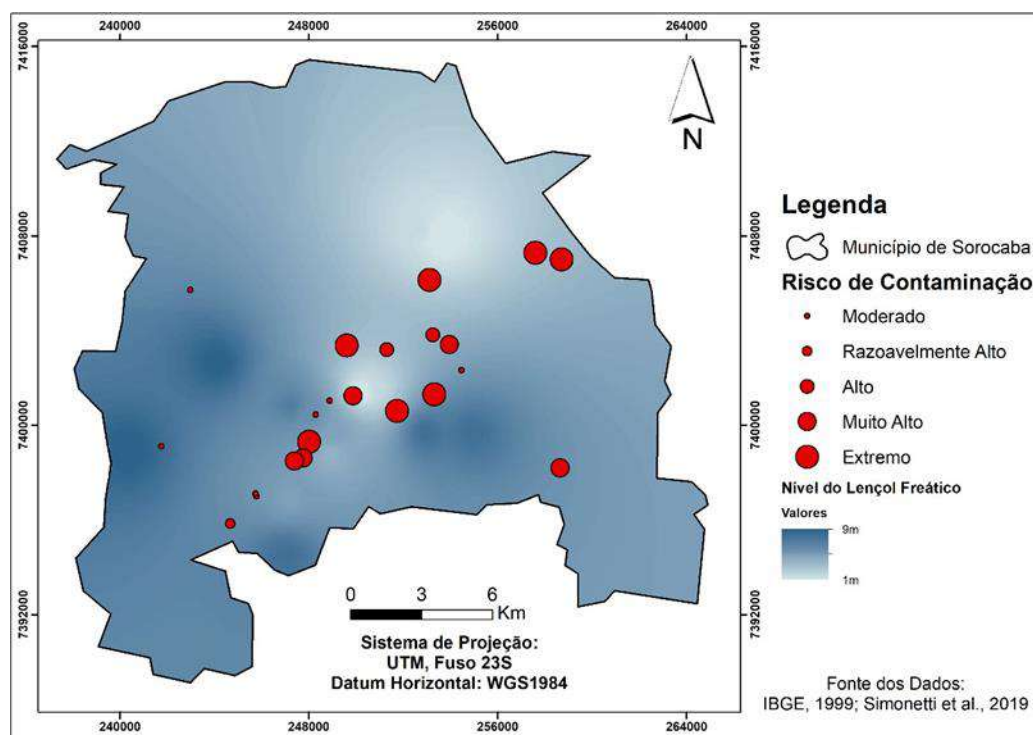


Figura 2. Representação do risco de contaminação do lençol freático no município de Sorocaba (SP). Fonte: Autoria Própria (2023).

Os resultados apresentados demonstram-se ser fortemente influenciados pela profundidade dos poços de água amostrados, classificados como de risco extremo e com valores médios de 3,96 metros. Dessa forma, acredita-se que a utilização desse modelo seja capaz de reduzir a subjetividade na tomada de decisão dos órgãos fiscalizadores e possibilite a

verificação de áreas em que a classe de risco é maior, e, consequentemente, necessita de mais atenção e de recursos para que seja realizado o monitoramento eficiente da qualidade da água subterrânea.

CONCLUSÕES

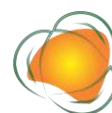
A lógica fuzzy utilizada para a proposição do modelo possibilitou verificar que existe um risco predominantemente extremo de contaminação nos poços de água dentro do limite de 500 metros das áreas cadastradas como contaminadas pela CETESB, sendo notório que o modelo gerado é uma ferramenta capaz de identificar áreas mais críticas para realizar-se o monitoramento ambiental e pode ser utilizada pelos órgãos gestores e fiscalizadores para que essa fiscalização seja realizada de forma eficaz e sem subjetividades.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J. F. G.; ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C.; SANTOS, J. L. DOS; PARIZZI, T. N. T.; BERTOLO, L. S. Análise das mudanças do uso e cobertura da terra no Estado de Mato Grosso por meio do geoportal Terraclass. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, 2019, Santos. Anais...Santos, 2019.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em:
http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237. Acesso em: 30 jun. 2023.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado De São Paulo. 2018. Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C, de 07 fevereiro de 2017. Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o



Gerenciamento de Áreas Contaminadas”. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2023.

FACCO, D. S.; BENEDETTI, A. C.; KAISER, E. A.; PEREIRA FILHO, W. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no Estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Nacional de Geografia Física, 1, 2017, Campinas. Anais...Campinas, 2017.

FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. DE; FERNANDES, M. M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. *Floresta Ambiental*, v.22, n.4, p.472-482, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D. Balanço Hídrico Climatológico para a Capacidade de Campo de 100mm – Estado da Paraíba. 1.a ed. Campina Grande: EDUEFCG, 2018. 257p.

GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; OLIVEIRA, M. T. DE; FREITAS, R. M. DE; GRECCHI, R. C.; VIEIRA, R. M. DA S.P.; ARAI, E.; SILVA, F. B.; SAMPAIO, C. B. V.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da vegetação da caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra – oportunidades e desafios. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.72, n.esp, p.829-854, 2020.

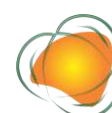
IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sorocaba.html>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C.; MARTINS, A. C. G.; SALES, J. C. A.; ROVEDA, S. R. M. M.; ROVEDA, J. A. F. Use of fuzzy systems in the elaboration of an anthropic pressure indicator to evaluate the remaining forest fragments. *Environmental Earth Sciences*, v.73, p.1-8, 2015.

ROSA, M.; SHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. MapBiomass - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. In: BARBOSA, L. M. (org). *Restauração Ecológica: Desafio do processo frente à crise ambiental*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2019. 278p.

SIMONETTI, VANESSA C.; FRASCARELI, DANIELE; GONTIJO, ERIK S. J.; MELO, DARLLENE S.; FRIESE, KURT; SILVA, DARLLAN C. C.; ROSA, ANDRÉ H. Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. *International Journal of River Basin Management*, v.17, p.1-34, 2019.

SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SIMONETTI, V. C.; ANDRADE, E. L.; SOUSA, J. A. P.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Application of fuzzy systems to support the development of a socioenvironmental sustainability index applied to river basins. *International Journal of River Basin Management*, p.1-13, 2021.



SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SIMONETTI, V. C.; TONIOLO, B. P.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Creation of an environmental sustainability index for water resources applied to watersheds. *Environment, Development and Sustainability*, v.24, p.1-21, 2022.



POTENCIALIZANDO O CULTIVO DE EUCALYPTUS UROPHYLLA: ZONEAMENTO AGROMETEOROLÓGICO NA REGIÃO SUDESTE

Rafael Fausto de Lima¹

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido²

Guilherme Botega Torsoni³

João Paulo Balbino da Silva⁴

¹Doutorando em Agronomia – Unesp Jaboticabal, rafaelwarlima@gmail.com

²Prof. IFSULDEMINAS Campus Muzambinho – lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

³Prof. IFMS Campus Naviraí, guilherme.torsoni@ifms.edu.br

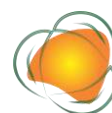
⁴Aluno da Agronomia - IFSULDEMINAS Campus Muzambinho

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor no setor madeireiro, principalmente com a utilização de madeira de espécies do gênero *Eucalyptus* (HSING et al., 2016). Segundo dados do IBGE (2018), o Brasil possui cerca de 9,9 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 7,5 milhões destinadas a produção de eucalipto. A produtividade anual de madeira extraída do eucalipto é entorno de 41 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (VALADARES et al., 2020; SILVA et al., 2021). A região sudeste com aproximadamente 3 milhões de hectares plantados é responsável por 42,3% da área total plantada no Brasil, principalmente nos estados de Minas Gerais (26,1%) e São Paulo (12,2%).

Com mais de 700 espécies conhecidas pertencentes a Família Myrtaceae, o eucalipto é nativo da Austrália e de outras ilhas da Oceania (RAIZ, 2018). São de porte predominantemente arbóreo, muitas delas apresentando propriedades físicas e químicas utilizadas na fabricação de lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, papel e celulose, laminados e compensados, móveis, medicamentos, perfumes, entre outros (LONGUE JÚNIOR & COLODETTE, 2013).

O eucalipto tem se destacado como componente arbóreo em sistemas de ILPF, pois apresenta grande número de espécies e vários híbridos interespecíficos, possibilitando a



seleção de materiais genéticos direcionados para cada finalidade da madeira, bem como mais adequados às diversas condições de clima e solos brasileiros (SILVA et al., 2021).

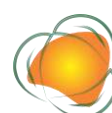
Além disso, o eucalipto apresenta rápido crescimento, com boa capacidade de adaptação aos diferentes ambientes. Ele é também adequado para sistemas em integração porque permite boa disponibilidade de radiação solar incidente no sub-bosque (RADOMSKI & RIBASKI, 2009; FERREIRA et al., 2019).

Além dos produtos madeireiros, as florestas plantadas fornecem produtos não madeireiros, ajudam a mitigar as mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono (CABRAL et al., 2011), fornecem serviços ecossistêmicos, como a regulação da temperatura em uma escala de microclima (BROCKERHOFF et al., 2013) e reduzir a degradação da terra (STANTURF, 2015).

Tendo em vista o potencial socioeconômico e ambiental do cultivo do eucalipto, este trabalho tem como objetivo realizar um zoneamento agroclimatológico para o *Eucalyptus urophylla* na região sudeste do Brasil.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende toda a região sudeste do Brasil, composta pelos Estados de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), com uma extensão de aproximadamente 924.511 km² (IBGE, 2021) (Figura 1). A região Sudeste apresenta uma grande heterogeneidade climatológica, proporcionando o desenvolvimento de diversos cultivos agrícolas. As classes climáticas de maior predomínio na região são Aw, Cwa e Cwb segundo a classificação de Köppen (1936) nos Estados de São Paulo e Minas Gerais.



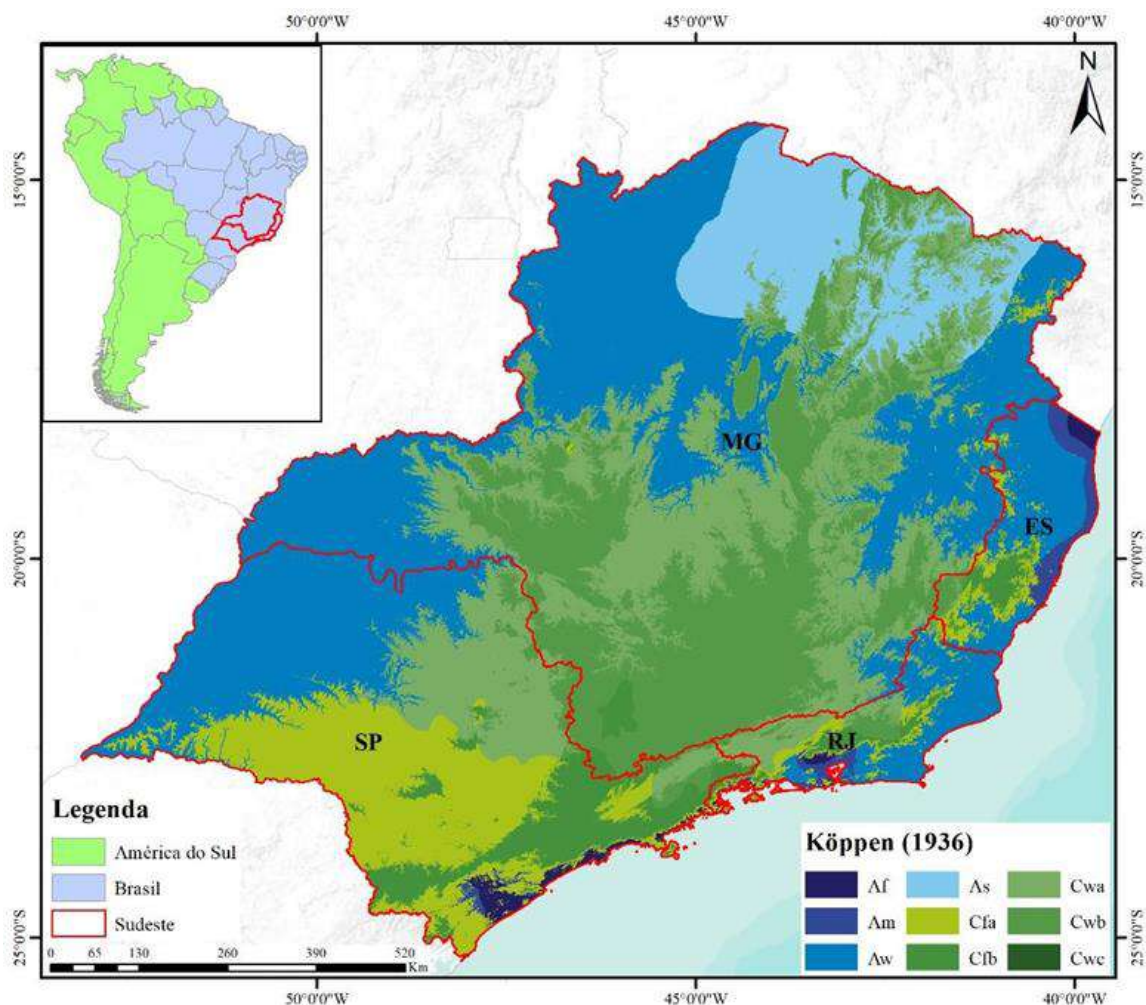


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

A espécie de eucalipto escolhida foi a *Eucalyptus urophylla*, por ser uma das mais cultivadas no Brasil, devido ao seu grande potencial de crescimento por área, em função de sua boa produtividade (MOURA, 2004). O *Eucalyptus urophylla* apresenta crescimento é menor que o do *Eucalyptus grandis*, porém, apresenta boa regeneração por brotação das cepas. É indicada para regiões não afetadas por geadas severas, produzindo madeira para uso geral (FERREIRA, 2019).

O *E. urophylla* se desenvolve bem sob condições de clima temperado úmido, com altitude média e pouca deficiência hídrica anual. Dessa forma, para a elaboração da chave de zoneamento agro climatológico para o *E. urophylla*, foram utilizadas variáveis de temperatura média anual, precipitação anual, deficiência hídrica anual e altitude (Tabela 1). Os ranges de valores para o desenvolvimento da espécie de eucalipto foram extraídos dos trabalhos de Correia (2014); Luppi et al. (2014); Elli et al. (2020); ELLI et al. (2020); DE FREITAS et al. (2021).

Tabela 1. Variáveis atribuídas ao desenvolvimento de *E. urophylla*

Variáveis	Ranges ideais	Ranges limitantes
Altitude	0-800	> 800
Temperatura Média Anual (°C)	18-24	<18 e >24
Precipitação Anual (mm)	1000-2600	<1000 e >2600
Déficit Hídrico Anual (mm)	0-100	>100

Fonte: Adaptado de (CORREIA, 2014; LUPPI et al., 2014; ELLI et al., 2020; ELLI et al., 2020; DE FREITAS et al., 2021).

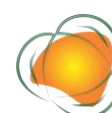
Para a realização do zoneamento agroclimatológico foram utilizados dados climatológicos e dados de altitude obtidos da plataforma WordClim (<https://www.worldclim.org>). A plataforma disponibiliza dados climatológicos históricos e de cenários futuros para o mundo todo em formato de grades com resolução de até 30 segundos (FICK; HIJMANS, 2017). As variáveis de temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) foram obtidas de forma mensal e posteriormente transformadas e média anual e acumulado anual, respectivamente.

O cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) foi realizado utilizando o método de Thornthwaite (1948) modificado por Camargo (1971) no qual fez uma simplificação do método proposto por Thornthwaite, proporcionando uma maior simplicidade mantendo sua eficácia (Equação 1).

$$ETP = F Q_o T ND \quad (\text{Eq.1})$$

Em que: Q_o (mm dia) é a radiação solar extraterrestre diária expressa em equivalente de evaporação, no período considerado, T (°C) é a temperatura média do ar durante o período; F é o fator de ajuste que varia com a temperatura média anual do local (para T_m até 23°C, $F = 0,01$; $T_m = 24^\circ\text{C}$, $F = 0,0105$; $T_m = 25^\circ\text{C}$, $F = 0,011$; $T_m = 26^\circ\text{C}$, $F = 0,0115$; $T_m > 26^\circ\text{C}$, $F = 0,012$); e ND é o número de dias do período.

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi gerado para todas as localidades estudadas segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955) (Equações 2-7), utilizado uma capacidade de água disponível no solo igual 100mm, sendo mais indicada para caracterização climática (RODRIGUES et al., 2018).



$$\text{If } (P - ETP)_i < 0 = \begin{cases} NAC_i = NAC_{i-1} + (P - ETP)_i \\ SWS = AWC e^{\frac{NAC_i}{AWC}} \end{cases} \quad (\text{Eq.2})$$

$$\text{If } (P - ETP)_i \geq 0 = \begin{cases} NAC_i = AWC \ln \frac{SWS_i}{AWC} \\ SWS = (P - ETP)_i + SWS_{i-1} \end{cases} \quad (\text{Eq.3})$$

$$ALT_i = SWS_i - SWS_{i-1} \quad (\text{Eq.4})$$

$$ETR_i = \begin{cases} P + |ALT_i|, & \text{if } ALT < 0 \\ ETP_i, & \text{if } ALT \geq 0 \end{cases} \quad (\text{Eq.5})$$

$$DEF = ETP - ETR \quad (\text{Eq.6})$$

$$EXC_i = \begin{cases} 0, & \text{if } AWC < 0 \\ (P - ETP)_i - ALT_i, & \text{if } AWC = 0 \end{cases} \quad (\text{Eq.7})$$

Onde: ETP é a evapotranspiração potencial (mm), AWC capacidade de água disponível no solo (mm), SWS é o armazenamento de água no solo (mm), NAC é o negativo acumulado, ou seja, precipitação acumulada menos evapotranspiração potencial, P é a precipitação (mm), DEF é o déficit de água no sistema solo-planta-atmosfera (mm), ETR é a evapotranspiração real (mm), EXC é o excedente de água do sistema solo-planta-atmosfera (mm), ALT é o armazenamento de água no solo para o mês atual menos o armazenamento de água no solo para o mês anterior (mm) e i é o período mensal.

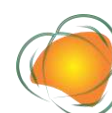
85

Todos os cálculos necessários foram realizados em ambiente de programação Python utilizando suas bibliotecas de processamento de dados. Os mapas finais para as variáveis meteorológicas e para o zoneamento do *Eucalyptus urophylla* foram elaborados utilizando um sistema de informações geográficas (SIG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram grande variabilidade espacial para as variáveis climatológicas analisadas em toda a região Sudeste do Brasil (Figura 2). A temperatura média anual do ar (Figura 2a) apresentou maiores valores nas localidades ao norte de São Paulo, Minas Gerais e em todo o litoral com valores superiores a 22,1°C. Espírito Santo e Minas Gerais são considerados os estados mais quentes com médias anuais de 22,3°C (±1,9) e 21,4°C (±1,7) respectivamente. Resultados semelhantes ao observados por Casaroli et al. (2018).

A precipitação acumulada anual (Figura 2b) apresentou maiores acumulados no Litoral de São Paulo e no oeste de Minas Gerais, com índices acima de 1500,1mm. Já os menores volumes acumulados foram registrados ao norte de Minas Gerais, com precipitação abaixo de



750 mm. Os Estados de Rio de Janeiro e São Paulo apresentaram os maiores acumulados médios anuais com 1320mm (± 232) e 1341mm (229) respectivamente. Resultados semelhantes obtidos por Lyra et al. (2018) onde também destacaram maiores acumulados de chuvas nas regiões costeiras do Brasil.

De maneira inversa aos valores de precipitação, a deficiência hídrica anual (Figura 2c) apresentou maiores acumulados nas localidades ao norte de Minas Gerais com mais de 300,1 mm e menores acumulados nas localidades litorâneas abaixo de 75mm, consideradas as mais chuvosas e secas respectivamente.

Em relação a altitude (Figura 2d), a região Sudeste apresentou média de 645,8 m, localizando os corpos mais altos do país, Campos do Jordão-SP, Itamonte-MG e Marmelópolis-MG, com altitudes de 1.601 m, 1.592 m e 1.570 m, respectivamente.

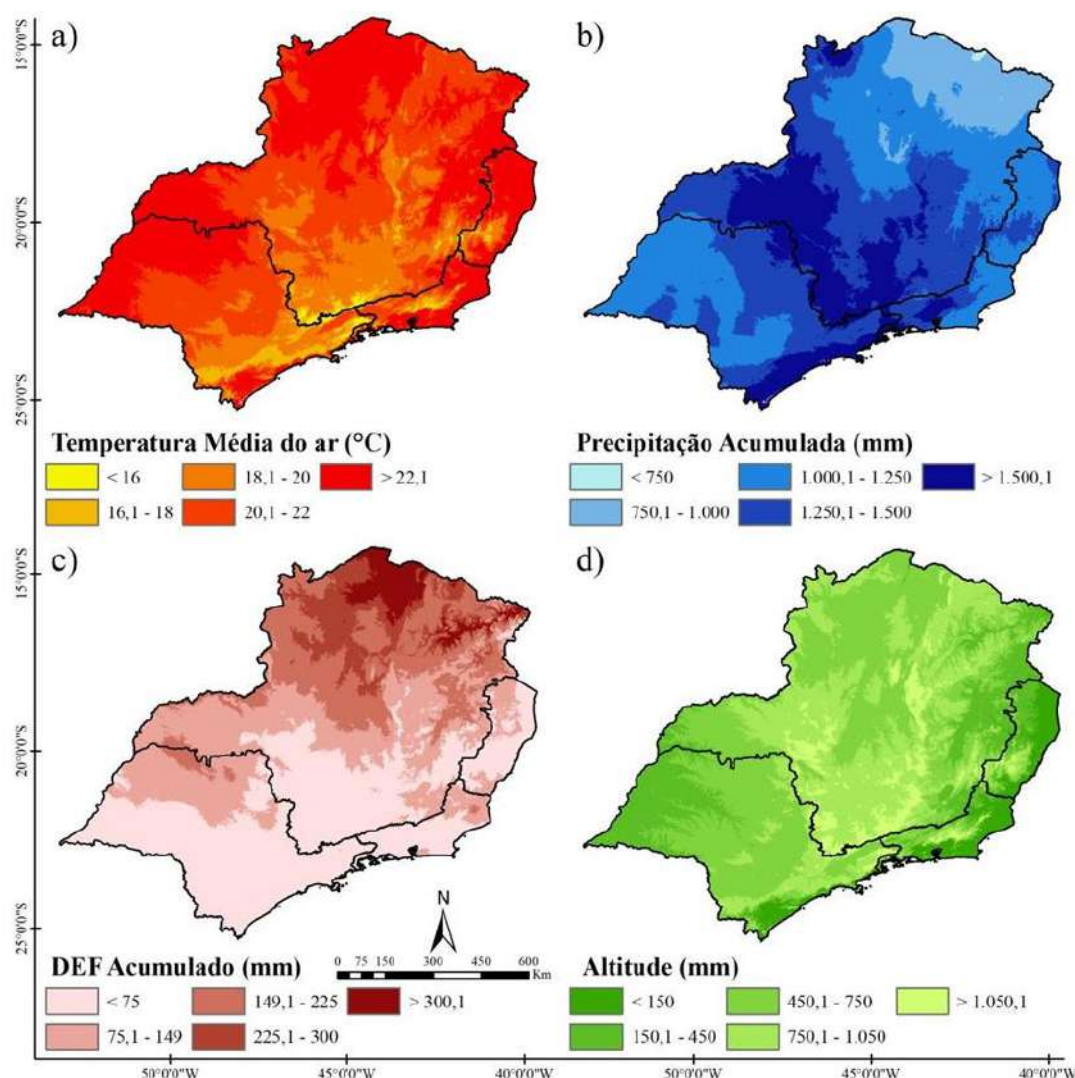


Figura 2. Distribuição espacial das variáveis utilizadas no zoneamento para *Eucalyptus urophylla*. a) Temperatura média anual do ar, b) Precipitação média acumulada anual, c) Deficiência hídrica anual acumulada, d) Altitude.

A grande variabilidade espacial dos atributos climatológicos e da altitude proporcionaram o desenvolvimento de 9 classes de aptidão ao cultivo de *Eucalyptus urophylla*, sendo 6 adequadas e 3 inadequadas (Figura 3). Com relação as classes favoráveis ao desenvolvimento de *E. urophylla*, as classes: adequado em regiões altas (6,3%) e adequado em todas as regiões (31,7%) representam pouco mais de 38,00% de toda a região Sudeste (Tabela 2), com maior expressão no Sul Minas Gerais, São Paulo, e nos estados litorâneos (RJ e ES). Em contrapartida, pouco mais de 8,18% de toda a região sudeste é caracterizada como inadequada ao cultivo de *E. urophylla*, principalmente pelos estresses causados por frio, deficiência hídrica (DEF), calor e excesso de chuvas.

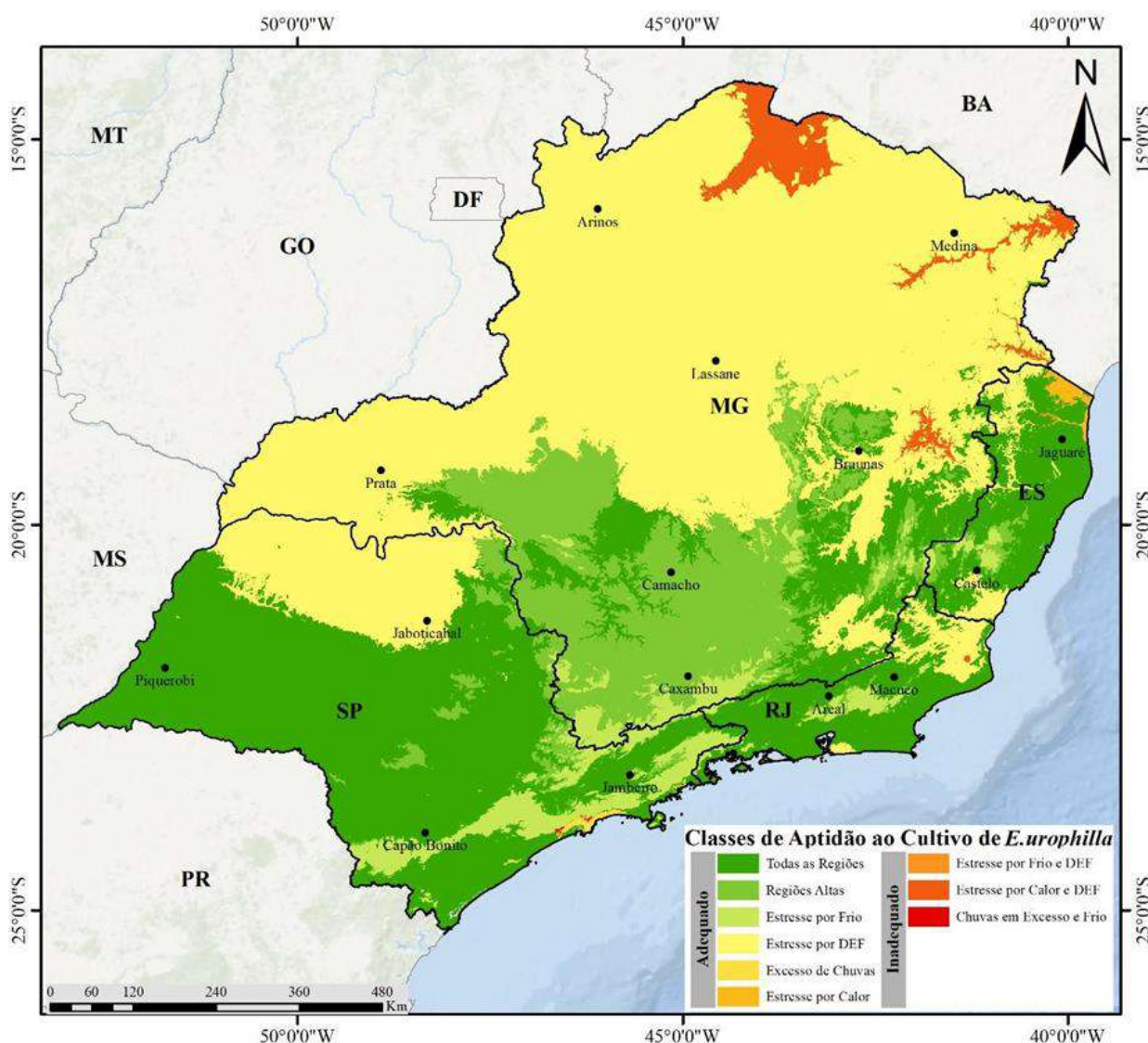


Figura 3. Zoneamento agroclimatológico para o cultivo de *Eucalyptus urophylla* na região Sudeste do Brasil.

Com relação a classe adequado em todas as regiões os Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 3) apresentaram maior expressividade ao desenvolvimento dessa classe, com predomínio de 68,11, 70,06 e 67,60% respectivamente (Tabela 2), indicando condições favoráveis ao desenvolvimento de *E. urophylla*.

Em Minas Gerais, mais de 66,24% do Estado apresenta predomínio da classe adequado com estresse hídrico, principalmente nas localidades pertencentes ao cerrado mineiro (Tabela 2), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: uma estação seca de inverno e outra úmida de verão (NASCIMENTO & NOVAIS, 2020).

A classe Adequada com estresse por frio representa 5,20% da região sudeste nas localidades mais altas, com predomínio de 8,35 e 8,10% do Rio de Janeiro e São Paulo respectivamente (Tabela 2). Locais com grandes altitudes geralmente apresentam temperatura abaixo da média regional, tendo em vista que com o aumento da altitude, o volume na atmosfera é reduzido, dificultando a movimentação das moléculas de ar, havendo assim uma relação inversamente proporcional entre temperatura e altitude conforme observado por Lancaster (1980).

Tabela 2. Classes de aptidão para o desenvolvimento *E. urophylla* na região sudeste.

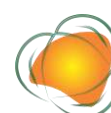
Classes	ES	MG	RJ	SP
Adequado em Todas as Regiões	68,11	9,21	70,06	67,60
Adequado com Estresse por Frio	3,80	2,31	8,35	8,10
Adequado com Estresse por DEF	16,62	66,24	17,95	18,70
Adequado com Excesso de Chuvas				0,39
Adequado com Estresse por Calor	4,44	0,01		
Adequado em Regiões Altas	6,77	18,83	3,10	5,20
Inadequado com Estresse por Frio e DEF		0,01		
Inadequado com Estresse por Calor e DEF	0,13	3,39	0,17	
Inadequado com Excesso de Chuvas e Frio				0,01

CONCLUSÕES

A região Sudeste do Brasil apresenta grande potencial de exploração do eucalipto *E. urophylla*, principalmente nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo onde a classe adequada em todas as regiões foi a mais predominante com 68,11, 70,06 e 67,60% respectivamente.

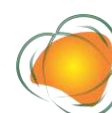
AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos IFSULDEMINAS e IFMS pela contribuição nesta pesquisa.



REFERÊNCIAS

- BROCKERHOFF, E. G.; JACTEL, H.; PARROTTA, J. A.; FERRAZ, S. F. Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. *Forest Ecology and Management*, v.301, p.43-50, 2013.
- CABRAL, O. M.; GASH, J. H.; ROCHA, H. R.; MARSDEN, C.; LIGO, M. A.; FREITAS, H. C.; GOMES, E. Fluxes of CO₂ above a plantation of *Eucalyptus* in southeast Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.151, n.1, p.49-59, 2011.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1971. 28p.
- CASAROLI, D.; ROSA, F. D. O.; ALVES JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P.; BRITO, B. V. D.; PENA, D. S. Aptidão edafoclimática para o mogno-africano no Brasil. *Ciência Florestal*, v.28, p.357-368, 2018.
- FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; MELOTTO, A. M, BUNGENSTAB, D. J.; LAURA, V. A. Manejo das árvores e propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto. ILPF inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa, 2019.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v.37, n.12, p.4302-4315, 2017.
- HSING, T. Y.; PAULA, N. F. D.; PAULA, R. C. D. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Ciência Florestal*, v.26, p.273-283, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Produção da Extração vegetal e Silvicultura, Rio de Janeiro, v.33, p.1-8, 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 06 de julho de 2023.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate –KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): *Handbuch der Klimatologie* –Gebrüder Bornträger, Berlin, 1, 1–44, part C, 1936
- LANCASTER, I. N. Relationships between altitude and temperature in Malawi. *South African Geographical Journal*, v.62, n.1, p.89-97, 1980.
- LONGUE JÚNIOR, D.; COLODETTE, L. J. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.33, n.76, p.429-438, 2013.
- LYRA, A.; TAVARES, P.; CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; DEREZYNSKI, C.; SONDERMANN, M.; GIAROLLA, A. Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil



using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. Theoretical and Applied Climatology, v.132, p.663-682, 2018.

MOURA, V. P. G. O germoplasma de *Eucalyptus urrophylla* S. T. Blake no Brasil. Comunicado Técnico 111, dez. 2004.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. Elisée, v.9, n.2, e922021, 2020.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevêlea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 40 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 191).

RAIZ. Instituto de Investigação da Floresta e Papel. Myrtaceae: a família do eucalipto. 2018. Disponível em: <<http://raiz-iifp.pt/myrtaceae-a-familia-do-eucalipto/>>. Acesso em: 03 julho 2023.

RODRIGUES, G. S.; PUTTI, F. F., SILVA, A. C.; OLIVEIRA, A. S.; & GABRIEL FILHO, L. R. A. Climatological hydric balance and the trends analysis climatic in the region of Machado in Minas Gerais State, Brazil. American Journal of Climate Change, v.7, n.4, p.558-574, 2018.

SILVA, A. R.; RODRIGUES FILHO, J. A.; CARVALHO, E. J. M.; SANTIAGO, A. V.; VELOSO, C. A. C.; MARTINEZ, G. B. Estoque de carbono e mitigação de metano produzido por bovinos em sistema integração pecuária-floresta (IPF) com eucalipto no Sudeste Paraense. Brazilian Journal of Development, v.7, n.4, p.39997-40016, 2021.

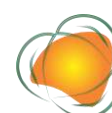
SILVA, W. S.; FERNANDES, F. A.; MUNIZ, F. R.; MUNIZ, J. A.; FERNANDES, T. J. *Eucalyptus grandis* x *eucalyptus urophylla* growth curve in different site classifications, considering residual autocorrelation. Brazilian Journal of Biometrics, v.39, n.1, p.122-138, 2021.

STANTURF, JOHN A. Future landscapes: opportunities and challenges. New Forests, v.46, n.5-6, p.615-644, 2015.

THORNTON, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology-Laboratory of Climatology. 104p. Publications in Climatology, v.8, n.1. 1955.

VALADARES, G. M.; LANDAU, E. C.; MAIA, N. L. M. Evolução da produção de eucalipto (*Eucalyptus* spp. e outros gêneros, Myrtaceae). 2020.



PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DE FOLHAS DE POUTERIA RAMIFLORA E DIPTERYX ALATA

Arthur César Monico¹
Laiane Pereira Rocha²
Taís Arthur Corrêa³
Viviane Modesto Arruda⁴

¹Mestrando em Ciências Ambientais – PPCIAMB, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Programa de Pós-graduação em Ciências ambientais, arthur.1000327@gmail.com

²Mestrando em Ciências Ambientais – PPCIAMB, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Programa de Pós-graduação em Ciências ambientais, laiane.1094208@discente.uemg.br

³Prof^ª Dr^ª., Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, UEMG, tais.correa@uemg.br

⁴Prof^ª Dr^ª., Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Ubá, UEMG, viviane.arruda@uemg.br

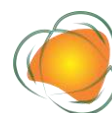
INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, cobrindo uma área de mais de 200 milhões de hectares, integrando mais de 10 estados e o Distrito Federal, transcorrendo altitudes que variam entre 300 a 1.600 m é tido como um dos hotspot do planeta, sendo considerada a savana mais biodiversa do mundo. Possuindo mais de 11.000 espécies nativas de plantas, as savanas brasileiras, são tidas também como um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo e já lista com 132 espécies de sua flora ameaçadas de extinção (DUARTE & LEITE, 2019).

Devido a sua riqueza, muitas das plantas presentes no Cerrado, possuem diversas espécies de árvores frutíferas com potencial de viés econômico, alimentação, extração, usos e aplicações medicinais de conhecimento e comprovação popular (SILVA et al., 2022). Entre elas podem-se citar as espécies *Pouteria ramiflora* e *Dipteryx alata*, curriola e baru, respectivamente.

As árvores do gênero *Pouteria* apresentam cerca de 320 espécies, das quais 114 estão por todo o Brasil e 46 são endêmicas do cerrado (RODRIGUES et al., 2017).

A curriola também pode ser conhecida popularmente como: brasa-viva, figo-do-cerrado, grão-de-galo, fruta-do-veado, massaranduba, pessegueiro-do-cerrado, abriu-cutite ou pitomba de leite, possui tronco tortuoso, de cor cinza, com aspecto de cortiça, podendo medir de 4 a 6 metros de altura, suas folhas são simples, de tamanho e forma bastante variáveis,



coriáceas, nervuras salientes em ambas as faces, suas flores são pequenas, branco-esverdeadas e seus frutos são arredondados e pequenos (JÚNIOR, 2001).

Já o baru, também conhecido como barujo, ruta-de-macaco, cumarurana, barujo, castanha-de-burro, garampara, almendro, cambarú, coco-feijão ou cumbaru é uma leguminosa arbórea da família Papilionoideae, que pode medir até 25 m de altura, sua copa é densa e arredondada de coloração verde intensa, suas flores são pequenas, de coloração esverdeada, seu fruto é casca fina, que acomoda uma amêndoa dura, comestível e de alto valor nutricional (JÚNIOR, 2001).

O Cerrado é tido como um grande objeto de pesquisa, pois sua grande biodiversidade de plantas pode ofertar tratamentos e terapias nas mais diversas áreas de saúde (SARRI, 2022). Estes compostos podem apresentar aplicações como: agentes antibactericidas, anti-inflamatórios, anti-hemorragicos, anestésicos, vermífugos, anticarcinogênicos, antidegenerativos, antioxidantes e retardadores de envelhecimento.

Por isso, o estudo e a pesquisa da flora deste bioma são de grande importância e interesse para a indústria farmacológica. O presente trabalho objetivou identificar as classes de metabólitos secundários presentes nos extratos alcoólicos obtidos a partir das folhas de *Pouteria ramiflora* e *Dipteryx alata* coletadas em uma área de preservação no município de Frutal-MG.

92

METODOLOGIA

Foram selecionadas duas árvores com porte médio e coletadas suas folhas, numa área de conservação, denominada Ecoparque Municipal das Sucupiras, localizado no município de Frutal-MG, com as seguintes coordenadas geográficas: a -20°02'24" de latitude sul e -48°56'09" de longitude oeste, altitude média de 500m, o céu estava aberto, com algumas nuvens, clima ameno com temperatura média de 26°C, o Cerrado é o bioma de predominância desta localização.

As folhas foram coletadas no mês de abril de 2023, na estação outonal, no período matutino (entre as 07h30min às 09h00min). Foram selecionadas duas árvores com porte médio de altura, como pode ser observado na Figura 1, Árvores de curriola e baru, logo abaixo.

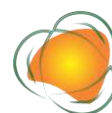




Figura 1. Árvores de Curriola (A) e Baru (B). Fonte: acervo do autor.

Após a coleta do material, encaminhou-se imediatamente ao Laboratório de Biologia da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), onde se realizou a lavagem, seleção das folhas com o aspecto saudável (folhas adultas, expandidas, sem machas ou danificadas e inteiras) e higienização com solução de hipoclorito de sódio a 5%. Após estes procedimentos, as folhas foram encaminhadas a secagem em estufa com circulação de ar forçado, a $50^{\circ}\text{C} \pm 1$ por um período de 48 horas. Decorrido este tempo, as folhas secas de curriola (A) e baru (B), Figura 2, respectivamente foram trituradas em moinho de facas e acondicionadas em sacos de papel.

93

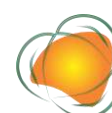


Figura 2. Folhas de curriola e baru após o processo de secagem em estufa.

Fonte: acervo do autor.

Foram pesados aproximadamente 10 gramas das folhas trituradas de ambas amostras em Erlenmeyers com tampas de vedação hermética, onde foram adicionados 100 ml de metanol P.A. para ocorrer à extração a frio por maceração por 48h. Os frascos após serem fechados hermeticamente com suas respectivas tampas e acondicionados em geladeira.

Decorrido este tempo, seguiu-se a filtragem dos extratos em funis com papel filtro e submetidos à triagem fitoquímica.



A etapa de prospecção fitoquímica foi realizada após a filtragem, visando evidenciar as principais classes de substâncias químicas (alcaloides, flavonoides, antraquinonas, taninos, triterpenos e esteroides) presentes nos extratos obtidos de diferentes partes folhas de *Pouteria ramiflora* e *Dipteryx alata*, foram utilizadas as metodologias adaptadas de Simões et al. (2017), Corrêa et al. (2022) e Matos (2009), observando a formação de precipitado, mudança de cor, formação de espuma e aparecimento de fluorescência, como disposto na Tabela 1.

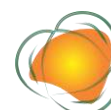
Tabela 1. Pesquisas e resultados positivos esperados para as classes de fitoquímicos analisados

Pesquisas	Classe de Metabólito	Especificações
Reação de Mayer	Alcaloides	Formação de turvação e/ou precipitação
Reação de Dragendorff	Alcaloides	Formação de turvação e/ou precipitação
Saponinas por agitação	Saponinas	Formação de espuma persistente por mais de 15 min
Reação de Shinoda	Flavonoides	Aparecimento de coloração rósea a vermelha
Reação de Taubouk	Flavonoides	Aparecimento de fluorescência amarelo-esverdeada sob luz ultravioleta
Reação de Bornträger	Antraquinonas	Aparecimento de coloração rósea ou avermelhada
Tanino por reação com cloreto férrico	Taninos	Aparecimento de cor azul indica taninos hidrolisáveis ou gálico e aparecimento de cor verde indicataniños condensados ou catéquicos
Tanino por reação com acetato de chumbo	Taninos	Formação de precipitado esbranquiçado confirma a presença de taninos hidrolisáveis
Reação de Libermann-Buchard	Esteroides livres	Coloração azul evanescente seguida de verde permanente
Reação de Libermann-Buchard	Triterpenoides	Coloração parda à vermelha

Para a determinação de alcaloides utilizando os reagentes de Mayer e Dragendorff foi pesado em um béquer de 50 ml, 0,5 gramas da amostra moída e adicionou 10 ml de solução de ácido clorídrico a 2N. Levou a mistura a uma chapa aquecedora até a fervura e aguardou o resfriamento. A amostra foi filtrada com auxílio de algodão e com uma pipeta de Pasteur de plástico foi retirada em dois tubos de ensaios 3 ml da alíquota, onde em um foi adicionado 3 gotas do reagente de Mayer e no outro o reagente de Dragendorff, esperou-se a reação acontecer e observou a formação de turvação ou precipitado das amostras positivas.

Na determinação de saponinas por agitação foi adicionado 2 ml de cada solução extraída em tubo de ensaio com 5 ml de água destilada e agitou-se freneticamente a mistura por 15 segundos, observando a permanência de espuma por mais de 15 minutos.

Na identificação de flavonoides utilizando a reação de Shinoda adicionou 2ml do extrato alcoólico em um tubo de ensaio contendo um fragmento de magnésio metálico, encaminhou-se a capela de exaustão, onde adicionou-se 5 gotas de ácido clorídrico



concentrado e aguardou o desenvolvimento da coloração rósea a vermelho para o resultado positivo.

Pelo método de Taubok adicionou-se 3 ml do extrato em um cadinho e levou para secagem em uma chapa aquecedora, não deixou queimar, esperou a amostra esfriar e em seguida adicionou 2 ml de acetona e uma pequena porção de ácido gálico e ácido bórico, agitou-se a mistura com um bastão de vidro até sua completa dissolução. Encaminhou a amostra até a chapa aquecedora novamente para a secagem, sem que ocorresse a queima da solução, esperou-se a amostra esfriar para adicionar 3 ml de éter etílico. Transferiu o líquido para um tubo de ensaio e submeteu a iluminação de luz ultravioleta, verificando a fluorescência amarelada da amostra.

Na verificação de antraquinonas pelo método de Bornträger foi adicionado 1 ml do extrato alcoólico em um tubo e depois foi adicionado 5 ml de solução de hidróxido de amônio a 40%, aguardou a formação de cor rósea ou avermelhada da amostra.

A determinação de taninos por reação com cloreto férrico iniciou com a adição de 2 ml da solução extraída em tubo com 10 ml de água destilada e após isso, adicionou-se 4 gotas de solução de cloreto férrico a 5% em metanol, observou-se a formação de cor azul, indicando a presença de taninos hidrolisáveis, ou a cor verde, indicando taninos condensados.

Já na determinação de taninos por reação com acetato de chumbo foram adicionados 5 ml da solução extraída em tubo, foi adicionado 10 ml de solução de acético a 10% e mais 5 ml da solução de acetato de chumbo a 10%, observou-se a formação de precipitado esbranquiçado.

Na determinação de alcaloides e triterpenoides foi adicionado 1 ml da amostra extraída em um béquer juntamente com 5 ml de clorofórmio, filtrou-se a amostra com auxílio de algodão e com uma pipeta de Pasteur de plástico e transferiu-se para um tubo de ensaio e foi adicionado 3 ml da solução de Libermann-Buchard, aguardou a formação de cor azul-efanescente, amarelo-pardo ou vermelho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram descritos juntamente com a literatura consultada e apresentados na Tabela 2.

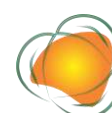


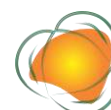
Tabela 2. Resultados positivos para as classes de fitoquímicos analisados na literatura em comparação aos obtidos pelo autor

Autor	Parte da planta utilizada no experimento		Alcaloides	Saponinas	Flavonoides	Antraquinonas	Taninos	Esteroides	Triterpenoides
	Curriola	Baru							
Resultado obtido	Folhas	-----							
Almeida et al. 2021	Folhas e galhos	-----							
Correa et al, 2022	Folhas	-----							
Santos et al., 2018	Folhas e galhos	-----							
Tuttis et al, 2018	Folhas	-----							
Rodrigues et al, 2017	Folhas	-----							
Resultado obtido	-----	Folhas							
Sarri, 2022	-----	Folhas							
Takemoto et al., 2001	-----	Castanha							
Silva et al., 2022	-----	Castanha							

*Quadros em cinza significam resultado positivo e quadros em brancos, resultado negativo.

De acordo com a tabela acima foram encontrados nas análises de prospecção fitoquímica a presença de alcaloides, taninos e triterpenoides nas folhas de curriola, a turvação do meio que pode ser visualizada e constatada como resultados positivos tanto no fim da reação de Mayer e Dragendorff. Resultado confirmado também por Almeida et al. (2021) ao analisar folhas e galhos de curriola em compostos hidroalcoólicos pela reação de Dragendorff.

Já os taninos hidrolisáveis e condensados foram confirmados por Corrêa et al. (2022), ao analisar o extrato do pó das folhas em temperatura ambiente para controlar a cicatrização de ratos com diabetes. Já Santos et al. (2018), utilizando o hexano como solvente também confirmou a presença de taninos ao realizar análises para verificar as atividades biológicas das folhas de curriola e constatar seu poder bactericida. Tuttis et al. (2018) e Almeida et al. (2021) também verificaram a presença desses metabólitos secundários em extratos hidroalcoólicos, sendo que um verificou a citotoxicidade em células gástricas e o outro realizou a prospecção fitoquímica das folhas e galhos da *Pouteria ramiflora*, respectivamente. A confirmação de taninos hidrolisáveis e condensados pode ser constatada no antes e depois das amostras em que permanece a coloração verde (taninos condensados) e o aparecimento de precipitado esbranquiçado (taninos hidrolisáveis).



A classe de triterpenoides foi encontrada também por Almeida et al. (2021) e Correa et al. (2022). Rodrigues et al. (2017) utilizou hexano, acetato de etilo e metanol como solventes nas análises das folhas de curriola constatou a presença de taninos, no entanto, evidenciou que fatores intempéries podem influenciar na produção de metabólitos secundários da planta ao longo de sua vida.

Não ocorreu presença de esteroides nas amostras analisadas, como pode ser observado com a ausência de formação de coloração azul-efêmera a verde permanente, o que diverge com os resultados obtidos por Almeida et al. (2021) e Correa et al. (2022) que confirmaram a presença desse metabólito secundário em suas amostras. A ausência de flavonoides foi confirmada pelas reações de Shinoda (ausência de coloração rósea a vermelha) e na reação de Taubok (ausência de fluorescência em luz ultravioleta).

Correa et al. (2022), Tuttis et al. (2018) e Almeida et al. (2021) obtiveram resultados diferentes ao encontrar essa classe de metabólitos em seus trabalhos, no entanto, eles isolaram o composto por meio de uso de equipamentos mais precisos e avançados como o cromatógrafo.

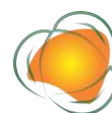
Constatou-se também a ausência de saponinas nos extratos, diferente de Correa et al. (2022) e Santos et al. (2018) que conseguiram a sua confirmação em suas análises.

Para a verificação de antraquinonas foi observada a ausência nos ensaios devido à ausência de aparecimento da coloração rósea ou avermelhada. Contrariando os resultados encontrados de Correa et al. (2022) e Santos et al. (2018) que constataram a presença de antraquinonas em seus extratos etanólicos.

Para os resultados das análises das folhas de baru constatou-se a presença de triterpenoides como Silva et al. (2022) ao analisar o efeito destes e outros compostos presentes nas castanhas, no tratamento de doenças cardiovasculares em roedores e Takemoto et al. (2001) ao analisar a composição química das castanhas da planta em seu estudo.

Sarri (2022) constatou a presença de esteroides, saponinas, flavonoides e taninos em seus extratos hidroetanólicos das folhas de *Dipteryx alata*, o que diverge da confirmação de alcaloides e esteroides, pois não houve a presença de turvação ou precipitação em nenhuma das reações, tanto de Mayer como a de Dragendorff, diferente de Sarri (2022) que confirmou a presença desse metabólito na avaliação das atividades antioxidantes e bactericidas das folhas de baru como fármaco no campo da odontologia.

Não foi encontrado vestígio de antraquinonas em nenhuma das amostras analisadas, confirmada pela ausência de coloração rósea ou avermelhada na reação de Bornträger.



Nenhuns dos autores comparados também não encontraram a presença desse metabólito em seus estudos.

Houve oxidação nas folhas de curriola durante o processo de secagem que pode ter comprometido a identificação de certos tipos de metabólitos secundários suscetíveis a este processo, nenhum dos autores pesquisados na literatura constatou a ocorrência deste fato, que pode comprometer a quantidade e a qualidade destes.

CONCLUSÕES

A prospecção fitoquímica realizada com as amostras das duas espécies de árvores, *Pouteria ramiflora* e *Dipteryx alata* apresentaram resultados positivos para alcaloides, taninos e triterpenoides, para as folhas de curriola e saponinas, flavonoides, taninos e triterpenoides para as folhas de baru. Ambas as amostras apresentaram resultado negativo para antraquinonas e esteroides, o que não confirma a sua ausência, pois há relatos na literatura que esses compostos podem estar presentes, no entanto, em quantidades que podem ser imperceptíveis em análises qualitativas.

Ambas as plantas possuem potencial fármaco relatado na literatura e que pode ser explorado e utilizado pela indústria farmacêutica, porém, deve haver mais estudos e pesquisas com estas espécies a fim de isolar estes compostos e utilizá-los em grande escala.

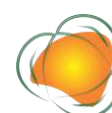
98

AGRADECIMENTOS

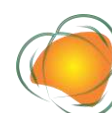
À Universidade do Estado de Minas Gerais, por fornecer os laboratórios para preparo e realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. A. A.; SOUZA, C. P. D.; JÚNIOR, A. R. C.; FERREIRA, R. O. Prospecção fitoquímica e atividade antiradicalar de extratos e frações de folhas e galhos de *Pouteria ramiflora* (Sapotaceae). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.11, p.108375-108385, 2021.
- CARVALHO, S. M. F.; LO, Y.; ROY, S. Plant structure in Brazilian neotropical savannah species. *Biodiversity in ecosystems - linkage structure and function*. Rijeka, Croácia, 2015. p. 425- 459.
- CORRÊA, A. C. L.; OLIVEIRA, A. K. M.; DOURADO, D. M.; FACCO, G. G.; BENTO, L. M. A.; RIVERO-WENDT, C. L. G.; MATIAS, R. *Pouteria ramiflora* leaf extract on emulgel in wound healing activity in diabetic rats. *Brazilian Journal of Biology*, v.82, 2022.

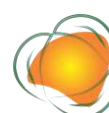


- CORRÊA, T. A.; SILVA, E. A.; FRANCO, A. L.; ROCHA, L. P. NIM (*Azadirachta indica*): aspectos fitoquímicos e anatômicos. Fitoquímica: Potencialidades biológicas dos biomas brasileiros, p.99-115, 2022.
- DUARTE, T. E. P. N.; LEITE, L. B. Cidades médias no cerrado brasileiro: desafios para a conservação da biodiversidade. Terr@ Plural, v.14, p.1-7, 2019.
- JÚNIOR, M. S. 100 árvores do cerrado: guia de campo. Ed. Rede de sementes do cerrado Brasília, 2005, p.178 e 278.
- LEAL, A. P. R. L. Ensino de ciências para a conservação, sustentabilidade e biodiversidade do Cerrado: Análise da transversalidade dos ODS. Editora Licuri, p.193-202, 2023.
- MATOS, J. A. Introdução a fitoquímica experimental. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, cap. 4, 2009.
- RODRIGUES, P. M.; GOMES, J. V. D.; JAMAL, C. M.; NETO, A. C.; SANTOS, M. L.; FAGG, C. W.; FONSECA-BAZZO, Y. M.; MAGALHÃES, P. O.; SALES, P. M.; SILVEIRA, D. Triterpenes from *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk. Leaves (Sapotaceae). Food and Chemical Toxicology, v.109, n.2, p.1063-1068, 2017.
- RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. Revista de Ciências Médicas e Biológicas, v.5, n.3, p.253-260, 2006.
- SANTOS, M. M. S.; SILVA, F. M. P.; SILVA, J. F. M.; PIMENTA, R. S. Phytochemistry and antibacterial activity of aqueous and hydroalcoholic extracts of three medicinal plants against food pathogens. Acta Scientiarum. Ciências Biológicas, v.40, p.1-6, 2018.
- SARRI, D. R. A. Análise fitoquímica, toxicidade e avaliação das atividades antioxidantes e antimicrobiana das folhas de *Dipteryx alata* (baru) em odontologia. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente). Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2022.
- SILVA, C. C. L.; ALVES, J. L. B.; OLIVEIRA, J. C. P. L.; LUIS, J. A. S.; ARAÚJO, I. G. A.; TAVARES, J. F.; NASCIMENTO, Y. M.; BEZERRA, L. S.; AZEVEDO, F. D. L. A. A.; SOBRAL, M. V.; MANGUEIRA, V. M.; MEDEIROS, I. A.; VERAS, R. C. Efeitos do tratamento com óleo de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nos processos trombóticos, agregação plaquetária e função vascular nas artérias da aorta. Nutrientes, v.14, 2022.
- SILVA, E. A.; ROCHA, L. P.; CORRÊA, T. A.; SILVÉRIO, M. V. A. Triagem fitoquímica de folhas de *Annona coriacea* mart. em área de preservação ambiental no triângulo mineiro. Tecnologia Ambiental. EPTEC: Campina Grande, 2022, p.54-63.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. Artmed: Porto Alegre, 2017, p.486.



TAKEMOTO, E; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; PIMENTEL, S. A. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás¹. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v.60, n.2, p.113-117, 2001.

TUTTIS, K.; DA COSTA, D. L. M. G.; NUNES, H. L.; SPECIAN, A. F. L.; SERPELONI, J. M.; DOS SANTOS, L. C.; VARANDA, E. A.; VILEGAS, W.; LOPEZ, W. M.; CÓLUS, I. M. S. *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk. extrato: Quantificação de flavonóides e efeito quimiopreventivo em células HepG2. Journal of Toxicology and Environmental Health, Parte A, v.81n .16, p.792-804, 2018.



PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTO E VERMICOMPOSTO UTILIZANDO CAPIM ELEFANTE, TORTA DE MAMONA E ESTERCO BOVINO

Carlos Aurelio Lara¹

Ana Laura Silva Leal²

Raphael Guarda Cavalcante³

Thomas Henrique Machado Klen da Silva⁴

Yago Afonso de Castro⁵

Thiago Corrêa de Souza⁶

¹Discente do curso de graduação de bacharel em Biologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, carlos.lara@sou.unifal-mg.edu.br

²Discente do curso de graduação de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, ana.leal@sou.unifal-mg.edu.br

³Discente do curso de graduação de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, raphael.cavalcante@sou.unifal-mg.edu.br

⁴Discente do curso de graduação de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, thomas.silva@sou.unifal-mg.edu.br

⁵Discente do curso de graduação de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, yago.castro@sou.unifal-mg.edu.br

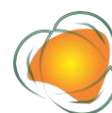
⁶Prof. Dr. na Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, thiagonepre@hotmail.com

101

INTRODUÇÃO

A forma inadequada de descartar os resíduos orgânicos provenientes das atividades agrícolas acaba resultando em graves impactos ao meio ambiente, exemplo da eutrofização dos corpos d'água, contaminação do solo, atração de vetores de doenças e desequilíbrio da vida no solo (KRYSTOSIK, 2020). Por isso, é fundamental que esses resíduos sejam tratados de maneira ecologicamente responsável evitando assim com que prejudiquem o ambiente. Nesse contexto, a abordagem agrícola para o descarte surge como uma opção viável e sustentável, ajudando a capturar carbono no solo e desempenhando um papel importante na mitigação do aumento de CO₂ na atmosfera, que pode ser resultado da queima de combustíveis fósseis e práticas agrícolas.

Dessa maneira, o tratamento adequado dos resíduos orgânicos possibilita a devolução ao solo de uma parte do carbono que lhe foi subtraído (JIANG, 2019). Com isso, a adição de



matéria orgânica (MO) proveniente de resíduos agrícolas de origem animal ou vegetal pode trazer benefícios significativos ao meio ambiente, essa prática não só reduz a liberação de CO₂ na atmosfera, mas também contribui para a retenção de umidade, melhora a estrutura do solo, dificultando o processo de erosão, e enriquece o solo com macro e micronutrientes essenciais para o crescimento das plantas.

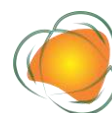
Para que se tenha um bom resultado, é importante que a MO presente nos resíduos vegetais seja devolvida ao solo de maneira estabilizada, com os macros e micronutrientes disponibilizados de maneira mais acessível para as plantas e microrganismos presentes no solo. Para isso, é necessário o desenvolvimento e/ou utilização de técnicas sustentáveis que promovam a estabilização adequada da MO antes de sua aplicação ao solo (DORES-SILVA, 2013). Uma vez que a utilização de matéria orgânica "crua" pode acarretar problemas para as plantas.

Por exemplo, microrganismos envolvidos na decomposição podem capturar o nitrogênio do solo, levando à deficiência desse nutriente nas plantas. Além disso, o aquecimento excessivo do solo pode resultar em danos às raízes e ao colo das plantas, causando queimaduras tanto pela temperatura quanto pela quantidade de nutrientes que ainda não foram estabilizados (FORMENTINI, 2019).

Uma alternativa que pode ajudar na estabilização da MO é a compostagem. A compostagem é um processo biológico que converte materiais orgânicos, como palha de arroz, café, dejetos animais, papel, podas de plantas, entre outros, em fertilizantes orgânicos prontos para serem utilizados na agricultura. Esse processo envolve transformações bioquímicas, conduzidas por uma variedade de microrganismos presentes no próprio material ou adicionados através de um pré-inóculo como EMs (VAN FAN, 2018) ou bokashi (LEW, 2021). Esses microrganismos se alimentam da matéria orgânica em seu estado natural, usando-a como fonte de energia, nutrientes minerais e carbono, resultando na mineralização de uma parte do material e na humificação de outra parte (DORES-SILVA, 2013).

Outra alternativa que auxilia na estabilização é a vermicompostagem onde através do processo de alimentação das minhocas e os microrganismos que habitam seu corpo o material é transformado em unidades menores e ricas em microrganismos assim fazendo com que o composto tenha o seu conteúdo de matéria orgânica humificada (ácido fúlvico, ácido húmico e humina), acrescido em 30% (DE SOUZA, 2018).

Assim, é importante entender que o material mais estabilizado funciona bem como condicionador do solo e libera nutrientes de forma mais gradual, alimentando aquele solo por

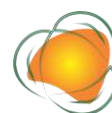


um longo período de tempo, e assim não podendo atender à expectativa dos que buscam a aplicação do vermicomposto apenas para o rápido fornecimento de nutrientes. Uma das diferenças, no processo de produção, entre compostagem convencional e vermicompostagem é a redução da espessura da pilha, a fim de evitar que sejam atingidas temperaturas acima de 35°C que inviabilizaria a sobrevivência das minhocas (HAIMI & HUHTA, 1986). Além disto, a vermicompostagem dispensa o revolvimento do material orgânico pois as próprias minhocas realizam esse processo enquanto elas se alimentam e se movem dentro do composto, fazendo túneis que permitem a aeração do material.

A maioria dos produtores de vermicomposto utiliza a espécie *Eisenia foetida*, conhecida vulgarmente como minhoca vermelha da Califórnia ou minhoca de esterco. Esta preferência deve-se a sua habilidade em converter resíduos orgânicos pouco decompostos em material estabilizado, extraordinária proliferação e rápido crescimento (RAMNARAIN, 2019.)

Sendo que minhocultura, também conhecida como vermicompostagem, teve início em expansão global durante a década de 70 e, a partir das décadas de 80 e 90, passou a ser objeto de estudos pela comunidade científica. A minhocultura apresenta diversas aplicações e pode ser facilmente adaptada tanto em ambientes rurais quanto urbanos, servindo a uma dupla função: produção de húmus e de minhocas. A comercialização desses produtos pode proporcionar uma fonte complementar de renda familiar e ao mesmo tempo contribuir para a reciclagem de resíduos que poluem o meio ambiente. Portanto devem ser observados, os aspectos gerais das características ecológicas das minhocas utilizadas na minhocultura, bem como os cuidados relacionados ao manejo dos resíduos orgânicos e ao preparo dos canteiros para a criação desses animais (DE AQUINO, 2009).

Por fim, o processo de compostagem e a ação das minhocas alteram, quantitativa e qualitativamente, a composição das substâncias húmicas dos materiais orgânicos. O material mais estabilizado, isto é, com carbono na forma humificada, apresenta como vantagens maior capacidade de troca de cátions, maior retenção de umidade e mineralização mais lenta (DEVI, 2023). Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar os processos de compostagem e vermicompostagem, bem como os tipos de insumos viáveis a serem utilizados, observando e analisando se há diferenças significativas entre os processos e seu impacto nas minhocas.



METODOLOGIA

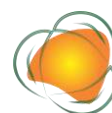
Foi feita a coleta de 487,5 L do capim elefante, no dia 24 de janeiro de 2023, nas proximidades da Universidade José do Rosário Vellano (Unifenas), sendo este processado por um triturador forrageiro, e então levado até uma das estufas da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) em sacos de ráfia. Utilizou-se 16,11 L de esterco bovino, sendo posteriormente peneirado e 4,92 L de torta de mamona, adquirida em uma casa agrícola.

Após preparo, o capim elefante e a torta de mamona foram misturados na proporção 487,5 L para 4,92 L respectivamente. Já o capim elefante e o esterco bovino foram misturados e utilizou-se a proporção de 487,5 L de capim para 16,11 L de esterco, sendo o capim medido com um balde de 32,5 L e os outros demais com uma proveta de 2 L. Após a mistura dos resíduos, os materiais foram dispostos em duas leiras, onde cada leira representou um tratamento: leira 1: Composto de mamona e capim elefante e leira 2: Composto de esterco bovino e capim elefante que foram colocadas lado a lado sobre uma lona para evitar contato direto com o solo.

Na estufa em que se foram montadas as leiras foi adicionado um termômetro que media a temperatura máxima e a mínima ambiente, juntamente com ele foi utilizado um termômetro de solo que aferiu a temperatura no interior de cada leira. Com esse material foi medido diariamente a temperatura do ambiente e a temperatura dentro das leiras, sendo avaliado a diferença de temperatura externa (interior da estufa) e interna (interior das leiras). Mantemos o monitoramento da temperatura diariamente. As leiras eram reviradas no final de cada semana para favorecer o arejamento e a proliferação de microrganismos aeróbios.

O nível de umidade foi regulado por avaliação física onde uma parte do composto que pudesse caber em uma mão era segurado e apertado, caso não caísse água significava que ele estava muito seco e precisava ser umedecido, caso caísse muita água significava que estava molhado em excesso, o ideal foi mantido apertando o material e saindo apenas algumas poucas gotas de água, avaliação está descrita nos manuais de compostagem da EMBRAPA. A umidificação era feita através da adição de água com a utilização de mangueira ligada a um registro presente no local da estufa. Esses procedimentos de análise da temperatura e umidade foram feitos por um período total de 60 dias. Após esse período de tempo o composto foi dividido onde uma parte permaneceria com o mesmo tratamento e outra parte seria levada para o processo de vermicompostagem.

Na vermicompostagem foi utilizado 60 L de cada composto dividido em 2 caixas de 30 L, totalizando 4 caixas de 30 L que comportavam os compostos separados. Dentro de cada



caixa foram adicionadas 500 g de minhocas em cada (4 kg de minhocas no total) e então esse composto foi coberto com papelão umedecido para fornecer um ambiente neutro para as minhocas e então se foi mantido nessas condições por 30 dias, também fazendo a manutenção da umidade e da temperatura.

No final desse período de 30 dias as minhocas foram removidas e pesadas novamente para avaliar se houveram perdas de indivíduos. Após um total de 90 dias de compostagem do material que ficou na estufa e de 60 dias de compostagem e de 30 de vermicompostagem do composto submetido ao processo das minhocas.

A espécie de minhoca utilizada foi a minhoca Californiana (*Eisenia foetida*) a qual foram criadas e multiplicadas dentro de um período de 6 meses antes do início do experimento. Estas foram alimentadas com resíduos orgânicos domésticos e 1 mês antes do processo de vermicompostagem elas receberam 500 g do composto para se adaptarem com o composto a qual elas seriam alimentadas no experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compostagem feita em leiras teve uma atividade microbiana intensa, resultando em um aumento rápido da temperatura no período inicial da compostagem (EMBRAPA, 2004). Esse aumento acabou ultrapassando 60°C durante os primeiros dias, indicando que no início a compostagem teve uma predominância de bactérias termófilas as quais têm a capacidade de sobreviver em ambientes que tenham temperaturas elevadas e assim esses organismos iniciaram o processo de compostagem do material. O aumento da temperatura é um ponto importante para a compostagem por possivelmente acabar eliminando pragas e doenças de plantas e ervas daninhas que possam estar presentes no composto (EMBRAPA, 2004), o aumento da temperatura-atingido também se mostrou capaz de eliminar parasitas e seus ovos (SÁ, 2017).



Figura 1. Dados comparados da variação de temperatura entre a compostagem de mamona e de esterco.



Figura 2. Dados comparados da variação das temperaturas mínima e máxima.

Ao observar os valores internos obtidos das leiras ultrapassaram a temperatura medida do ambiente, demonstrando que o aumento da mesma foi provindo das atividades quebra do composto por microrganismos (EMBRAPA, 2004), elevando a temperatura e mantendo a leira com uma temperatura elevada em relação ao ambiente durante os primeiros dias. Comparando posteriormente com os valores mínimos, podemos observar que após a fase termofílica podemos ver que as duas leiras mantêm um valor interno próximo dos 25°C. A temperatura constante entre os 25°C indica que a compostagem já está “curada”, já passou por um intenso processo de decomposição e então podendo ser considerado um substrato estabilizado. Nessa fase final da compostagem, o composto possui cheiro e cor similares a terra preta, tendo uma coloração escura e possuindo uniformidade em sua estrutura (CARVALHO, 2002).

Portanto a intensa atividade microbiana durante a primeira semana de compostagem resultou no aumento da temperatura superior a 60°C que, comparado à literatura, tem a capacidade de desnaturar as proteínas de parasitas e inativar seus ovos (HARROFF et al., 2019). Sendo o composto final é uniforme de aroma neutro que mantém uma temperatura estável. Estes dados valem tanto para a compostagem do esterco com capim elefante quanto para a compostagem torta de mamona com capim elefante, porém no composto de mamona era possível visualizar que ainda haviam algumas partes do composto com características próximas de quando foram iniciados (partes vegetais do capim podiam ser observadas). Em relação a vermicompostagem se teve uma diferença significativa entre o processamento do composto pelas minhocas. Sendo que, o realizado com esterco teve maior consumo e um aumento populacional significativamente, assim estava visivelmente mais degradado e com a

aparência de húmus de minhoca, tal como, esta população de vermes apresentou melhor saúde.

Por outro lado, na vermicompostagem com mamona, houve uma fuga significativa das minhocas durante a maior parte do processo e um volume final das mesmas inferior ao inicial. Esta população tinha uma aparência mais letárgica, se mexiam mais lentamente e eram menores comparadas a da caixa com esterco. Sendo que, devido a menor atividade das minhocas a aparência do composto era também menos decomposta e mais compactada.

Esta reação nas minhocas provavelmente foi causada pela presença de ricina na torta de mamona usada. Sendo esta uma lectina, que impede a síntese proteica celular, assim causando a morte celular e em maiores quantidades a falência de tecidos e órgãos (YU, 2022), causando assim a morte das minhocas. O objetivo do trabalho não teve a intenção de medir a presença de ricina e seus efeitos nas minhocas, estudos mais aprofundados sobre o tema precisam ser feitos para confirmar a hipótese. Outras possibilidades são a menor degradação do composto e a menor retenção de água do mesmo, situações que criam condições inóspitas que causaram stress à população, resultando na fuga e morte.

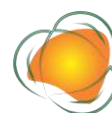
Existe também uma alta taxa de degradação da matéria orgânica devido a excreção de enzimas das minhocas, assim tornando a matéria orgânica mais estável (ZAZOULI et al., 2021).

Esses resultados destacam a importância de selecionar cuidadosamente os materiais e manejar adequadamente o processo de vermicompostagem para obter produtos de alta qualidade.

CONCLUSÕES

Na vermicompostagem com esterco, houve um consumo maior do composto e um aumento na população de minhocas. Por outro lado, na vermicompostagem com mamona, houve uma fuga significativa das minhocas e um volume final das mesmas foi inferior ao inicial, ocorrendo também uma visível diferença na saúde das populações, onde as que se alimentaram do composto de mamona estavam mais debilitadas. Esses resultados destacam a importância de selecionar cuidadosamente os materiais e manejar adequadamente o processo de vermicompostagem para obter produto que não seja prejudicial tanto para as plantas quanto para os animais.

Com esses dados podemos afirmar que a utilização do esterco compostado é um bom material para ser levado para as minhocas, assim tendo uma melhor humificação do material.



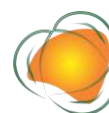
A torta de mamona compostada se provou prejudicial às minhocas, provocando uma grande mortalidade, assim esse composto não é recomendado para ser usado no processo de vermicompostagem. A compostagem dos dois materiais é viável e de fácil manutenção, podendo ambos serem feitos com baixa mão de obra e baixo esforço, também sendo uma boa saída para o descarte de resíduos orgânicos tanto animal quanto vegetal.

AGRADECIMENTOS

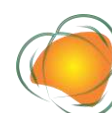
Agradeço sinceramente ao Thiago Corrêa de Souza, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por seu apoio e contribuição essenciais para a realização deste projeto. Também estendo meus agradecimentos a todos os envolvidos na produção deste projeto, cuja dedicação, esforço e colaboração foram fundamentais para o seu sucesso. Sem a participação e comprometimento de cada um, não teríamos alcançado nossos objetivos. Obrigado a todos por fazerem parte desta jornada de aprendizado e pesquisa.

REFERÊNCIAS

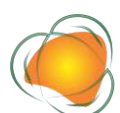
- BOWMAN, D. D.; LIOTTA, J. L.; MCINTOSH, M.; LUCIO-FORSTER, A. *Ascaris suum* Egg Inactivation and Destruction by the Vermicomposting Worm, *Eisenia foetida*. Water Environment Federation, v.2, p.11–18, 2006.
- CARVALHO, P.C.T; GUERRA, M.A.D.S.L. Compostagem. TSUTIYA, M.T.; CAMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANOL, I, p.181-208, 2002.
- DEVI, J. et al. Earthworm stocking density regulates microbial community structure and fatty acid profiles during vermicomposting of lignocellulosic waste: Unraveling the microbe-metal and mineralization-humification interactions. *Bioresource Technology*, v.367, e128305, 2023.
- DE AQUINO, A. M. Vermicompostagem. Embrapa Agrobiologia, Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores, Nova Friburgo, Rio de Janeiro. 2009.
- DE AQUINO, A. M.; DE ALMEIDA, D. L.; DA SILVA, V. F. Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem. 1992.
- DE SOUZA ALMEIDA, L. L. Qualidade da matéria orgânica do solo e estoques de carbono e nitrogênio em sistemas integrados de produção no norte de Minas Gerais. 2018.
- DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. de O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. *Química Nova*, v.36, p.640-645, 2013.



- FORMENTINI, E. A. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. 2019.
- HARROFF, L. A.; LIOTTA, J. L.; BOWMAN, D. D.; ANGENENT, L. T. Current time-temperature relationships for thermal inactivation of *Ascaris* eggs at mesophilic temperatures are too conservative and may hamper development of simple, but effective sanitation. *Water Research X*, v.5, n.1, 2019.
- JACKSON, L. S.; TOLLESON, W. H.; CHIRTE, S. J. Thermal inactivation of ricin using infant formula as a food matrix. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.54, n.9, p.7300-7304, 2006.
- JIANG, Y. et al. Carbon dioxide and organic waste valorization by microbial electrosynthesis and electro-fermentation. *Water Research*, v.149, p.42-55, 2019.
- KRYSTOSIK, A. et al. Solid wastes provide breeding sites, burrows, and food for biological disease vectors, and urban zoonotic reservoirs: a call to action for solutions-based research. *Frontiers in Public Health*, v.7, p.405, 2020.
- LEW, P. S. et al. Optimization of bokashi-composting process using effective microorganisms-1 in smart composting bin. *Sensors*, v.21, n.8, p.2847, 2021.
- OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. 2004.
- ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. de; ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.764-772, 2007.
- RAMNARAIN, Y. I.; ANSARI, A. A.; ORI, L. Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v.8, p.23-36, 2019.
- SÁ, M. F. de. et al. Parasitos em dejetos suínos após compostagem automatizada para uso no plantio de rúcula. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 2017.
- VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de zootecnia*, v.58, n.224, p.59-85, 2009.
- VAN FAN, Y. et al. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management*, v.216, p.41-48, 2018.
- YU, H.; LI, S.; XU, N.; LIU, W. Ricin toxin and its neutralizing antibodies: A review. *Toxicon*, v.214, p.47-53, 2022.
- ZAZOULI, M. A.; HEZARJARIBI, H. Z.; CHARATI, J. Y.; AHMADNEZHAD, A.; MAHVI, A. H.; ASGHARNIA, H. Investigating the effects of vermicomposting process using *Eisenia Fetida*



earthworms on the reduction of parasites population. Journal of Environmental Health Science and Engineering, v.19, 2021.



METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS DO SOLO PARA CLASSIFICAÇÃO POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Jô Vinícius Barrozo Chaves¹
Claudia Liliana Gutierrez Rosas²
Admilson Irio Ribeiro³
Antonio Cesar Germano Martins⁴

¹Doutorando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Instituto de Ciência e Tecnologia - Campus de Sorocaba Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, jo.chaves@unesp.br

²Doutorando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Instituto de Ciência e Tecnologia - Câmpus de Sorocaba, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, claudia.gutierrez-rosas@unesp.br

³Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Instituto de Ciência e Tecnologia - Câmpus de Sorocaba. admilson.irio@unesp.br

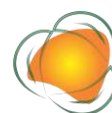
⁴Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Instituto de Ciência e Tecnologia - Câmpus de Sorocaba. antonio.martins@unesp.br

111

INTRODUÇÃO

Na situação atual onde 40% das terras do planeta estão degradadas (ONU, 2022), nos últimos anos, tem havido um aumento nas pesquisas voltadas para a aplicação de Inteligência Artificial e outras tecnologias ao recurso solo, seja com objetivos agrícolas dentro do conceito de Agricultura de Precisão ou com objetivos de conservação dentro do conceito de Conservação de Precisão.

Em ambos escopos descritos acima, foram realizadas pesquisas sobre a aplicação de técnicas de inteligência artificial na análise de solos usando bancos de dados inicialmente numéricos e ultimamente utilizando mais imagens digitais (satélite, drone aéreo e câmera). Alguns trabalhos foram desenvolvidos com variáveis e parâmetros do solo como, umidade, porosidade, classificação de agregados, cor, matéria orgânica, textura e condições do solo relacionadas a conservação e às mudanças climáticas (AZIZI et al., 2020; RIBEIRO et al., 2020; ROSAS, et al., 2021; EFIM et al., 2021; GUANSHI et al., 2023, KAZEMI et al., 2023).



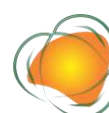
Com relação à cor do solo, têm-se uma característica que pode ser facilmente observada e que é um importante indicador da qualidade do solo porque é uma medida indireta de outras propriedades mais úteis que não são avaliadas com tanta facilidade e precisão como a matéria orgânica. Seu estudo tradicional é feito pelo método das tabelas Munsell (uma coleção de cartelas contendo 170 tonalidades padronizadas), enquanto que, em termos de inteligência artificial, a cor é usada principalmente como um descritor para analisar o teor de umidade e matéria orgânica (ALI AL-NAJI et al., 2021; INIK et al., 2023). O estudo de solos por meio de imagens digitais e inteligência artificial têm seus desafios, incluindo a forma, a quantidade e a qualidade das imagens, o grau de subjetividade nos protocolos de processamento de imagens e a exigência de um treinamento (SCHLÜTER et al., 2020). No entanto, uma vantagem ou diferencial dos métodos de avaliação do solo por imagem é que o solo não sofre alterações físicas, químicas ou biológicas em comparação com a análise laboratorial tradicional (PADARIAN et al., 2019).

Portanto, na criação da base de dados, a coleta e a aquisição de imagens digitais do solo é a primeira etapa essencial. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia de obtenção de imagens digitais da cor do solo por meio de uma câmera de telefone celular, realizadas com os recursos disponíveis e de baixo custo, onde a verificação da qualidade será a primeira etapa antes de gerar a quantidade necessária para treinar uma rede neural artificial.

112

METODOLOGIA

As amostras de solo foram coletadas no estado de São Paulo, na cidade de Sorocaba, nos bairros de Vila Haro, Vila Santa Tereza, Jardim Moncayo, Jardim Gramados de Sorocaba e Parque Três Meninos. A Figura 1 ilustra os pontos de coleta das amostras de solo por classe.



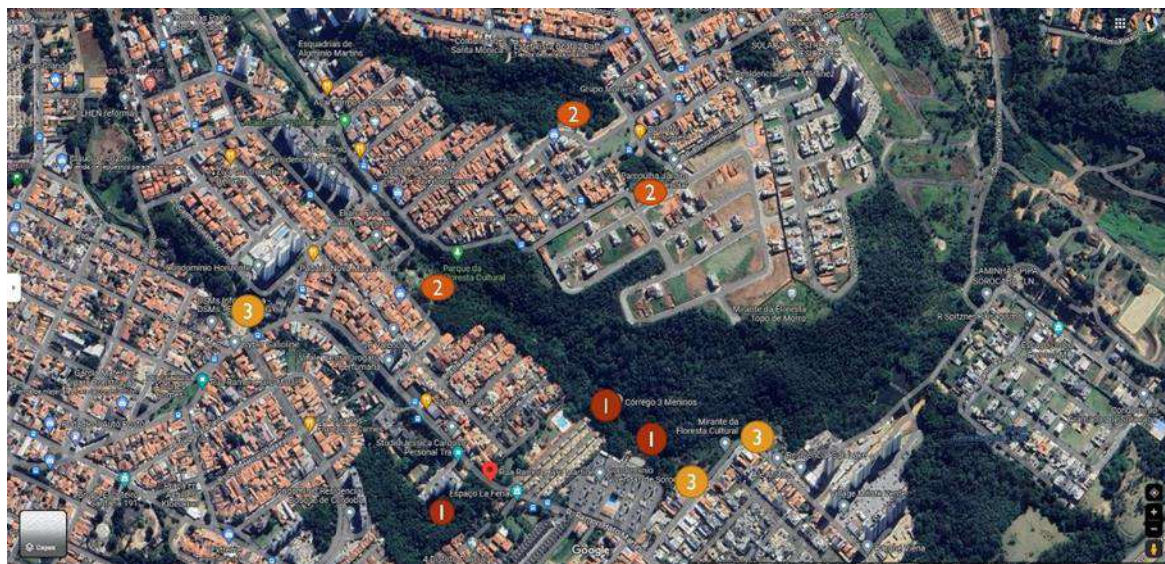


Figura 1. Localização de pontos de coleta de amostras de solo Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

A classe 1 representa um solo preto ou marrom-escuro rico em matéria orgânica devido ser uma floresta muito pouco perturbada com vegetação nativa (Áreas de Preservação Permanente). Já na classe 2, o solo caracteriza-se como marrom avermelhado e claro, sendo um solo de parques urbanos e áreas perturbadas com vegetação introduzida. Para a classe 3 solo apresenta tonalidades cinza amarelado claro e representando solos degradados, sem vegetação, próximo a estradas e áreas onde são depositados resíduos de construção.

As amostras de solo foram coletadas nos meses de abril e maio, durante a estação seca, a fim de evitar a influência da água (chuva) na cor do solo ao mesmo tempo para evitar a influência da umidade da manhã, as amostras foram coletadas entre 10:00 e 12:00 horas. O solo foi coletado até aproximadamente 10 cm de profundidade (horizonte 0-A) com o auxílio de uma pá e foi utilizado um ancinho para remover a serrapilheira presente.



Figura 2. Colheita de amostras de solo.

As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, etiquetadas e transferidas para uma área de tratamento de amostras.

Para o processo de preparação das amostras, foram usados: uma peneira de 2 mm, um recipiente fundo e uma placa de Petri. Para a aquisição das imagens, foram usados um suporte para celular, uma câmera de celular (iphone 11-Modelo MHDA3BR/A), um fundo off-white e uma fonte de luz indireta (luz natural entre 9:00-14:00).

Para o obter os histogramas das imagens, foi utilizado um notebook (Intel(R) Core (TM) i5-8265U), armazenamento no Google Drive e a ferramenta de processamento de imagens Octave.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3a mostra uma imagem do solo capturada sob luz natural direta (in situ), sem peneiramento prévio e sem um recipiente. O problema visível com essa forma de aquisição de imagens é a falta de controle da luz solar, da cobertura de nuvens, da sombra das árvores, da sombra gerada por agregados maiores, da presença de um grande número de raízes, restos de serrapilheira e resíduos. Enquanto na figura 3b a imagem resultante foi obtida com luz

indireta (ex situ) e previamente peneirada, sendo possível observar uma imagem com menos brilho, mais uniforme e cor mais próxima da cor real do solo.

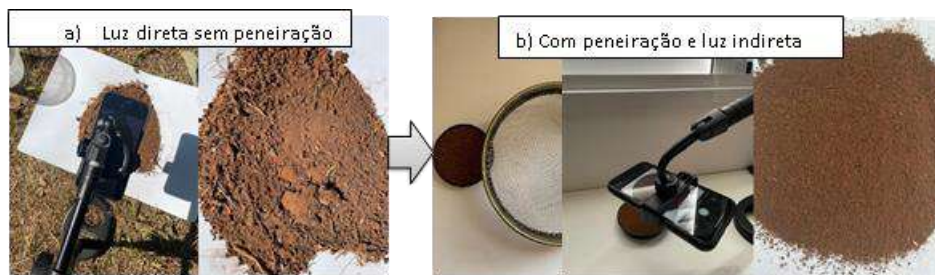


Figura 3. Imagens com luz direta e sem peneiração e com luz indireta com peneiração.

Mesmo se o objetivo for estudar o solo em condições naturais, é necessário fazer alguns ajustes para garantir a qualidade da imagem, de modo que a imagem capturada seja a mais próxima possível da amostra original do solo (cor). A peneiração do solo e o uso de luz indireta foi um processo importante para reduzir as sombras na imagem e obter a cor correspondente à amostra original do solo. Assim, avaliando o histograma de uma imagem bem equilibrada em termos de contraste e distribuição de tons, espera-se ver uma distribuição uniforme dos níveis de intensidade em toda a faixa disponível (QUEIROZ & GOMES, 2006). O pico do histograma deve estar no centro, indicando uma distribuição equilibrada de tons escuros e claros na imagem. Sob esse conceito, é possível observar uma diferença nos histogramas da região central (recorte) da imagem original da Figura 4a e da Figura 4b. Das duas imagens, a imagem mais equilibrada é a Figura 4b.

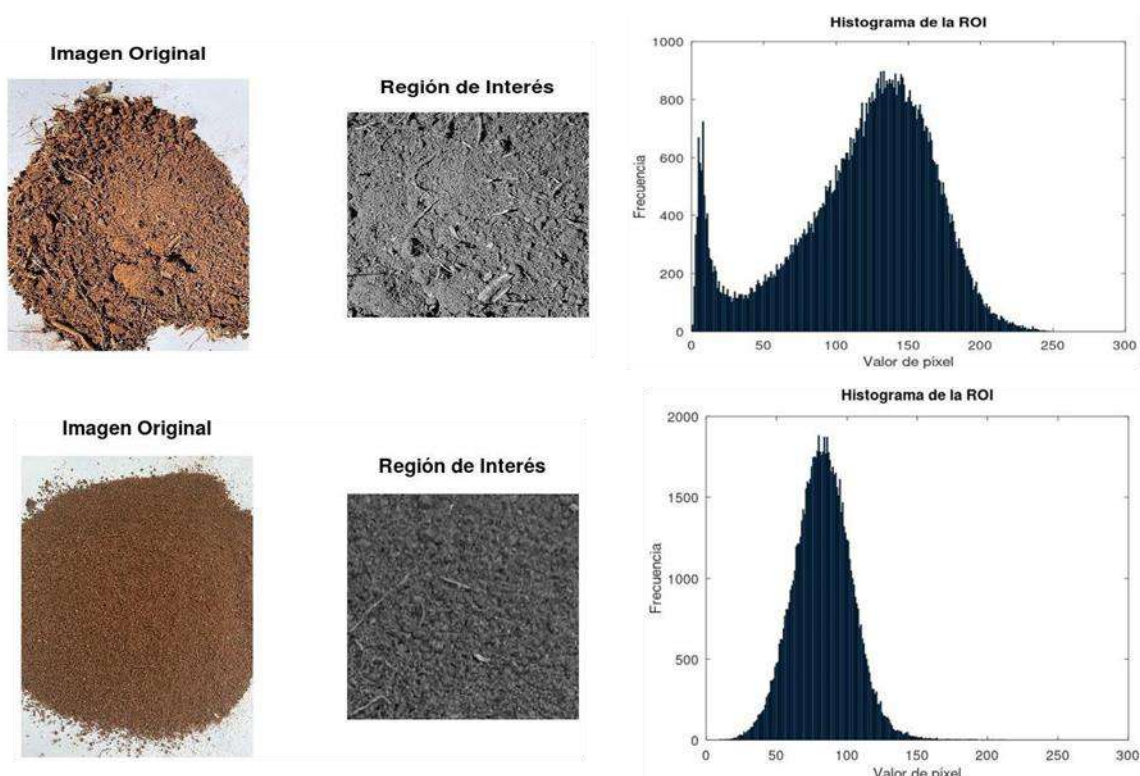


Figura 4. Histogramas de distribuição de pixels, a) uma imagem de solo sem peneiração sob luz direta e b) uma imagem de solo com peneiração sob luz indireta.

116

Quando se corta a região central de uma imagem, elimina-se o efeito de borda, porém, se a imagem for capturada sem colocá-la em um recipiente (Figura 5a), é possível se ver alguns desníveis, gerando áreas mais escuras e outras mais claras (Figura 6 ROI 3 e ROI 4). Entretanto, se a amostra de solo for capturada em um recipiente (Figura 5b), o desnível será reduzido.



Figura 5. Captura de imagens com e sem recipiente, a) uma imagem do solo sem recipiente e b) uma imagem do solo com recipiente.

Nas Figuras 6 e 7, são mostradas 4 regiões de interesse (imagens cortadas da imagem original) para cada uma das imagens sem recipiente e com recipiente, respectivamente. Os 4 histogramas da imagem sem recipiente mostram uma diferença maior entre eles em comparação com os 4 histogramas da imagem com recipiente, que tendem a ter distribuições semelhantes de níveis de cinza. Isso mostra que a captura da amostra de solo colocada em um contêiner permitirá a obtenção de uma imagem mais uniforme e de melhor qualidade.

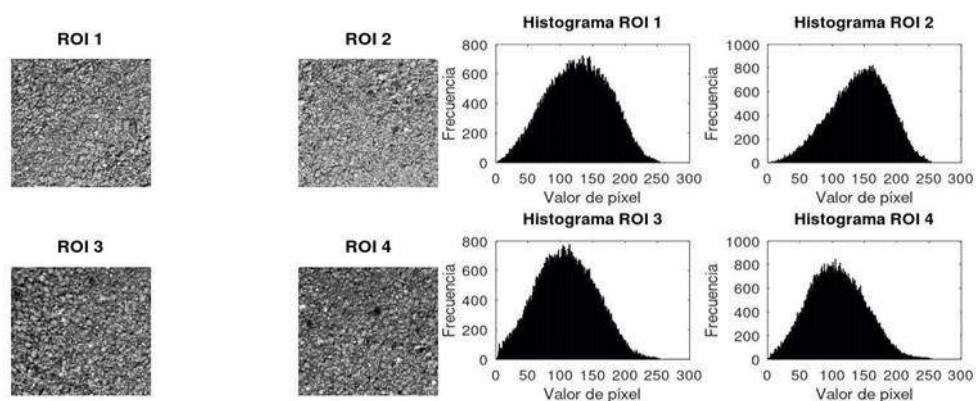


Figura 6. Quatro regiões de interesse da imagem (em tons de cinza) sem recipiente e seus respectivos histogramas.

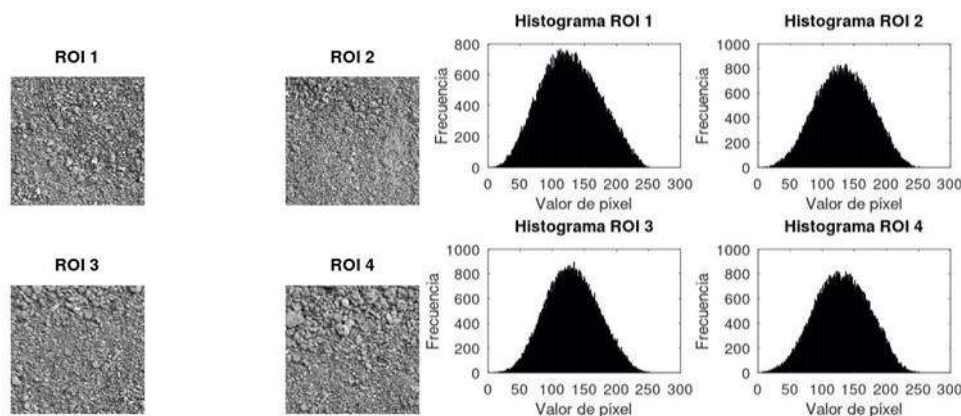


Figura 7. Quatro regiões de interesse da imagem (em tons de cinza) com recipiente e seus respectivos histogramas.

Dependendo do objetivo do estudo, diferentes níveis de peneiramento podem ser implementados; no entanto, é importante selecionar a luz certa para destacar o que se deseja estudar. Na Figura 8, pode-se observar três pares de amostras com iluminação diferente (quente ou neutra) e fundo (branco puro, azul e off-white). As Figuras 8a e 8b são imagens de solo com diferentes exposições à luz natural com fundo branco puro. As Figuras 8c e 8d são de imagens com fundo azul, fonte de luz quente direta e luz neutra, respectivamente, enquanto as

Figuras 8e e 8f são imagens com recipiente, fundo off-white, luz indireta do entardecer (luz cálida/pôr do sol) e luz indireta da manhã (luz mais neutra).



Figura 8. Imagens do solo com diferentes tratamentos, fonte de luz e fundo.

Han et al. (2016), indicam que é difícil controlar a luz ambiente e os parâmetros do equipamento de visão. Também as diferenças no hardware do telefone celular poderiam afetar a estabilidade e a precisão dos resultados finais da imagem. Por outro lado, a umidade nas amostras pode fazer com que a cor escureça gerando resultados diferentes, sendo assim importante realizar novos estudos e comparações com amostragem de solo em tempo úmido.

Outro fator importante é definir a altura ideal da captura da imagem, sendo importante que o ponto principal de interesse ocupe o máximo de espaço possível na foto, evitando o zoom digital para não perder a qualidade da imagem. As Figuras 9a e 9b mostram a imagem vertical 4:3 em diferentes distâncias de captura, e a Figura 9c mostra uma imagem quadrada 1:1, na qual a amostra de solo pode ser melhor observada e ocupa o maior número de pixels na imagem, o que permite se obter subamostras de boa qualidade visual para implementar o banco de dados (Figura 10).

118

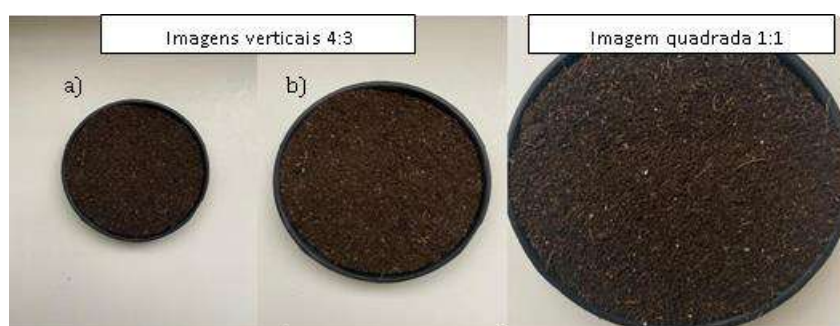


Figura 9. Três capturas de imagens do solo em diferentes distâncias e formatos.

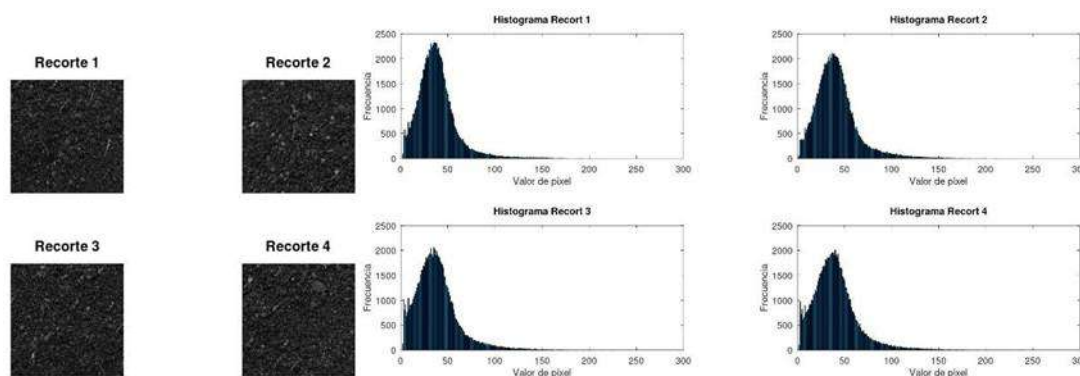


Figura 10. Quatro recortes da imagem original sem recipiente e seus respectivos histogramas.

É importante que as imagens permitam implementar técnicas de aumento de dados, porque as técnicas de aprendizado de máquina eficazes e com bom desempenho geralmente requerem boas e grandes quantidades de dados para treinamento (LÓPEZ-SÁNCHEZ, 2022). Ter um bom banco de dados (qualidade e quantidade) de acordo com os objetivos da pesquisa permite seguir para a próxima etapa, que é usar a inteligência artificial, como, por exemplo, as redes neurais artificiais que mostram excelente desempenho em tarefas como classificação de imagens, detecção de objetos, segmentação semântica e reconhecimento facial (AL-NAJI et al., 2021).

119

Este processo de geração de imagens do solo (banco de dados) ainda é uma linha de partida que pode ser adaptada, aprimorada ou variada de acordo com as questões de interesse, e é importante desenvolver ainda mais essa linha de pesquisa, pois é sabido que o solo é o recurso básico para a agricultura (KUMAR et al., 2023). onde todo desenvolvimento tecnológico beneficia a segurança alimentar da população e, portanto, o estudo e a otimização da análise do solo e suas diferentes propriedades são extremamente importantes, pois o maior problema hoje é que os métodos tradicionais são muito trabalhosos, caros e demorados (INIK et al., 2023).

CONCLUSÕES

Inicialmente, as imagens de solos eram capturadas em condições tão reais e naturais que fossem possíveis; no entanto, percebeu-se que, para facilitar a aplicação de métodos de inteligência artificial, algumas etapas básicas e fáceis deveriam ser executadas primeiro. Assim, foi importante desenvolver essa metodologia de obtenção de imagens do solo e verificar sua qualidade segundo o objetivo, pois o processo de elaboração do conjunto de dados (banco de dados) é crucial para garantir a qualidade e a quantidade de imagens a serem

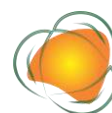
fornecidas à uma rede neural artificial de forma a facilitar a sua implementação e melhorar seu desempenho.

AGRADECIMENTOS

À CAPES – DS, edital 01/03/2023, termo 28/02/2026.

REFERÊNCIAS

- ALI, A.; AHMED, B. F.; SADIK, K. G.; JAVAAN, C. Soil color analysis based on a RGB camera and an artificial neural network towards smart irrigation: A pilot study. *Heliyon*, v.7. n.1, 2021.
- BUCCI, G.; BENTIVOGLIO, D.; FINCO, A. Agricultura de precisão como impulsionadora de sistemas agrícolas sustentáveis: estado da arte na literatura e pesquisa. *Calitatea*, v.19, n.1, p.114-121, 2018.
- DE QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. Introdução ao processamento digital de imagens. *Rita*, v.13, n.2, p.11-42, 2006.
- EFIM, V.; LAVRUKHIN, K. M.; GERKE, KONSTANTIN A. R.; KONSTANTIN, N. A.; MARINA, V. K. Assessing the fidelity of neural network-based segmentation of soil XCT images based on pore-scale modelling of saturated flow properties. *Soil and Tillage Research*, v. 209, 2021.
- GUANSHI, L.; SHENGKUI, T.; GUOFANG, X.; CHENGCHENG, Z.; MINGXUAN. Research, Volume of effective color information and machine learning for rapid prediction of soil water content, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2023.
- HAN, P.; DONG, D.; ZHAO, X.; JIAO, L.; LANG, Y. A smartphone-based soil color sensor: For soil type classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.123, p.232–241, 2016.
- İNİK, O.; İNİK, Ö.; ÖZTAŞ, T.; DEMİR, Y.; YÜKSEL, A. Prediction of Soil Organic Matter with Deep Learning. *Arab. J. Sci. Eng.* 2023.
- KAZEMI, G. M.; SALMANI, B.; ZARE, N. S.; VALIPOORI, G. I. H.; KHASRAEI, A. An integrated approach of remote sensing and geospatial analysis for modeling and predicting the impacts of climate change on food security. *Scientific Reports*, v.13, n.1, 2023.
- KUMAR, A.; KAUR, J. Soil Classification Using Machine Learning, Deep Learning, and Computer Vision: A Review. *Lect Notes Electr. Eng.*, 1001, p. 323-335, 2023.
- LÓPEZ-SÁNCHEZ, M. Introducción a los sistemas de reconocimiento facial utilizando Deep learning. 2022.
- PADARIAN, J.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Using deep learning for digital soil mapping, *soil*, v.5, p.79-89, 2019.

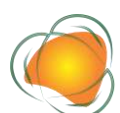


QUEIROZ, J.; GOMES, H. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. RITA, v.13, p.11-42, 2006.

ROSAS, C. L. G.; RIBEIRO, A. Í.; TEJADA-BEGAZO, M. Morphometric classification of soil aggregates using deep learning within the concept of precision agriculture. International Journal of Development Research, v.11, n.9, p.49932-49938, 2021.

RIBEIRO, A. Í.; PECHE FILHO, A.; ROSAS, C. L. G.; ALBIERO, D.; FENGLER, F. H.; MEDEIROS, G. A. D.; LONGO, R. M. Precision conservation: from visual analysis of soil aggregates to the use of neural networks. Revista Ciência Agronômica, v.51, 2021.

SCHLÜTER S.; SAMMARTINO S.; KOESTEL J. Exploring the relationship between soil structure and soil functions via pore-scale imaging, Geoderma, v.370, 2020.



DISTRIBUIÇÃO DO NDVI E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE FRUTAL-MG UTILIZANDO MODELAGEM DIGITAL

Vinicius Garcia Batista¹

Fabício Júnior Martins Assunção²

João Alberto Fischer Filho³

Daniela Fernanda da Silva Fuzzo⁴

¹Graduando do curso de Engenharia Agrônômica – UEMG, Universidade do Estado de Minas Gerais – unidade Frutal, vinicius.1094384@discente.uemg.br

²Graduando do curso de Engenharia Agrônômica – UEMG, Universidade do Estado de Minas Gerais – unidade Frutal, fabricao.1093914@discente.uemg.br

³Prof. Dr. UEMG -Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, joao.fischer@uemg.br

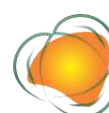
⁴Prof^ª. Dr^ª. UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, daniela.fuzzo@uemg.br

122

INTRODUÇÃO

Com o avanço da agricultura em territórios brasileiros tornou-se fundamental ocorrer o desenvolvimento em métodos tecnológicos, um desses métodos que possui lugar de importância é o de instrumentos de aquisição e processamento de dados espaciais, onde é possível quantificar e identificar objetos e fenômenos que ocorre na superfície terrestre. A vegetação é um elemento fundamental para determinar as mudanças climáticas, assim as várias mudanças relacionadas ao uso da terra podem ocasionar alterações no albedo da superfície, modificando o balanço de radiação e energia superficial (CALLEJAS, 2011).

A temperatura da superfície é um dos parâmetros que é fundamental para diversos modelos ambientais com uma maior importância para aqueles relacionados à transferência de energia e matéria na interface da superfície atmosférica (SOUZA & SILVA, 2005). Essa temperatura em grande parte está relacionada com a diversificação do uso do solo, onde a sua interação gera condições diversificadas de balanço de energia, lugares que apresentam altas temperaturas causam um grande impacto negativo, gerando um desconforto térmico, e até mesmo redução da produtividade (ZANDER, 2015; STERN, 2013; TAMM, 2014). Basicamente, regiões com alta densidade de cobertura vegetal canalizam boa parte da energia solar



incidente para o processo de evapotranspiração, promovendo assim um grande efeito termohidrorregulador no ambiente (BIUDES, 2015).

Índices de vegetação (IVs) são medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa à atividade da vegetação verde, incluindo o índice de área foliar (IAF), percentual de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa absorvida (IAPAR) (JENSEN, 2009). Um desses índices é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) importante indicador para análise da cobertura de vegetação em análises multitemporais e tem como propósito diagnosticar as mudanças na cobertura da vegetação, sejam elas naturais ou provocadas por ações antrópicas.

Desse modo mudanças na vegetação são um dos grandes causadores de diferentes impactos ambientais de ordem social/econômica. Para dimensionar esses efeitos o uso de novas tecnologias tem apresentado grandes perspectivas, como é o caso que podemos destacar o uso do Google Engine (GEE), plataforma essa baseada em nuvem para o processamento computacional de dados geoespaciais de grande escala, a plataforma faz a utilização de um catálogo de satélites como Landsat e MODIS.

Objetiva-se com o presente trabalho analisar o índice de vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e verificar o comportamento da temperatura superficial terrestre para o município de Frutal – MG, utilizando a plataforma online Google Earth Engine, (GEE) para o ano de 2021.

123

METODOLOGIA

O primeiro passo ocorrido foi a delimitação da área de estudo, que é o município de Frutal, localizado entre as coordenadas geográficas 20°01'29"S e 48°56'26"O possuindo uma área de 2.426,965 km², e está presente no estado de Minas Gerais, especificamente no triângulo mineiro.

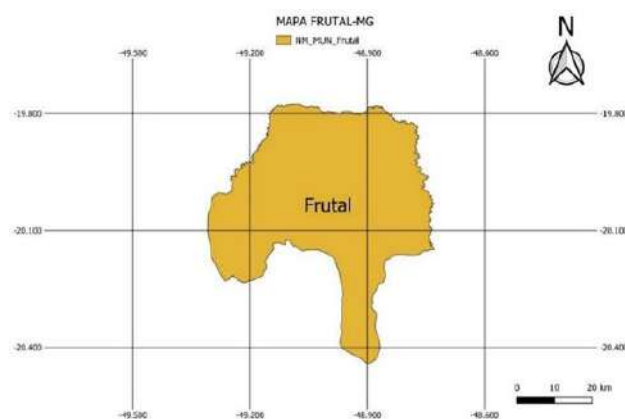
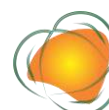
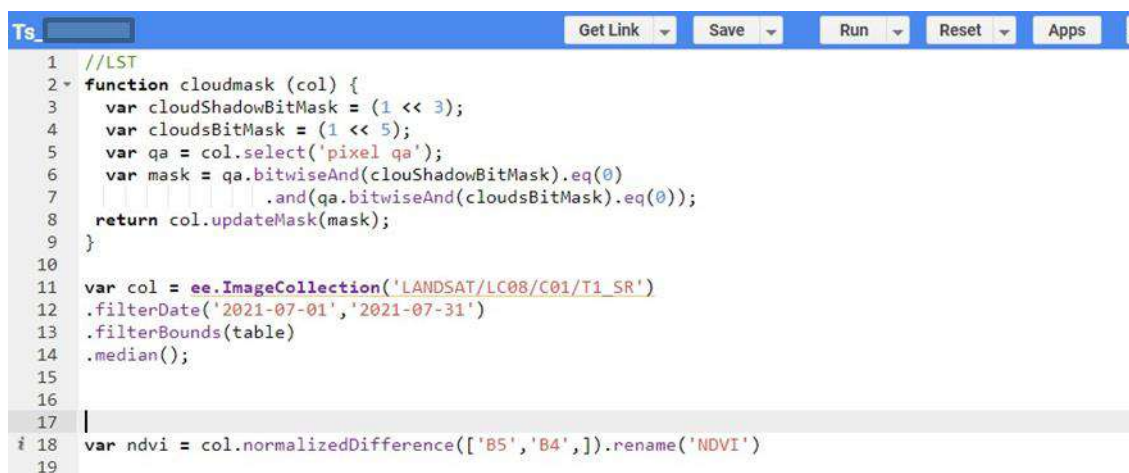


Figura 1. Localização da área de estudo



Feito a delimitação da área de estudo o passo seguinte foi a aquisição das imagens orbitais onde foram utilizados os produtos do satélite Landsat 8/OLI por apresentar boas resoluções e disponibilidade gratuita dos dados. Para a definição das datas a serem utilizadas optou-se pelo ano de 2021 onde foram selecionadas os meses de fevereiro e julho respectivamente, afim de verificar as diferenças que ocorrem devido as mudanças das estações, as imagens utilizadas foram tratadas e disponibilizadas com resolução espectral de 30 metros e resolução temporal de 16 dias.

As matrizes do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram obtidas através de processamento das bandas 4 e 5 do satélite Landsat 8 e as imagens necessárias para determinar os valores de LST foram utilizados os sensores TIRS do Landsat8 (Thermal Infrared Sensor), por apresentarem a mesmas resoluções, sendo feita correção da Banda 10 para Irradiância espectral no Topo da Atmosfera (TOA), por meio da biblioteca virtual do GEE. O processamento das imagens ocorreu através de linguagem computacional Java Script na plataforma online do Google Earth Engine. Os dados são agrupados em coleções e disponibilizados aos usuários. A coleção utilizada foi LANDSAT/LC08/C01/T1_SR, na Figura 2 é apresentado um trecho do script desenvolvido e fornecido pelo GEE.



```

1 //LST
2 function cloudmask (col) {
3   var cloudShadowBitMask = (1 << 3);
4   var cloudsBitMask = (1 << 5);
5   var qa = col.select('pixel_qa');
6   var mask = qa.bitwiseAnd(cloudShadowBitMask).eq(0)
7             .and(qa.bitwiseAnd(cloudsBitMask).eq(0));
8   return col.updateMask(mask);
9 }
10
11 var col = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
12   .filterDate('2021-07-01', '2021-07-31')
13   .filterBounds(table)
14   .median();
15
16
17
18 var ndvi = col.normalizedDifference(['B5', 'B4',]).rename('NDVI')
19

```

Figura 2. Script utilizado para gerar o mapa de temperatura de superfície. Fonte: GEE (2020).

Foram utilizadas as bandas espectrais 5 e 4, para os cálculos do NDVI, seguiu a equação proposta por Rouse (1973). Este índice apresenta uma variação entre -1 e 1 em que os valores positivos e mais próximos de 1 constituem superfícies verdes com maior vigor, enquanto que os valores negativos equivalem a água ou nuvens. Solos expostos e rochas refletem na faixa do vermelho e infravermelho próximo quase na mesma proporção, consequentemente o NDVI se aproxima de 0. Sua equação é apresentada a seguir:

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V) \quad (1)$$

Onde: NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada IVP: Infravermelho Próximo
V: Vermelho.

Para obtenção da Temperatura de superfície, foram utilizadas imagens do satélite Landsat8/OLI/TIRS, baseado na proposta de Jesus e Santana (2017), a seguir:

$$LST = T/1 + W * (T/P) * \ln(e) \quad (2)$$

Onde: T = At temperatura do satélite; W = Comprimento de onda da radiação emitida (11.5µm); p = h*C/S (1.438*10⁻²mk); h = Constante de Planck (6.626*10⁻³⁴J.s); C = velocidade da luz (2.998 *10⁸ m/s); s = constante de Boltzmann (1.38*10⁻²³J/K); p = 14380.

Para usar a equação final do LST (Land Surface Temperature), é necessário obter os outros parâmetros que são adquiridos a partir das seguintes equações, onde é necessário estimar a temperatura de brilho do satélite por meio da equação 3:

125

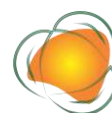
$$T = K2 / \ln (k1/L\lambda + 1) - 273.15 \quad (3)$$

Onde: T= At – Temperatura de brilho do satélite em Kelvin (K); Lλ = radiação espectral TOA (watts/(m²*ster*µm)); K1 = Banda constante de conversão térmica (banda, 10 ou 11); K2 = Banda constante de conversão térmica (número da banda, 10 ou 11); - 273,15 = Conversão de Kelvin para graus Celsius;

No entanto, para calcular T, é necessário realizar a conversão do número digital valores de cada pixel para a radiação espectral, que é dado pela equação 4:

$$L\lambda = ML * Qcal + Al \quad (4)$$

Onde: Lλ = Radiação espectral TOA (watts/ (m² *ster*µm)); ML = Reescalamento multiplicativo específico de banda fator da meta (banda 10 ou 11); AL = Fator de



reescalamento aditivo específico da banda dos metadados (banda 10 ou 11); Qcal = Valores de pixel de produto padrão quantizados e calibrados (DN).

O valor "e" (o último componente da equação LST), que se refere a emissividade da cobertura da superfície terrestre, apresentado na equação 5, baseada no estudo de (SURESH, 2016) e proposto inicialmente por (SOBRINO, 2004):

$$e = 0.004 * Pv + 0.986 \quad (5)$$

Onde: e = emissividade da superfície terrestre do NDVI; Pv = Proporção de vegetação, obtida pela seguinte equação 6:

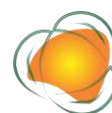
$$Pv = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad (6)$$

Onde: Pv = Proporção de vegetação; NDVI min = valor mínimo do NDVI; NDVI max = valor máximo do NDVI.

A etapa de processamento dos dados ocorreu através da plataforma online GEE. Com intuito de enriquecer os dados foram obtidas imagens RGB do ano de 2021, os resultados obtidos em formato raster (dados matriciais) gerados na plataforma do GEE foram posteriormente exportados para o Software QGIS, versão 3.16, para fins de elaboração do layout dos mapas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral os menores valores do índice de vegetação NDVI se encontram representados pela presença de solo exposto ou baixo recobrimento vegetal e pela existência da zona urbana do município (Figuras 3B, 3E). A diminuição de áreas verdes se aumenta com o passar dos anos devido ao desenvolvimento urbano exacerbado das cidades, cada vez mais complexas e devido o número crescente de modificações no ambiente, com diminuição das áreas vegetadas. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), por exemplo, é empregue para destacar e caracterizar a vegetação, assim apresenta potencial para monitorar variáveis ambientais, como a desertificação (TUCKER, 1991), o uso e ocupação do solo (JONES, 1997) e os efeitos do aumento da temperatura (MYNENI, 1997; BEZERRA, 2014).



Na zona urbana os menores valores de NDVI, consequentemente representa maiores valores de LST, do município julga-se que o valor esteja associado a presença de grandes áreas impermeabilizadas, resultando assim em valores próximos a 0 para o NDVI. Quando comparado o período seco (julho) com o período chuvoso (fevereiro) é possível observar o aumento considerável de áreas com menores valores de NDVI e o aumento da LST, para o mês de julho (Figura 3).

Em relação as áreas de solo exposto, que são áreas com menores índices de NDVI e altos valores de temperaturas de superfície, supõe-se que a obtenção desses valores se deve ao fato de o município apresentar como principal atividade econômica o desenvolvimento de culturas temporárias, caracterizando diferenças consideráveis entre os meses de fevereiro e julho, os maiores valores de NDVI (0.75-1) foram detectados em áreas com a presença de adensamentos florestais (áreas com fragmentos florestais e unidades de conservação) e em locais com a existência de citricultura, também em áreas com culturas temporárias (lavouras de verão ainda não colhidas, lavouras de inverno já implementadas ou lavouras estabelecidas com espécies de cobertura).

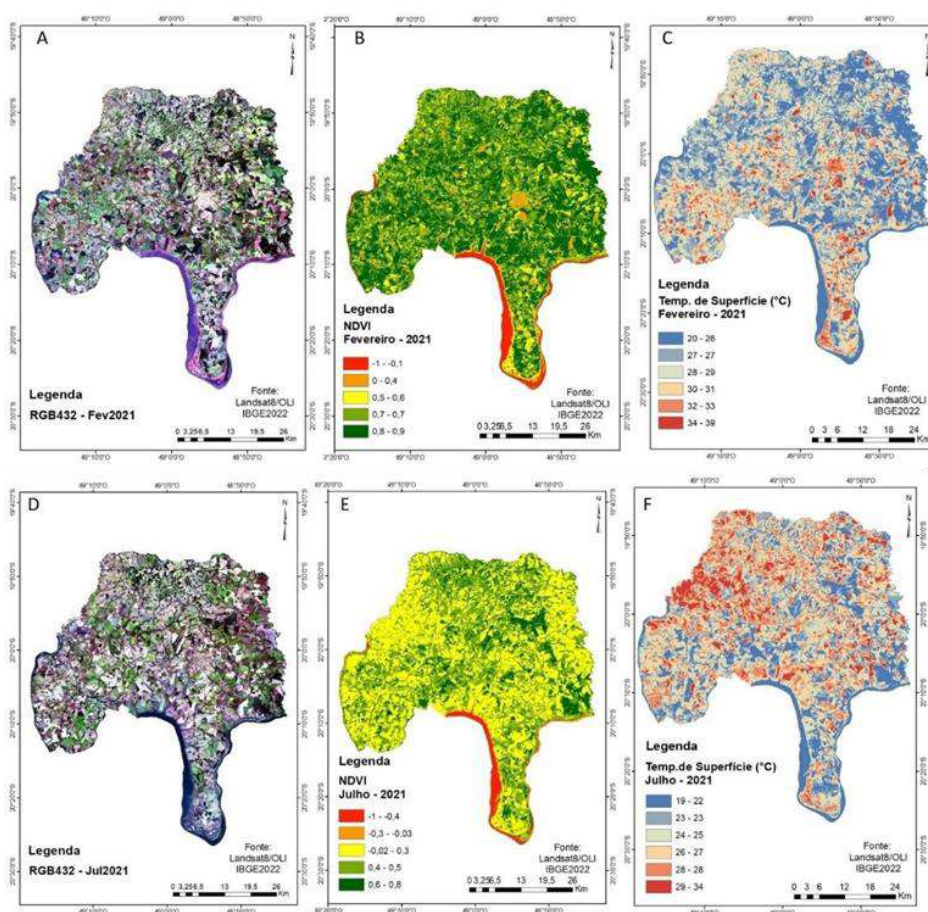


Figura 3. Mapas de Composição colorida RGB, índice de vegetação NDVI e Temperatura de Superfície, para fevereiro e julho de 2021.

Para os valores obtidos de LST (Figura 3C, 3F), os menores foram observados em áreas com concentração de vegetação, áreas de cultura temporária e locais com a presença de cursos d'água. Enquanto os maiores valores obtidos de LST (30-42 °C) são evidenciados em áreas com solo exposto e pela existência da zona urbana. Partindo-se do pressuposto que existe uma heterogeneidade nas classes de uso no município ao longo dos anos analisados, explica-se que ao longo de sua extensão ocorra diferentes padrões termais, visto que existem particularidades quanto aos tipos e intensidades de uso e ocupação da terra, observados nas imagens RGB (Figura 3A, 3D), que refletem nas condições de balanço e troca de energia entre a superfície e a atmosfera.

CONCLUSÕES

O aumento populacional, acompanhado pelo crescente processo de desenvolvimento urbano e agroindustrial tem exercido grandes impactos sobre os recursos naturais. Por esta razão, torna-se de grande importância a utilização de ferramentas para a análise ambiental, as quais, atualmente são baseadas em inovações tecnológicas. Supostamente os valores diferentes encontrados entre os dois meses deve-se ao fato da mudança do uso da terra, visto a diversidade de culturas que ocorre no município.

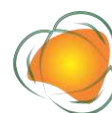
As plataformas de processamento em nuvem como GEE podem permitir realizar múltiplas análises para uma mesma área no menor tempo e custo possível, além de identificar as potencialidades e peculiaridades dos recursos naturais de uma região, poderá facilitar no processo de conscientização e conservação ambiental, como os mapeamentos de uso e cobertura do solo, e temperatura de superfície constitui um dos mecanismos para promover a gestão dos recursos naturais, indicando potencialidades e vulnerabilidades.

AGRADECIMENTOS

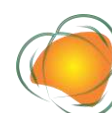
Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

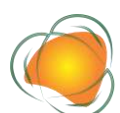
BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. D. A.; SILVA, B. B.; LOPES, P. M.; SILVA, Ê. F. D. F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n1, p.73-84, 2014.



- BIUDES, M. S.; VOULITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; DE ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A.; NEALE, C. M. U.; NOGUEIRA, J. S. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.202, p.112-124, 2015.
- CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Uso do solo e Temperatura Superficial em Área Urbana. *Mercator*, v.10, n.23, p.207- 223, 2011.
- JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2a ed. 2009. 598p.
- JESUS, J. B.; SANTANA, I. D. M. Estimation of land surface temperature in caatinga area using Landsat 8 datas. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*. v.7, n.3, p.150- 157, 2017.
- JONES, K. B.; RIITTERS, K. H.; WICKHAM, J. D.; TANKERSLEY, R. D.; O'NEILL, R. V.; CHALLOUD, D. J.; SMITH, E. R.; NEALE, A. C. An ecological assessment of the United States mid-Atlantic region: a landscape atlas. United States Environmental Protection Agency. Office of Research and Development, Washington DC, 1997. 104p.
- MYNENI, R. B.; KEELING, C. D.; TUCKER, C. J.; ASRAR, G.; NEMANI, R. R. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981-1991. *Nature*, v.386, p.698-702, 1997.
- SHALABY, A. E.; TATEISHI, R. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land - use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography*, v.27, n.1, p.28-4, 2007.
- SOUZA, J. D. de; SILVA, B. B. da. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: Landsat 5. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.23, n.4, p.349-358, 2005.
- STERN, N. The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: Grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models. *J. Econ. Lit.*, v.51, p.838-859, 2013.
- SOBRINO, J. A.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; PAOLINI, L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, v.90, p.434-440, 2004.
- TAMM, M.; JAKOBSON, A.; HAVIK, M.; BURK, A.; TIMPMANN, S.; ALLIK, J.; OOIPIK, V.; KREEGIPUU, K. The compression of perceived time in a hot environment depends on physiological and psychological factors. *Q. J. Exp. Psychol.*, v.67, p.197-208, 2014.
- TUCKER, C. J.; DREGNE, H. E.; NEWCOMB, W. W. Expansion and contraction of the Sahara Desert from 1980 to 1990. *Science*, v.253, p.299-301, 1991.



ZANDER, K. K.; BOTZEN, W. J. W.; OPPERMANN, E.; KJELLSTRÖM, T.; GARNETT, S. T. Heat stress causes substantial labour productivity loss in Australia. *Nature Climate Chang*, v.5, p.647–651, 2015.



INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FOLHAS DE *AZADIRACTHA INDICA*

Taís Arthur Corrêa¹

Laiane Pereira Rocha²

Fernanda Beatris Della Libera³

Gustavo Henrique Gravatim Costa⁴

¹Prof^a. Dr^a. Universidade do Estado de Minas Gerais – Frutal, tais.correa@uemg.br

²Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais – Frutal,

laiane1094208@discente.uemg.br.

³Graduanda em Engenharia de Alimentos, Universidade do Estado de Minas Gerais – Frutal,

fernanda.1096917@discente.uemg.br

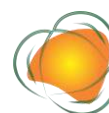
⁴Prof. Dr. Universidade do Estado de Minas Gerais – Frutal, gustavo.costa@uemg.br

131

INTRODUÇÃO

Há, mundialmente, uma infinidade de espécies vegetais, com isso um conhecimento popular e científico de várias propriedades medicinais. Porém, o uso deve ser precedido de criteriosa classificação botânica e identificação dos compostos bioativos, apresentando-se como um campo promissor para descoberta de novas moléculas, com baixa toxicidade para organismos não-alvo, tornando-se uma importante alternativa para o desenvolvimento de fitoterápicos e produtos biotecnológicos.

Nesse contexto a *Azadirachta indica* A. Juss conhecida popularmente como Nim Indiano ou Neem, é uma árvore reconhecidamente valiosa por fornecer produtos e serviços variados, de interesse para muitos segmentos da sociedade mundial. Entre as aplicações cabe destacar seu uso como planta medicinal, repelente, praguicida, antioxidante, antimicrobiana e antifúngica (BIWAS et al., 2002; MOSSINI & KEMMELMEIER, 2005; SUBAPRIYA & NAGINI, 2005; GUPTA et al., 2017).



De forma geral, os efeitos benéficos do Neem podem ser atribuídos aos metabólitos secundários, presentes nas sementes, folhas, cascas, flores e frutos como, por exemplo, flavonoides, saponinas, taninos, terpenoides e antraquinonas (DASH et al., 2017).

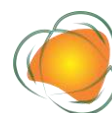
Considerando os compostos fenólicos presentes em plantas (fenóis simples, ácidos fenólicos, cumarinas, flavonóides, taninos condensados e hidrolisáveis, entre outros), observa-se que esses apresentam características antioxidantes, possibilitando a peroxidação lipídica e a lipooxigenase in vitro (SOUSA et al., 2007).

Deve-se destacar que essa característica possibilita que compostos bioativos que apresentam radicais livres (potencial oxidante) sejam inativados/complexados/reduzidos, favorecendo o retardamento do processo de envelhecimento e doenças degenerativas em humanos, como: o câncer, as doenças cardiovasculares, o declínio do sistema imune, as disfunções cerebrais, entre outras (SANTOS, 2006).

Definem-se radicais livres, espécies independentes que contêm um ou mais elétrons não pareados, são altamente reativos e instáveis, possuindo vida curta. Entre as principais formas reativas, tem-se o oxigênio $-O_2$, ânion radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), hidroperoxila ($ROO^{\bullet}$) e o radical hidroxila ($^{\bullet}OH$), este último considerado a mais reativa na indução de lesões nas moléculas celulares (VASCONCELOS et al., 2014). A formação destas moléculas ocorre naturalmente no organismo de todos os seres vivos, devido à exposição ao oxigênio molecular. Assim, os antioxidantes são substâncias que, mesmo presentes em baixas concentrações, são capazes de atrasar ou inibir as taxas de oxidação, antes que ataquem os alvos biológicos nas células.

Considerando os compostos antioxidantes presentes no Neem, verifica-se que podem sofrer variação nas concentrações e em seu conteúdo diante da sazonalidade. A estação em que uma planta é coletada representa um dos fatores importantes, visto que a quantidade e, às vezes, a composição dos constituintes ativos não é constante durante o ano. Gobbo-Neto e Lopes (2007) apontam variações sazonais no conteúdo de praticamente todas as classes de metabólitos secundários, como óleos essenciais, ácidos fenólicos, flavonóides, saponinas, alcalóides, taninos, entre outros.

Diante do exposto, o presente trabalho visa avaliar a influência da sazonalidade nos metabólitos secundários de folhas de *Azadirachta indica*, bem como o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante.



METODOLOGIA

O material vegetal considerado nesta pesquisa foi obtido de uma árvore de *Azadirachta indica* (Figura 1A) localizada na zona rural do município de Frutal-MG (Latitude:-19°50'51".7092"; Longitude:-48°54'42.6348'). As coletas das folhas foram realizadas nos meses/estações do ano: janeiro/verão, maio/outono, julho/inverno e outubro/primavera de 2022, sempre no período da manhã. Para determinação do espécime, foi preparada uma exsicata (Figura 1B), e o material vegetal identificado como *Azadirachta indica* A. Juss, nome científico validado pelo International Plant Names Index (IPNI), por comparação em material tombado no Herbário/BHCB no Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

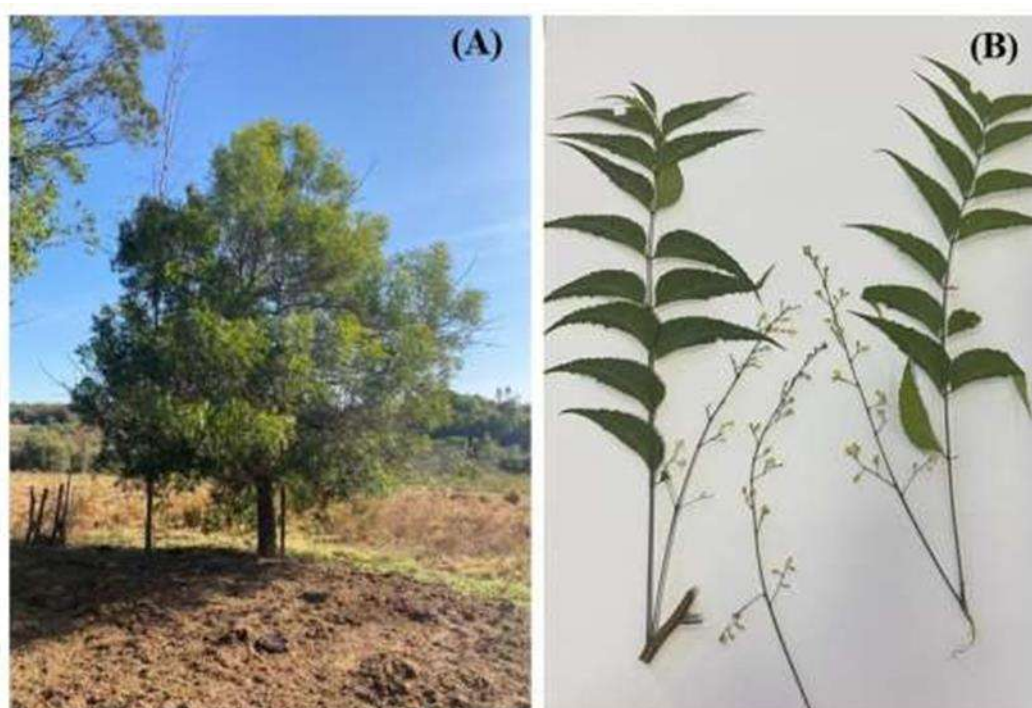


Figura 1. (A) Árvore de Neem selecionada para o estudo e (B) exsicata prepara da determinação do espécime. Fonte: os autores (2023).

Após a coleta, as folhas foram higienizadas, separadas dos pecíolos, secas em estufa a temperatura de 45°C por 48h, trituradas em moinhos de facas e mantidas em dessecador. As porções de 2,5 g dos materiais vegetais foram submetidas à extração à frio por maceração com 50 mL de metanol P.A por 48h, armazenadas em geladeira, envoltos em papel laminado. Após essa etapa, os extratos foram filtrados em papel qualitativo, secos com sulfato de sódio e submetidos à avaliação fitoquímica qualitativa e quantitativa.

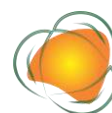
Visando evidenciar as principais classes de substâncias químicas (saponinas, alcaloides, flavonoides, antraquinonas, taninos, triterpenos e esteroides) foram utilizadas as metodologias Simões et al. (2017) e Matos (2009), observando a formação de precipitado, espuma persistente, fluorescência e mudança de cor, de acordo com as características de cada ensaio, como disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios e resultados positivos esperados para as classes de fitoquímicos

Classe de Metabólitos	Ensaios	Especificações
Esteroides livres	Reação de Liebermann-Burchard	Coloração azul evanescente seguida de verde permanente
Triterpenos	Reação de Liebermann-Burchard	Coloração parda à vermelha
Alcaloides	Reação de Mayer	Turvação ou formação de precipitado branco
Flavonoides	Reação de Taubouk	Desenvolvimento de fluorescência de coloração amarelo esverdeada na luz UV
Antraquinonas	Reação de Bornträger direta	Desenvolvimento de coloração rósea-avermelhada
Taninos	Reação com Cloreto Férrico	Desenvolvimento de coloração: 1) verde-marrom para taninos condensados; 2) azul-preto para taninos hidrolisáveis

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método colorimétrico empregando o método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON et al., 1999). Dessa forma, a cada tubo, adicionou-se 0,1 mL do extrato, 7,9 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu, agitando-se a mistura. Transcorrido 5 minutos, adicionou-se 1,5 mL de solução de carbonato de sódio a 20% (m/v), agitando-as por 15 s. As soluções foram deixadas em repouso, a temperatura ambiente por 40 minutos, na ausência de luz. Logo em seguida, foi realizada a leitura das soluções em comprimento de onda de 765 nm. O teor de fenóis foi calculado e expresso em mg/L de equivalente de ácido gálico, por meio de curva padrão preparada em concentrações entre 50 a 1000 (mg/L) ($y=0,001x + 0,011$, $R^2 = 1,00$).

A atividade antioxidante de radicais 2,2-difenil-1-picrilidrazina (DPPH) foi determinada segundo a metodologia de Brand-Williams et al. (1995). A cada tubo adicionou-se 0,1 mL de extrato, 2,9 mL da solução de DPPH, agitando-se por 10 s. As soluções foram mantidas em repouso por 25 min, na ausência de luz. Em seguida, foi realizada a leitura em comprimento de onda de 515 nm. Soluções metanólicas de Trolox em diferentes concentrações foram utilizadas para a obtenção da curva de calibração ($y=- 0,599x + 0,668$; $R^2 = 0,991$) sendo a capacidade antioxidante expressa em μmol de equivalente trolox ($\mu\text{mol ET}$).



Todas as avaliações foram realizadas em triplicata e os resultados da quantificação de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas segundo o teste de Tukey 5(%), utilizando o software AgoEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos a partir da triagem fitoquímica (Tabela 2), observou-se a presença de flavonoides, taninos condensados e triterpenos nas amostras avaliadas. Não foram encontrados resultados positivos para alcaloides, antraquinonas e esteroides, devido à ausência de desenvolvimento de coloração e/ou precipitados característicos (Figura 2).

Tabela 2. Classes de fitoquímicos avaliados nos extratos de *A. indica*

Metabólitos	Extratos alcoólicos			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Alcaloides	-	-	-	-
Antraquinonas	-	-	-	-
Taninos	+	+	+	+
Flavonoides	+	+	+	+
Triterpenos	+	+	+	+
Esteroides livres	-	-	-	-

135

(-): teste negativo (+): teste positivo. Fonte: os autores (2023).

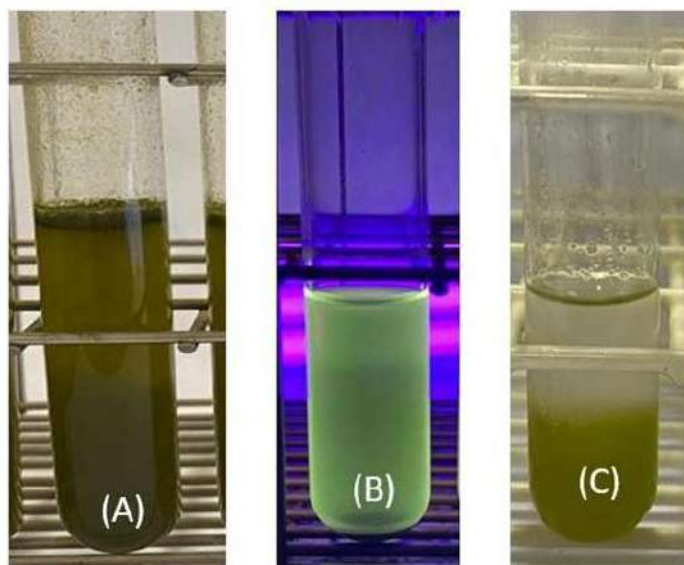


Figura 2. Resultados encontrados na identificação da presença de (A) Taninos, (B) flavonoides e (C) Triterpenos, para as quatro estações do ano. Fonte: os autores (2023).

Diferentes trabalhos evidenciam a presença de compostos fenólicos como flavonoides e taninos, além de triterpenoides nas folhas de Neem (NAGANO & BATALIN, 2020; DA SILVA NETO et al., 2020; NIGUSSIE et al., 2021), destacando a presença da Azadiractina, um limonoide de considerável interesse devido a sua estrutura química e ampla atividade biológica. Extratos de Azadirachta indica são amplamente aplicados como pesticidas e repelentes de insetos, relacionando a sua eficácia com seu teor dos metabólitos secundários identificados (GALEANE, 2013; MORGAN, 2009).

Considerando as análises de compostos fenólicos totais (Tabela 3), observou-se que as folhas coletadas na primavera apresentaram resultado significativamente superior comparadas àquelas coletadas nas demais estações do ano. Esse efeito pode estar associado a formação de novas folhas e flores na planta nesta época do ano, o que resulta numa variação de metabólitos secundários (GOBBO-NETO & LOPES, 2007). Neste contexto, verificou-se o oposto quando esse parâmetro foi avaliado no inverno, período em que não há presença de novos órgãos na planta. Destaca-se ainda que não houve diferença para a quantidade de fenóis totais nas estações do outono e do verão.

Além disso, outros fatores exógenos podem influenciar no conteúdo de metabólitos secundários na planta, tais como o ritmo circadiano, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta e nutrientes (GOBBO-NETO & LOPES, 2007). Pesquisa realizada por Viana et al. (2006) indica que o teor de azadiractina nas folhas de Neem apresenta variação de acordo com a época do ano, entretanto apontam que não se conhece o efeito da sazonalidade sobre os demais metabólitos.

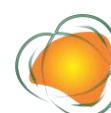
136

Tabela 3. Estatísticas descritivas da concentração dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante das folhas de neem em relação às estações do ano

Estações do ano	Folhas de neem	
	Compostos fenólicos totais (mg/L)	Atividade Antioxidante (μ M ET)
Primavera	469 $\pm$ 6,34 a	0,982 $\pm$ 0,000 a
Verão	398 $\pm$ 0,24 b	0,985 $\pm$ 0,000 a
Outono	395 $\pm$ 0,97 b	0,971 $\pm$ 0,001 c
Inverno	382 $\pm$ 5,95 c	0,977 $\pm$ 0,002 b
Teste F ¹	243,53**	41,60**

¹Teste F referente a Análise de Variância (ANOVA). **significativo ao nível de 1% de probabilidade.

²Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente diferentes pela aplicação do teste de comparação múltipla de Tukey a $P < 0,05$.



Diante dos resultados da atividade antioxidante, observou-se a maior ação no verão. Entretanto, deve-se destacar que o valor desse parâmetro se manteve na primavera e se reduziu significativamente entre o outono e inverno. Desta maneira, pode-se inferir que outras classes de compostos podem estar contribuindo para sua ação antioxidante, tais como os triterpenoides e carotenoides, sendo a presença do primeiro evidenciada através da avaliação fitoquímica e os carotenoides relatada na literatura (MARTINS, 2008).

Sousa et al. (2007) explica que a atividade antioxidante de compostos fenólicos está relacionada, principalmente, a estrutura química, devido à ressonância do anel aromático destas substâncias. Os compostos fenólicos desempenham papel importante no processo de neutralização, sequestro de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo.

Os resultados encontrados corroboram com outros trabalhos da literatura que evidenciam a presença de diferentes classes de metabólitos secundários na *A. indica*, sendo esses responsáveis por resultados animadores no combate a pragas, usos medicinais e ramo da cosmética (DO BRASIL, 2001; DA SILVA NETO et al., 2020). Devido à baixa toxicidade e larga distribuição na natureza, o Neem pode ser considerado como uma valiosa fonte para uso na Medicina tradicional e no desenvolvimento de drogas modernas (MOSSINI & KEMMELMEIER, 2005).

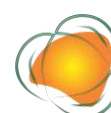
137

CONCLUSÕES

O Neem apresenta em sua constituição taninos, triterpenos e flavonóides, os quais são detectados em todas as épocas do ano. Para os compostos fenólicos e atividade antioxidante, a sazonalidade é fator determinante, sendo esses com maior presença na primavera e menor quantidade no inverno. O estudo contribui para o desenvolvimento de futuros projetos de pesquisa com foco em atividades farmacológicas e biotecnológicas da *Azadirachta indica* A. Juss.

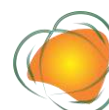
AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Aos Programas Institucionais da Universidade do Estado de Minas Gerais de Apoio à Pesquisa (PAPq/UEMG) e Produtividade (PQ/UEMG).

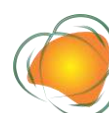


REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaaios Agronômicos. Versão 1.1.0.712, 2014
- BISWAS, K.; CHATTOPADHYAY, I.; BANERJEE, R. K.; BANDYOPADHYAY, U. Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). Current Science, v.82, n.11, p.1336-1345, 2002.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERST, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft und Technology, v.28, n.1, p.25-30, 1995.
- DASH, S. P.; DIXIT, S.; SAHOO, S. Phytochemical and biochemical characterizations from leaf extracts from *Azadirachta Indica*: an important medicinal plant. Biochemistry & Analytical Biochemistry, v.6, n.323, p.1-4, 2017.
- DA SILVA NETO, I. F.; LEITE, I. B.; AGUIAR, A. M. A.; SILVA, M. R. Bioprospecção farmacológica: avaliação fitoquímica do nim indiano (*Azadirachta indica A. Juss.*). Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management, v.16, n.2, p.215-226, 2020.
- BRASIL. GOVERNO. Cultivo e usos do nim (*Azadirachta indica A. Juss*). Boletim Agropecuário-n., v.68, p.1-14, 2001.
- GALEANE, M. C. Prospecção fitoquímica de ativos em extratos e frações originados de folhas de *Azadirachta indica A. Juss* visando atividade antimicrobiana. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista. Júlio de Mesquita Filho. 2013.
- GOBBO, N. L.; LOPES, N. P. Medicinal plants: factors of influence on the content of secondary metabolites. Química Nova, v.30, n.2, 2007.
- GUPTA, S. C.; PRASAD, S.; TYAGI, A. K.; KUNNUMAKKARA, A. B.; AGGARWAL, B. B. Neem (*Azadirachta indica*): An Indian traditional panacea with modern molecular basis. Phytomedicine, v.34, p.14-20, 2017.
- MARTINS, M. O. Aspectos fisiológicos do nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação. 2008.
- MATOS, J. A. Introdução a fitoquímica experimental. 3.ed. Fortaleza: Edições UFC, cap. 4, 2009.
- MORGAN, E. D. Azadirachtin, a scientific gold mine. Bioorganic & Medicinal Chemistry, v.17, p.4096-4105, 2009.
- MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica A. Juss*): Múltiplos Usos. Acta Farm. Bonaerense, v.24, n.1, p.139-148, 2005.



- NAGANO, M. S.; CLAUDEMIR BATALINI, C. B. Phytochemical screening, antioxidant activity and potential toxicity of *Azadirachta indica* A. Juss (neem) leaves. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm., v.50, n.1, p.29-47, 2021.
- NIGUSSIE, D.; DAVEY, G.; LEGESSE, B. A.; FEKADU, A.; MAKONNEN, E. Antibacterial activity of methanol extracts of the leaves of three medicinal plants against selected bacteria isolated from wounds of lymphoedema patients. BMC Complementary Medicine and Therapies, v.21, n.2, 2021.
- SANTOS, A. B. Atividade antioxidante de extratos vegetais da flora brasileira: estudo com ressonância paramagnética eletrônica (RPE) e teoria do funcional da densidade (TFD). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2006.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (org.) Farmacognosia: da planta ao medicamento. 3.ed. Porto Alegre. Florianópolis: Editora da Universidade UFRGS/Editora da UFSC, 2001.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. Methods in Enzymology, v.152-178, 1999.
- SOUSA, C. M. D. M.; SILVA, H. R.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S. D.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. Química Nova, v.30, p.351-355, 2007.
- SUBAPRIYA, R.; NAGINI, S. Medicinal properties of neem leaves: a review. Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents, v.5, n.2, p.149-156, 2005.
- VIANA, P. A.; PRATES, H. T.; RIBEIRO, P. E. de A. Uso do extrato aquoso de folhas de nim para o controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. Circular Técnica 88, p.1-5, 2006.



EFEITO DA APLICAÇÃO DE CHÁS DE VERMICOMPOSTAGEM NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE SORGO

Raphael Guarda Cavalcante¹

Ana Laura Silva Leal²

Carlos Aurélio Lara³

Thomas Henrique Machado Klen da Silva⁴

Yago Afonso de Castro⁵

Thiago Corrêa de Souza⁶

¹Discente do curso de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, raphael.guarda.cavalcante@gmail.com

²Discente do curso de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, ana.leal@sou.unifal-mg.edu.br

³Discente do curso de graduação de bacharel em Biologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, carlos.lara@sou.unifal-mg.edu.br

⁴Discente do curso de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, thomas.silva@sou.unifal-mg.edu

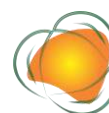
⁵Discente do curso de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, yago.castro@sou.unifal-mg.edu.br

⁶Prof. Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, thiagonepre@hotmail.com

140

INTRODUÇÃO

Desde a década de 1960, com a “Revolução Verde”, onde, em escala global, a produção de alimentos obteve um crescimento exponencial, o uso de agroquímicos se tornou intenso. A utilização destas espécies químicas garantiu que a produtividade aumentasse, todavia, afetando a integridade biológica e fertilidade natural do solo, tornando plantações mais suscetíveis a pestes e doenças. Logo, com o desenvolvimento das ciências agrícolas, a criação de métodos que suplementassem os danos causados ao solo se tornou uma pauta importante. A comunidade científica mundial, atualmente, busca tecnologias ambientalmente sustentáveis, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis para incremento e desenvolvimento da produção agrícola. A vermicompostagem é uma técnica que reúne estes três critérios.



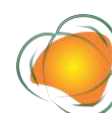
A domesticação do sorgo, segundo estudos arqueológicos, data de, aproximadamente, 3000 A.C., com registros iniciais na região saariana, no Egito. A cultura se desenvolve bem em ambientes quentes ($>21^{\circ}\text{C}$), tolerando mais o estresse hídrico do que a maioria dos outros cereais, viabilizando o cultivo em variadas condições de solo (MAGALHÃES et al., 2003). Portanto, o sorgo se mostrou como potencial econômico, principalmente com o desenvolvimento científico das ciências agrárias e biotecnologia, que promoveram descobertas e avanços sobre as aplicações da planta. A utilização da cultura é extremamente ampla, podendo servir para alimentação humana e animal, até a geração de biocombustíveis, como o etanol. Atualmente, o sorgo mostra seu potencial econômico, tendo uma ampliação produtiva no Brasil bastante significativa no começo do século, praticamente triplicando seu cultivo do final da década de 1990 a 2000 (RIBAS, 2003). Até 2020, estimou-se que a produção anual de sorgo no país foi de aproximadamente 2.500.000 toneladas (CONAB, 2020).

A vermicompostagem é um processo de compostagem que utiliza algumas espécies de minhocas para aprimorar a conversão de resíduos e melhorar a qualidade do produto gerado (ADHIKARY, 2012). Na vermicompostagem, embora os microrganismos sejam os responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, a presença das minhocas influencia o processo físico e bioquímico, auxiliando na fase de estabilização da matéria orgânica quando se alimentam, transformando-a em um composto de maior qualidade do que aqueles produzidos pela compostagem tradicional (COTTA et al., 2015).

Objetiva-se, com este trabalho, avaliar o impacto promovido pela utilização de chás de vermicompostagem como biofertilizante na cultura do sorgo, e quais suas respostas morfo-fisiológicas com os tratamentos. Espera-se promover, também, um acréscimo a literatura científica da área, agregando maiores noções e conhecimentos de biotecnologia e avanços em tecnologias para agroecologia.

METODOLOGIA

A primeira parte do experimento foi conduzida em uma estufa, no horto de vegetação, localizado no campus sede da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). Foram preparadas as leiras de compostagem, com suas devidas proporções dos constituintes, mantendo a relação C:N (carbono: nitrogênio) próxima de 30. Duas leiras, de matriz orgânica constituídas de capim-elefante mais torta de mamona (tratamento de matriz 100% vegetal), e capim-elefante mais esterco foram montadas, e submetidas ao processo de compostagem por



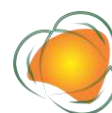
45 dias (figura A). Neste período, foi feita a irrigação e aeração dos resíduos (revolvimento das leiras), para melhor controle das propriedades adequadas para condução do processo. É válido ressaltar que as orientações e práticas de condução para as leiras de compostagem foram seguidas de acordo com instruções disponibilizadas pela Embrapa Agrobiologia.

Após o período de compostagem, 30 litros de composto de cada tratamento foram separados e armazenados em recipientes plásticos, devidamente furados para ventilação do sistema e drenagem de substâncias líquidas, com duas repetições para cada matriz de composto. Em seguida, adicionou-se cerca de 500 gramas de minhoca da espécie *Eisenia fetida* (figura B) ao resíduo, dando início ao processo de vermicompostagem. Durante 45 dias, contou-se com o processo de humificação pelos vermes, com o devido registro de condições térmicas e de umidade das caixas, para eventuais controles ambientais.

Em seguida, contou-se com a preparação dos chás de vermicompostagem. Os vermicompostos de ambos tratamentos foram colocados em recipientes com água destilada, na proporção de 1:1, e deixados em repouso por 24 horas sob aeração, realizada por bombas de aquário. Após esse período, o chá de vermicompostagem foi coletado e filtrado para remoção de partículas sólidas. A filtração foi realizada por panos autoclavados e papel filtro. Os chás de vermicompostos, então extraídos, foram diluídos em água destilada, em concentrações de 1:2,5, 1:5 e 1:10.

Com a obtenção do chá (figura C), iniciou-se a condução experimental para aplicação nas sementes. As sementes de sorgo utilizadas no experimento foram selecionadas e adquiridas pela instituição Embrapa Milho e Sorgo. O genótipo da cultura utilizada foi o BRS-332. Foram preparados os rolos de germinação, produzidos com três folhas de papel filtro e umidificados com as soluções dos tratamentos respectivamente proporcionais ao seu peso ($2,5 \cdot \text{massa dos papéis}$). Foram dispostas 50 sementes por rolo de germinação, com 4 repetições por tratamento. Para o grupo de controle, as sementes foram tratadas com água destilada. Os rolos foram agrupados por tratamento em sacos plásticos, afim de minimizar a perda de umidade, e colocados em uma incubadora BOD (câmara de germinação), reguladas para condições ideais de temperatura ($30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) e fotoperíodo (12 horas de luz/12 horas de escuro).

As variáveis analisadas incluíram comprimento da raiz, diâmetro e área superficial radiculares, além da massa seca das plântulas aos 14 dias após a germinação. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o teste de Tukey para comparação entre os tratamentos.



Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em fatorial (2x5), com 4 repetições por tratamento, sendo este os chás de compostos vegetal e de esterco bovino. Para cada tratamento, quatro concentrações foram utilizadas: 1:10 (volume de composto: volume de água destilada), 1:5, 1:2,5, 1:1 e o grupo Controle, tratado com água destilada. As análises estatísticas foram realizadas no software SisVar, adotando um nível de significância de 5%. Os parâmetros analisados no trabalho foram coletados quatro dias após a incubação. As variáveis estudadas incluíram a análise dos desenvolvimentos aéreo e radicular, este último avaliado pelo software WinRhizo. Determinou-se, ainda, a biomassa seca de 10 plântulas representativas de cada rolo.



Figura A: etapa de preparação das leiras para o processo de compostagem. A imagem retrata o primeiro dia das leiras do período de 45 dias do processo de compostagem. O monte da direita retrata o composto de capim-elefante combinado ao esterco bovino. À esquerda, leira do tratamento com torta de mamona. Figura B: coleta e separação das minhocas da espécie *Eisenia fetida*, posteriormente realocadas em recipientes com compostos para vermicompostagem. Figura C: fase de extração do chá a partir dos compostos. Na imagem, representação da solução extraída do vermicomposto de matriz de torta de mamona.

143

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo, apresentam-se os resultados obtidos no trabalho, enfatizando as diferenças observadas na morfologia radicular das plântulas em resposta aos diferentes tratamentos. Os gráficos de colunas fornecem uma representação visual das variações entre os grupos, permitindo uma análise mais detalhada sobre o efeito dos chás de vermicompostagem. A tabela auxilia na interpretação estatística dos dados, complementando os recursos de apresentação.

Tabela 1. níveis de significância (p-value) obtidos pela realização do Teste Tukey para comparação de dados

Parâmetro	Concentração	Composição	Concentração X Composição
Diâmetro da raiz	0,0000	0,0146	0,0032
Área superficial da raiz	0,0000	0,0017	0,0006
Comprimento da raiz	0,0000	0,0015	0,0002
Massa seca	0,0000	0,0442	0,0001

O valor de significância calculado para todas as variáveis (tabela 1) é inferior a 5%. Desta forma é considerado que os resultados têm uma probabilidade menor que 5% de terem ocorrido devido ao acaso. Isto sugere que existe uma relação ou efeito estatisticamente significativo entre os tratamentos em estudo.

Sob coluna é destacado a concentração do chá diluído, utilizado em cada tratamento (1:10, 1:5, 1:2,5 e 1:1). "AD" refere-se ao controle, onde as sementes foram tratadas com água destilada. As colunas em preto apresentam os valores obtidos das variáveis relativas ao tratamento com esterco bovino, e em cinza claro, ao tratamento de matriz orgânica vegetal (composta de capim-elefante e torta de mamona). As barras acima de cada coluna representam a variabilidade dos dados (incerteza nas medições), também conhecida como erro experimental. Essas barras fornecem uma indicação visual da dispersão dos dados ao redor da média em cada tratamento.

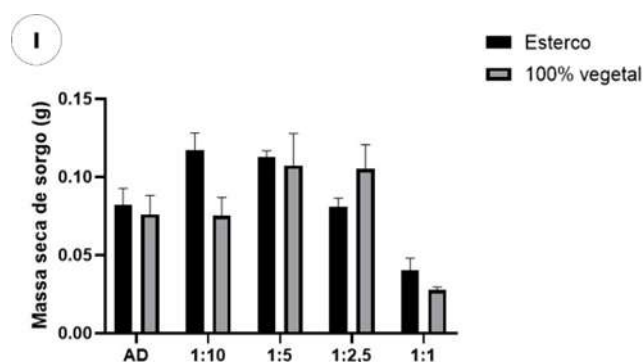
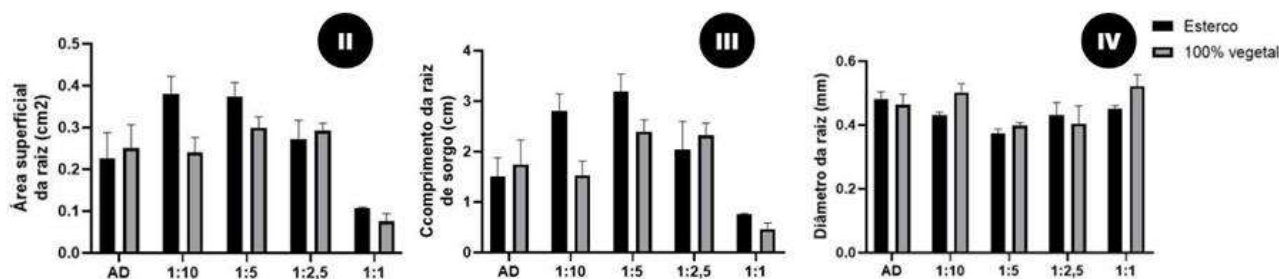


Figura 1. apresentação dos dados obtidos de biomassa seca das plântulas de BRS-332. Os erros experimentais são apresentados em barras, sobre as colunas de cada tratamento.

A figura 1 avalia a massa seca de sorgo para cada tratamento experimental. Nota-se, para o tratamento das sementes com chá de vermicomposto de matriz orgânica de esterco bovino, que nas soluções diluídas de concentração 1:10 e 1:5, a biomassa pesada atingiu

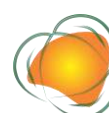
valores significativamente superior ao tratamento controle. A partir do chá em 1:2,5, ocorreu uma diminuição da massa seca, onde em 1:1 nota-se a expressiva diminuição do valor desta variável. Um padrão semelhante pode ser observado no tratamento com chá 100% vegetal. Na solução 1:10 não houve alteração significativa da massa. Registrou-se um aumento relativo nas concentrações 1:5 e 1:2,5, decaindo, novamente, na solução de 1:1, para um valor inferior ao grupo de controle.



Figuras 2, 3 e 4. Apresentação dos dados obtidos referentes às métricas de área superficial da raiz, comprimento radicular e diâmetro da raiz, respectivamente. Os erros experimentais são apresentados em barras, sobre as colunas de cada tratamento.

Observa-se, analisando a figura 2, que as repetições tratadas com solução vermicomposta de matriz esterco bovina em concentrações 1:10 e 1:5, apresentaram uma área superficial de raiz expressivamente maior que o tratamento de controle, com água destilada. Em solução mais concentrada, de 1:2,5, no mesmo tratamento, o aumento registrado não foi muito significativo. Por fim, na concentração de 1:1, constatou-se a inibição do crescimento de área radicular superficial, com uma diminuição desta variável em relação ao tratamento controle. Já para o tratamento com chá de vermicomposto de matriz orgânica 100% vegetal, nota-se que, na concentração de 1:10, estatisticamente, não houve diferença significativa na área superficial. Entretanto, é possível observar, notoriamente, nas concentrações de 1:5 e 1:2,5, uma indução fisiológica maior a planta para desenvolvimento da porção radicular. Estas soluções promoveram um crescimento maior de sua área superficial em relação ao controle. As sementes tratadas com chás na solução mais concentrada, 1:1, obtiveram um efeito tóxico ao sorgo, apresentando valores inferiores ao tratamento com água destilada.

A figura 3 apresenta os valores obtidos de comprimento radicular das raízes, por tratamento. Acerca do tratamento com chá de vermicomposto de esterco bovino, foi observado um padrão bastante semelhante ao gráfico da figura 2. Repetições tratadas com soluções em concentrações 1:10 e 1:5 apresentaram um crescimento em comprimento

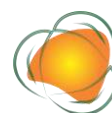


notável em relação ao tratamento controle. Nas sementes tratadas com chá diluído 1:2,5, a raiz apresentou um comprimento inferior às duas soluções anteriores, mais ainda superior ao controle. Por fim, na concentração de 1:1, foi constatada uma diminuição expressiva da extensão radicular. Para o outro tratamento (matriz unicamente vegetal), assim como no primeiro, notou-se uma semelhança nos padrões observados, relativo aos valores obtidos para a área superficial da raiz. Na solução concentrada 1:10, não houve diferença significativa em comparação ao tratamento com água destilada. Já em concentrações de chá 1:5 e 1:2,5 foi observado um aumento do comprimento radicular, com valores estatisticamente iguais. Para a última solução, 1:1, a diminuição relativa do valor da variável foi novamente observada.

Como última variável morfológica radicular analisada no experimento, a figura 4 traz o diâmetro das raízes de sorgo em cada tratamento. Para as sementes tratadas com chá de matriz 100% vegetal, foi possível observar que, nas soluções de concentração 1:10 e 1:1, houve um aumento relativo do diâmetro radicular. Nos chás diluídos a 1:5 e 1:2,5, foi registrado um decréscimo das medições, em relação ao controle. Este padrão foi observado também para o tratamento experimental com esterco bovino, porém, destaca-se que somente a solução 1:5 apresentou diminuição significativa. Nos últimos dois chás mais concentrados, 1:2,5 e 1:1, notou-se um crescimento relativo ao 1:5, mas ainda levemente inferior tratamento controle. A solução 1:10 apresentou um padrão muito semelhante ao tratamento 1:2,5, mas também não superou o valor registrado no controle (água destilada).

De forma geral, são notáveis as diferenças morfológicas induzidas pelos tratamentos com chás de vermicompostos no crescimento inicial de plântulas de sorgo.

Por definição, sabe-se que o desenvolvimento fisiológico de plantas ocorre com a oferta ideal de diversas condições ambientais, como temperatura, presença de oxigênio e disponibilidade de macro e micronutrientes, além das características biológicas intrínsecas da planta a ser cultivada. Estas propriedades do ambiente, por sua vez, são criteriosas, pois definem a quais condições de contorno o organismo estará submetido para seu crescimento. Quanto a oferta de micro e macronutrientes, conceitualmente, define-se que o excesso de íons minerais afeta o desenvolvimento vegetal. Este crescimento é inibido, uma vez que as concentrações elevadas destas espécies químicas no meio de cultivo (no experimento, o rolo de germinação) limitam a disponibilidade de água ou ultrapassam a proporção adequada para planta (TAIZ et al., 2017). A presença marcante destes íons minerais em solos se torna um fator importante em regiões áridas, uma vez que a taxa de precipitação é insuficiente para promover a lixiviação do solo, e viabilizar a oferta destes nutrientes de forma dissociada. Este



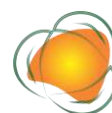
fato é uma explicação do porquê as sementes de sorgo, sob o tratamento de soluções menos diluídas, ainda obtiveram um desenvolvimento e crescimento inicial razoáveis em relação ao controle, mais bem observado para a semente BRS-332 tratada com chá de vermicomposto de matriz totalmente vegetal.

Os chás de vermicompostos produzidos, de maneira geral, estimularam o desenvolvimento vegetal do sorgo. O tratamento da matéria orgânica realizado pela Eisenia fetida garante o aumento da presença dos nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, como nitrogênio, cálcio e outros micronutrientes (CASTILLO et al., 2010). Por outro lado, em soluções pouco diluídas, as quantidades destas espécies nutritivas acabam desencadeando um efeito fisiológico de crescimento inibitório no sorgo (GUTIÉRREZ-MICELI et al., 2011), ocasionado pelo aumento da concentração de sais produzidos no processo de vermicompostagem (ácidos húmicos e fúlvicos). Esta alteração acarreta no desequilíbrio do pH, influenciando diretamente no bom funcionamento e desenvolvimento da planta.

CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos e a discussão anteriormente realizada, observa-se, portanto, a influência positiva dos chás de vermicompostos sob o crescimento e desenvolvimento inicial de sorgo. Notou-se que, em soluções mais diluídas dos chás de esterco bovino (1:10 e 1:5), a planta obteve uma resposta mais satisfatória, observada pela acentuação do desenvolvimento morfológico radicular. Para o chá de vermicomposto de matriz 100% vegetal, soluções em tratamento com diluição menor (1:5 e 1:2,5) obtiveram resultados melhores em comparação ao tratamento controle. Esses fatos são evidenciados pelos gráficos apresentados (figuras 1, 2, 3 e 4), que mostram, quantitativamente, propriedades dimensionais das raízes das plântulas, que, por sua vez, transparecem o estímulo fisiológico gerado pelos diferentes tratamentos.

De maneira geral, soluções diluídas em 1:5, em ambos tratamentos, apresentaram respostas médias positivas para o crescimento inicial do sorgo. Este evento é ocasionado, possivelmente, pelas propriedades químicas proporcionadas pela diluição do chá, que mantém características para o desenvolvimento vegetal, como pH, concentração de sais e ácidos fúlvicos e húmicos, em quantidades adequadas e bioestimuladoras.

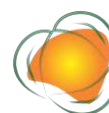


AGRADECIMENTOS

Agradeço às orientações e auxílio na condução experimental de toda equipe envolvida, em especial ao professor Thiago Corrêa e suas alunas de pós-graduação. Sou grato, ainda, ao Laboratório de Biotecnologia Ambiental e Genotoxicidade, BIOGEN, pela estrutura cedida, à Universidade Federal de Alfenas, pela oportunidade de me graduar em uma faculdade pública e de excelência, ao CNPq, pelo fomento científico ao país, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela bolsa de iniciação científica e financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARY, S. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*, v. 3, n. 7, p. 905–917, jun. 2012.
- CASTILLO, H.; HERNÁNDEZ, A.; DOMINGUEZ, D.; OJEDA, D. Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient-dynamics of a mixture of semicomposted. *Chilean Journal of Agriculture Research*, v.70, n.3, p.465-473, 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Evolução da produção de sorgo no Brasil nas regiões entre 1976 e 2020. 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1126468/1/INFORMACOES-TECNICAS-PARA-O-CULTIVO-DO-MILHO-E-SORGO-NA-REGIAO-SUBTROPICAL-DO-BRASIL-SAFRAS-2019-20-E-2020-21.pdf>. Acesso em: 27 julho 2023.
- COTTA, J. A. DE O. et al. Compostagem versus vermicompostagem: Comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.20, n.1, p.65–78, 2015.
- GUTIÉRREZ-MICELI, F.; LLAVEN, M.; NAZAR, P. et al. Optimization of vermicomposto and worm-bed leachate for the organic cultivation of radish. *Journal of Plant Nutrition*, v.34, n.11, p.1642-1653, 2011.
- MAGALHÃES, P.; DURÃES, F.; RODRIGUES, J. *Fisiologia da Planta de Sorgo*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 1 ed. Sete Lagoas, MG. p.1-4. 2003.
- RIBAS, P. *Sorgo: introdução e importância econômica*. Embrapa Milho e Sorgo. 1 ed. Sete Lagoas, MG, p.72-78, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E., MØLLER, I. et al. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.



USO DE FILTRO CASEIRO DE AREIA PARA MELHORAR A QUALIDADE DA ÁGUA APÓS O USO NA MÁQUINA DE LAVAR

Rodrigo Gabriel de Oliveira Bastos¹

Larissa Pinheiro Silva²

Camille Caroline Santos Oliveira³

Rosa Maria dos Santos Silva⁴

Andréa Rodrigues Marques⁵

¹Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Cefet, rodrigobastos2001@gmail.com

²Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Cefet, laahsilva00@hotmail.com

³Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Cefet, camillecaroline07@gmail.com

⁴Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Cefet, rosamaria.474@gmail.com

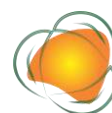
⁵Doutora em Ecologia e Conservação da Vida Silvestre e professora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Cefet, andreamg@cefermg.br

149

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida na Terra, desempenhando um papel fundamental na biodiversidade, nas atividades humanas e na manutenção dos ecossistemas (OLIVO & ISJIKI, 2015). No entanto, o uso excessivo e a falta de tratamento adequado têm levado à escassez de recursos hídricos em várias regiões. Para enfrentar esse desafio, a educação ambiental e o reúso de águas residuais têm sido considerados medidas importantes (QURESHI & HANIRA, 2010).

No contexto dos lares brasileiros, a prática comum de lavar roupas resulta em um consumo significativo de água potável. No entanto, essa água utilizada pode ser reaproveitada para atividades que não exigem água potável, como a lavagem de pisos, irrigação de jardins e descargas de vasos sanitários. Essa água, conhecida como água cinza, provém de chuveiros, banheiras, máquinas de lavar e pias de cozinha, excluindo o esgoto sanitário (ABEDIN & RAKIB, 2013; HAMODA, 2003; JAMRAH et al., 2011).



No entanto, um problema comum enfrentado ao armazenar a água proveniente da máquina de lavar é sua rápida degradação, tornando-se imprópria para reutilização em aproximadamente três dias, devido ao odor desagradável e à incerteza quanto à qualidade (SAUTCHUK et al., 2005). Esse desafio compromete a viabilidade do reuso da água cinza, uma vez que a água precisa ser armazenada antes de ser utilizada em outras atividades. Embora as águas cinza possam ser recicladas devido à sua menor concentração de poluentes em comparação com o esgoto sanitário, é importante ressaltar a possibilidade de contaminação por bactérias patogênicas devido ao uso de dispositivos sanitários (p. ex., pias e ralos de chuveiro) que podem introduzir contaminantes, como a urina (RAMPELOTTO, 2014).

As águas cinzas provenientes da lavagem de roupas podem apresentar altas concentração de produtos químicos devido aos sabões empregados que contém sódio, fosfato, boro, surfactantes, amônia e nitrogênio. Apresentam sólidos em suspensão e turbidez elevada e a demanda por oxigênio por ser alta (AHMAD & EL-DESSOUKY, 2008), podendo causar danos ambientais e a saúde se for lançada no solo ou na água sem tratamento.

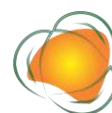
Para melhorar a qualidade das águas cinza e torná-las adequadas para reuso, pode-se considerar o uso de filtros de carvão ativado granular, um absorvente microporoso com alta capacidade de adsorção (CIOFU, 2015). Esses filtros têm demonstrado redução de nitrogênio por adsorção em sua superfície (SIDIBE, 2014).

Com base nessas informações, questiona-se se um sistema de filtragem caseiro pode remover turbidez e nitrogênio da água cinza. Este estudo, teve como objetivo desenvolver um filtro de areia caseiro para clarificar e remover o nitrogênio amoniacal da água proveniente da máquina de lavar doméstica após lavagem de roupas e armazenamento.

METODOLOGIA

Confecção do filtro e coleta da amostra de água

O filtro foi construído utilizando-se duas garrafas PET, areia média, areia fina, brita, carvão ativado, algodão e manta (geotêxtil). Inicialmente, as areias e britas foram lavadas para serem utilizadas com o objetivo de retirar toda a argila contida nestes sólidos. Após a secagem, iniciou-se a montagem do sistema, acomodando a manta e o algodão na “boca” da garrafa PET com a tampa. Foi necessário fazer um pequeno orifício na tampa para diminuir a vazão do fluxo da amostra de água cinza. Os outros materiais foram acomodados em camadas: primeiro a brita misturada em partes iguais com o carvão ativado granular Carvomax de forma que ocupasse um espaço de 10 cm de altura; logo em seguida, foi adicionado



respectivamente areia média e areia fina, ambas ocupando 10 cm de altura (Fig. 1). Após a construção, o filtro foi lavado com água potável até que nenhuma impureza fosse detectada no filtrado.

As amostras de água bruta foram recolhidas 24 hrs antes dos testes e foram armazenadas na geladeira à 8°C. Tanto as amostras de água bruta quanto as filtradas foram submetidas às análises de nitrogênio amoniacal, pH e turbidez.

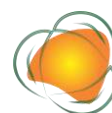


Figura 1. Filtro caseiro de areia.

Nitrogênio amoniacal

O método utilizado para determinar a concentração de nitrogênio amoniacal (NH_3^-) foi o colorimétrico de Nessler (FUNASA, 2004), que se refere à quantidade de amônia (NH_3) presente na forma de íons (NH_4^+) dissolvido em uma solução aquosa. Preparou-se dois reagentes para realização do teste: o Reagente 1, uma solução de tartarato de potássio a 50% em água (50 g de tartarato de potássio para 100 mL de água destilada); e o Reagente 2, 100 g de iodeto de mercúrio II com 70 g de iodeto de potássio em 300 mL de água destilada. Adicionou no Reagente 2, vagarosamente com agitação constante, 500 mL de hidróxido de sódio a 32% (160 g de NaOH para 500 mL de água destilada). Após esfriar, completou-se com água destilada o volume para 1000 mL. Uma solução padrão foi preparada dissolvendo 3,82 g de cloreto de amônio em 1000 mL de água destilada.

Para a realização do teste, 5 mL da água bruta e do filtrado foram transferidos cada um para tubos de ensaio e adicionado 1 gota do Reagente 1 seguido por agitação manual. Em seguida, mais 2 gotas do Reagente 2 foram adicionadas, seguido novamente por agitação manual. Os testes foram realizados em triplicata. Após dez minutos a leitura foi realizada no espectrofotômetro UV-Vis a 450 nm da marca Instrutherm. Uma curva analítica foi realizada com os seguintes pontos de concentração: 0, 05, 1, 2 e 10 mg/L. Os comprimentos de onda variaram entre 0 e 1.075.



Turbidez e pH

Para realizar as medidas de turbidez das amostras de água bruta e dos filtrados utilizou-se o Turbidímetro DLA- 1000/XX. A unidade de medida padrão para a turbidez é Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT), que indica a quantidade de partículas por unidade de volume da amostra. As medições foram realizadas em triplicatas. O pH das amostras de água analisadas foi determinado através do phmetro da marca Tecnal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As águas cinza podem ser claras e escuras, sendo as claras provenientes do chuveiro, lavatório e máquinas de lavar roupas e, as águas cinza escuras, as provenientes da pia da cozinha e máquinas de lavar pratos (ERIKSSON et al., 2002). Segundo a ANA (2005), os padrões de qualidade de água por classe de uso não potável, estabelece concentrações menores ou igual 20 mg/L de nitrogênio amoniacal, menores ou igual a 10 UNT e pH entre 6,0 e 9,0 para classe 1. Neste caso, esse efluente poderia ser usado para descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água) e lavagem de veículos segundo (ANA, 2005). Como apresentado na Tabela 1, tanto as amostras de água bruta e do filtrado o nitrogênio amoniacal encontra-se abaixo do que se pede na legislação. Observou-se que o filtro caseiro de areia retirou 33% do nitrogênio amoniacal presente na amostra de água bruta.

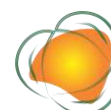
152

Tabela 1. Concentração de nitrogênio amoniacal, pH e turbidez da água após uso na máquina de lavar roupas (água bruta) e após filtragem no filtro de areia caseiro (água filtrada)

Análise	Água Bruta	Água Filtrada
NH ₃	13,99 mg/L	9,38 mg/L
pH	6,64	6,94
Turbidez	117 UNT	69 UNT

Comparando com outros estudos, os valores obtidos de nitrogênio amoniacal da água bruta após uso na máquina de lavar (13,9 mg/L) e após filtragem (9,38 mg/L) foram mais altos. Bazzarella (2005) encontrou concentrações de amônia no valor de 1,5 mg/L para amostras de águas cinza provenientes de máquina de lavar, enquanto Mendonça (2019) encontrou valores de 7,1 mg/L.

Os resultados mostraram que o filtro caseiro de areia diminuiu a turbidez em 41%, no entanto, para que seja autorizada seu reuso, a turbidez necessita estar abaixo de 5 UNT, segundo NBR 13969 (1997). Porém, segundo a CONAMA 357 (2005), permite para águas de



Classe II (recreação de contato primário) e III (recreação de contato secundário), o valor até 100 UNT.

Segundo a Portaria nº 2.914 (MS, 2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, o pH necessita ser mantido entre 6,0 e 9,0 no sistema de distribuição. Já a NBR 13969 (1997), que dispõe sobre o reuso de águas, orienta que para esse fim de águas classe 1, o nível de pH deve ser mantido entre 6,0 e 8,0. O pH da tanto da água bruta quanto do filtrado se enquadra nestes termos (Tabela 1).

Observou-se também que a água após armazenamento apresentava odor mesmo após a filtragem. A NBR 13969 (1997), pede-se que para que seja feito o reuso de água cinzas a mesma não pode possuir odores desagradáveis.

CONCLUSÕES

Considerando o tratamento proposto neste estudo para águas cinza de máquina de lavar roupa e valores exigidos para parâmetros de enquadramento de água à Classe 1 de reuso segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), os resultados apontaram para os parâmetros analisados que o nitrogênio amoniacal e o pH foram atendidos nesta amostra, porém os índices de turbidez não se enquadraram nas exigências. Recomenda-se melhorar a estrutura do filtro para diminuir a turbidez do filtrado e um pós-tratamento com cloração para eliminar o odor desagradável.

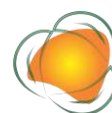
153

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Cefet-MG pelo apoio financeiro e ao técnico de laboratório Ricardo.

REFERÊNCIAS

- ABEDIN, S. B.; RAKIB, Z. B. Generation and Quality Analysis of Greywater at Dhaka City. *Environmental Research, Engineering and Management*, v.64, n.2, p.29-41, 2013.
- AHMAD, J.; EL-DESSOUKY, H. Design of a modified low-cost treatment system for the recycling and reuse of laundry wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, v.52, p.973-978, 2008.
- ANA. Conservação e reúso de água em edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.



BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de águas cinza para uso não potável em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.

CIOFU, F. Activated carbon (charcoal) obtaining. Application. Fiability & Durability Supplement nº 1/2015. Editora Academicca Brâncusi, Târgu Jiu, 2015.

CONAMA. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>.

ERIKSSON, E; AUFFARTH, K.; MOGENS, H.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. Urban Water. v.4, n.1, p.85-104, 2002.

FUNASA. Manual Prático de Análise de Água. 1. ed. Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde, 2004.

HAMODA, M. F. Potential of greywater use in the eastern mediterranean region. in: manual presented to CEHA, centre for environmental health activities. World Health Organization. Amman, Jordan. 2003.

JAMRAH, A.; AL OMARI, A.; AL QASEM, L.; ABDEL GHANI, N. Assessment of availability and characteristics of greywater in Amman. Water, v.31, n.2, p.210-220, 2011.

MENDONÇA, K. P. L. Tratamento de águas cinza provenientes de lavanderias visando reuso. 101f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Palmas, 2019.

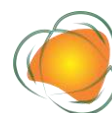
MS. Ministério da Saúde. Portaria Nº- 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <<https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/PORTARIA%20No-%202.914,%20DE%2012%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202011.pdf>>.

NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. RJ, 1997.

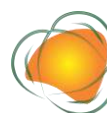
QURESHI, M. E.; HANJRA, M. A. Global water crisis and future security in an era of climate change. Food Policy, v.5, p.365-377, 2010.

RAMPELOTTO, G. Caracterização e Tratamento de Águas cinza visando reuso doméstico. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

SAUTCHUK, C. et al. Conservação e reuso da água em edificações. São Paulo: FIESP, 2005. SBQ. Ácido 4,4'-bis-(triazinilamino)-estilbeno-2,2, C20H16N8O 6S2.



SIDIBE, M. Comparative study of bark, bio-char, activated charcoal filters for upgrading grey-water: from a hygiene aspect. Soil and Water Management – Master's Program. Sweden.



AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES EM LATICÍNIOS DE GRANDE PORTE NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Isabelly Leite de Souza¹

Wesley Cardoso Costa²

Luís Antônio Coimbra Borges³

Mateus Pimentel de Matos⁴

¹Mestranda em Engenharia Ambiental – PPGEAMB, Universidade Federal de Lavras, UFLA, isabellyleitecvo@gmail.com

²Mestrando em Engenharia Ambiental – PPGEAMB, Universidade Federal de Lavras, UFLA, wesley.costa1@estudante.ufla.br

³Prof. Dr. Universidade Federal de Lavras – Campus Lavras-MG, Departamento de Engenharia Ambiental - DAM, luis.borges@ufla.br

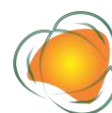
⁴Prof. Dr. Universidade Federal de Lavras – Campus Lavras-MG, Departamento de Engenharia Ambiental - DAM, mateus.matos@ufla.br

156

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação mundial com desenvolvimento sustentável e a qualidade dos recursos hídricos, tem demandado das indústrias ações para que minimizem os impactos ambientais da sua produção. As agroindústrias utilizam grandes quantidades de água no processamento de seus produtos e consequentemente geram grandes quantidades de efluentes líquidos que precisam ser tratados antes de serem dispostos. Dentre os setores industriais potencialmente poluidores e causadores de impactos ambientais, destaca-se a agroindústria de laticínios.

A produção leiteira é reconhecida mundialmente devido à grande utilização dos produtos derivados da atividade agroindustrial, tais como iogurtes, queijos, manteiga e doces. O Brasil ocupa a quinta posição no ranking mundial, tendo o estado de Minas Gerais como o maior produtor de leite (IBGE, 2016). Entretanto, apesar das contribuições econômicas e sociais substanciais, as atividades de laticínios estão associadas ao alto consumo de água e grande geração de efluentes líquidos e sólidos (CARVALHO, 2013).



Considerando os diversos impactos ambientais gerados pelas agroindústrias de laticínios, este estudo tem sua importância pautada na avaliação do modelo de tratamento de efluentes utilizados, visto que são gerados de 1,0 a 6,0 m³ de água residuária para cada m³ de leite processado em laticínios sem queijaria, e para aqueles que possuem, de 4,0 a 10,0 m³ (MATOS & MATOS, 2017). Quando não tratados adequadamente, esses efluentes podem causar alteração da qualidade da água dos corpos receptores, visto a elevada carga orgânica, concentração de sólidos e óleos e graxas, pH, além de altas concentrações nutrientes como o nitrogênio e fósforo (BAI et al., 2018).

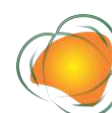
Cabe à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 definir valores de referência para mitigação dos impactos. Em suma, a supracitada dispõe sobre a classificação de corpos d'água, diretrizes ambientais para condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2008). Para atender aos padrões de lançamento dos efluentes é necessário um programa de monitoramento bem estabelecido e eficiência no sistema implementado. Para Almeida (2016), existe uma grande dificuldade em manter os padrões de lançamento por parte dos poluidores, que frequentemente evitam o investimento no controle da poluição, que reflete na eficiência do tratamento implementado.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi relacionar os modelos de tratamento utilizados pelas maiores indústrias mineiras de lácteos e as eficiências de remoção encontradas na literatura. Assim, busca-se apontar técnicas de reuso das águas residuárias e adequação ao modelo de tratamento, com o fito de aumentar a remoção de contaminantes e atender a legislação vigente.

157

METODOLOGIA

Para coleta de dados referente às técnicas de tratamento de efluentes de laticínios, foi realizada uma seleção de artigos científicos disponíveis em bancos de dados online como Google Scholar e Portal de Periódicos da Capes, bem como teses, livros, literatura nacional e internacional além da legislação vigente encontrados na rede mundial de computadores. Para tal, foram utilizadas palavras-chave para melhor delimitação da bibliografia, tais como: “laticínios”, “tratamento de ARL”, “tratamento de efluentes”, “águas residuárias de laticínios” e “reuso de ARL” e termos equivalentes em inglês. Os artigos, livros e teses delimitados ofereceram uma ampla perspectiva do que tem sido pesquisado em relação às tecnologias de tratamento em empreendimentos de lácteos no Brasil e potenciais aplicações mais sustentáveis. Vale ressaltar que na obtenção dos trabalhos acadêmicos não foi utilizado o



critério de seleção por artigos mais recentes ou mais antigos, entretanto, foram excluídos das duas análises os trabalhos de conclusão de curso.

Segundo a DN COPAM 217 de 2017, a atividade da indústria de lácteos possui potencial poluidor médio e seu porte é definido de acordo com a capacidade instalada, em litros. Os laticínios com capacidade entre 500 l a 30.000 l de leite/dia, 30.000 l a 120.000 l leite/dia e maior que 120.000 l de leite/dia possuem porte pequeno, médio e grande, respectivamente. No território mineiro, estão regularizados 55 laticínios, sendo 5 classificados como Classe 2, 35 de Classe 3, 16 enquadrados como Classe 4.

Para desenvolver a pesquisa foram avaliados os dezesseis processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos de classe 4. Os empreendimentos se enquadram nos códigos “D-01-06-1. Fabricação de produtos de laticínios, exceto envase de leite fluido” e “D-01-07-4 Resfriamento e distribuição de leite em instalações industriais e/ou envase de leite fluido.”, com Potencial Poluidor Médio e Classe 4, de acordo com a Deliberação Normativa COPAM Nº 217/2017. Dentre os empreendimentos estudados, um deles ainda se encontra na fase de instalação, sendo a licença de instalação deferida pelo órgão ambiental.

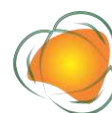
As gerações de efluentes líquidos possuem significativo potencial poluidor no corpo receptor se despejados sem tratamento. A partir dos dados dispostos no texto das licenças de cada empreendimento, foram listados os modelos de tratamento utilizados por cada empreendimento. Todas as licenças foram concedidas pelas SUPRAMs e foram obtidas, juntamente com os relatórios de automonitoramento no site do Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM).

Por fim, verificou-se a relação de eficiência encontrados na literatura para os parâmetros DBO, DQO, pH, Oxigênio dissolvido, temperatura, Nitrogênio, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, coliformes termotolerantes. Ainda, fez-se o apontamento das vantagens e possibilidades de reúso das águas residuárias de laticínios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características das águas residuárias de laticínios

As águas residuárias provenientes das agroindústrias de laticínios resultam das atividades desenvolvidas no processo produtivo e são constituídas por leite e derivados, açúcar, pedaços de frutas, condimentos, essenciais, além de detergentes, desinfetantes, areia, lubrificantes (MACHADO et al., 2002). Segundo Brião (2006), os laticínios têm como fonte de geração de efluente descarte de subprodutos, lavagem de equipamentos e instalações,



derramamentos, descarte de produtos rejeitados, soluções de limpeza, entre outros. As águas de refrigeração e as águas de caldeiras geralmente são recirculadas, então não são consideradas como águas residuárias.

Dentre os principais efluentes lácteos e agentes poluidores, tem-se o soro, que é cerca de cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico devido a elevada carga orgânica e altas concentrações de nutrientes. Na produção de 1 queijo, gera-se 9 litros de soro para 10 litros de leite utilizados no processo (LEITE et al., 2012). O soro é um efluente que não permite estocagem por muito tempo e possui alta carga orgânica, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) do soro varia de 25.000 a 120.000 mg L⁻¹, são necessárias medidas que permitam um tratamento e descarte adequado, além de meios de aproveitamento deste subproduto (SERPA, 2005).

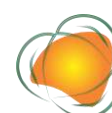
Os efluentes líquidos decorrentes dos processos empregados pela indústria de laticínios, a sua composição é influenciada pelos processos industriais utilizados e volume de leite processado (SILVA, 2011). Segundo CETESB (2006), a indústria de laticínios pode produzir um volume de 1 a 6 litros de efluente a cada litro de leite processado, um litro de leite possui cerca de 110000 mg de DBO e 210000 mg de DQO (MARGANHA, 2006). O leite, é composto em 87% por água, proteína em 3 a 4%, 3,5 a 6% de gordura, 5% de lactose e alguns minerais (SEREIA, 2014). Na Tabela 1 estão apresentados valores médios das principais variáveis físicas, químicas e bioquímicas dos efluentes industriais de fábricas de laticínios.

159

Tabela 1. Características das águas residuárias de laticínios segundo a literatura

Variáveis	Unidade	Água Residuárias de Laticínios (1)	Processamento do leite (2)	Soro (3)	Tanque de resfriamento de leite (4)
pH	-	5,5 - 13,0	4,0-7,0	4,5-4,9	5,6
DBO5	(mg L ⁻¹)	600-20.000	3.000-5.000	7.700- 40.000	403
DQO	(mg L ⁻¹)	600-56.000	5.000-1.0000	60.000- 68.000	702
Nitrogênio (N)	(mg L ⁻¹)	35-70	20-150	1.120	26
Fósforo (P)	(mg L ⁻¹)	<10 – 10	50-70	500	10
Sólidos Totais (ST)	(mg L ⁻¹)	300 - 10.000	3.000-7.000	1.350- 59.000	570
Óleos e Graxas	(mg L ⁻¹)	260-7.800	-	9.400	115

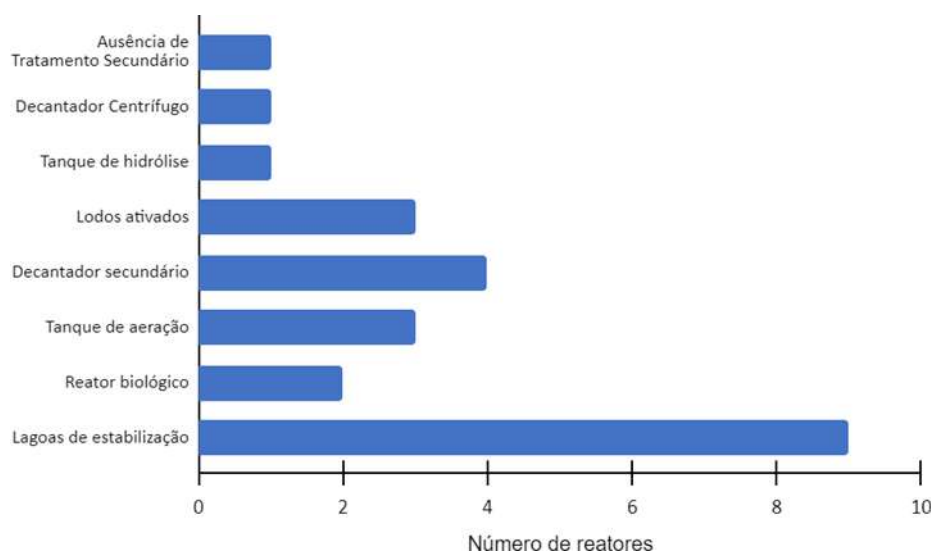
Fonte: (1) Matos e Matos (2017); (2 e 3) Karadag et al. (2015); (4) Saraiva et al. (2018).



Tratamento de efluentes de laticínios em processos de licenciamento ambiental

Pelo levantamento realizado apontou-se a existência de 16 empresas do ramo de laticínios na região estudada. Observou-se nos dados coletados que entre as empresas pesquisadas nenhuma utiliza processos estritamente físicos/físico-químicos no tratamento de seus efluentes. Portanto, todas adotam conjugação entre processos físicos e/ou físico-químicos como pré-tratamento e tratamento primário, e processos microbiológicos como tratamento secundário dos efluentes. Processos para completa remoção de nutrientes ocorrem por meio da conjugação entre etapas aeróbias e anaeróbias do tratamento (SPERLING, 2002).

Outrossim, verificou-se que quatro (25%) das empresas utilizam tratamento em nível terciário ao efluente, com uma etapa de polimento. É nítido a predominância de processos anaeróbios e/ou conjugados aplicados como tratamento secundário, visto que somente uma das empresas utilizam vias estritamente aeróbias no tratamento dos seus efluentes. A figura 1, apresenta a quantidade de cada tecnologia de tratamento secundário presente nos laticínios analisados.

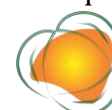


160

Figura 1. Tecnologias de tratamento secundário encontradas nos processos de licenciamento ambiental.

A utilização de sistemas de lagoas de estabilização é alta, visto que nove (56,25%) empresas empregam esta tecnologia nos seus processos. Sistemas de lagoas apresentam baixa complexidade, tanto construtiva quanto operacional, não necessitando de mão de obra qualificada alocada especificamente ao tratamento dos seus efluentes (SPERLING, 2002).

Segundo Sperling (2002), um dos maiores obstáculos na construção de lagoas de estabilização é a necessidade de grandes áreas para construção. Entretanto, observou-se que



14 (87,5%) dos laticínios estudados estão localizados em zona rural, com grande disponibilidade de área.

Os poluentes presentes no soro do leite não são destinados para estação de tratamento de efluentes. À exceção do soro, todos os demais efluentes podem ser tratados conjuntamente, incluindo aqueles com presença de detergentes e desinfetantes (MENDONÇA et al., 2015). Destarte, todos os processos analisados declararam que o soro é encaminhado para nutrição animal, doação ou venda para terceiros. A Tabela 2, elenca os principais resultados encontrados na literatura para as tecnologias de tratamento de ARL e eficiência de remoção dos contaminantes.

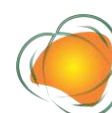
Tabela 2. Tecnologias de tratamento encontradas na literatura e eficiências médias de remoção

Autor	Tecnologias	Eficiência de Remoção (%)					
		DBO	DQO	ST	NTK	PT	O&G
Abreu et al. (2016)	Lagoas de estabilização	93,99	93,57	83,84	-	-	-
Azzolini (2013)	Lodos ativados e Lagoas de Estabilização	99,71	99,24	76,45	-	84,57	99,39
Rosendo (2021)	Lagoas de Estabilização	90,15	94	-	-	-	-
Mendonça et. al (2015)	Sistemas Alagados Construídos (SAC's)	86,5	-	-	-	-	-
Silva et al. (2018)	Sistemas Alagados Construídos (SAC's)	32,5	26,3	97	-	-	-
Britz et al. (2006)	Reator em batelada	-	93,5	63	-	-	-
AMINI et al. (2013)	UASB	-	71	-	95	96,5	-

161

Abreu et al. (2016), atestaram a viabilidade das lagoas de estabilização no tratamento de águas residuárias de laticínios. Segundo os autores, o sistema de tratamento de efluente, compreendido por grade de retenção, caixa de gordura, e lagoas de estabilização, é eficiente na remoção da concentração da matéria orgânica presente, bem como óleos e graxas. Foram apresentadas eficiências de 93,99, 93,57, 83,84 e 80,00%, para respectivamente, DBO, DQO, sólidos totais e sólidos sedimentáveis (ABREU et al., 2016).

Outrossim, Azzolini (2013) avaliou a eficiência do sistema de tratamento de efluentes por lodo ativado e lagoas de estabilização. O autor obteve eficiências de remoção de turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais, Óleos e Graxas, Cor, Fósforo, Ferro, DBO, DQO e Surfactantes, na ordem de 99,84; 98,82; 76,45; 99,39; 94; 84,57; 86,94; 99,24; 88,08; 99,71; 99,57 e; 97,71%, respectivamente.



Com o fito de comparar os resultados de análise de água de dois processos de tratamento de efluentes, sendo o sistema convencional de lagoas e o filtro biológico, Silva (2012) identificou que o sistema de biofiltro apresentou melhor desempenho em relação ao uso de lagoas, com uma maior remoção em todos os parâmetros analisados.

No trabalho realizado por Rosendo (2021), teve por objetivo avaliar a eficiência de uma estação de tratamento de efluentes de laticínio usando métodos convencionais de tratamento constituído por duas lagoas, uma anaeróbia e outra aeróbia. O processo de tratamento empregado se mostrou eficiente na remoção de poluentes, uma vez que os valores médios de pH (8,12), DQO (94%) e DBO (90,15%). O autor conclui que a ARL é potencialmente biodegradável e sugere a avaliação de outros parâmetros, tais como, sólidos e nutrientes.

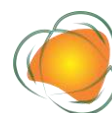
Para que a maior remoção de nutrientes ocorra, é indicado a da conjugação entre etapas aeróbias e anaeróbias do tratamento, entretanto alguns estudos indicam tecnologias capazes de realizar a remoção de nutrientes em uma única etapa de tratamento. Diante do exposto, o sistema Upflow anaerobic anoxic flocculated sludge bioreactor (UAASB) tem destaque, apresentando remoção de 71% para DQO, 95% para nitrogênio total e 96,5% para fósforo (AMINI et al., 2013). Não obstante, os processos de oxidação avançada têm sido considerados uma boa alternativa no tratamento de efluentes complexos como os de laticínios, podendo ser utilizados como pré-tratamento, aumentando a biodegradabilidade, pós-tratamento ou até como etapa única (MENDES, 2014).

162

Reúso das ARL e aproveitamento de subprodutos

Dentre as novas alternativas para disposição final do lodo gerado em estações de tratamento de efluentes, tem-se a reutilização para o uso em solos agrícolas e florestais, a exemplo da silvicultura de eucaliptos. O estudo realizado por Singh (2013), revelou que o lodo gerado pela indústria de laticínios é eficaz para o crescimento de rizóbios. Segundo os autores, 60% de lodo lácteo é um meio adequado para o crescimento obtendo melhores resultados quando comparado ao meio padrão usado para *Rhizobium*. Assim, concluíram que o custo de produção de biofertilizantes será reduzido com a reutilização do lodo da indústria de laticínios como substrato (SINGH et al., 2013).

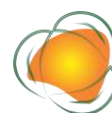
Outro aspecto relevante das indústrias de laticínios é que podem ser caracterizadas como grandes consumidores de energia. Klumb e Sainz (2018), aborda a reutilização dos lodos para geração de energia térmica. De acordo com os dados, os lodos gerados no



tratamento de ARL possuem elementos que através da oxidação têm capacidade de gerar calor. Portanto, é possível convertê-lo em combustível, a partir da queima em caldeiras. Vale ressaltar que independente da finalidade, a utilização de lodo não estabilizado é vetada pela Resolução CONAMA 375/2006. Portanto, deve-se considerar as substâncias patogênicas, presença de metais pesados e o método para estabilização.

Portanto, a digestão anaeróbia serve como uma alternativa para recuperação da energia contida nos resíduos, possibilitando a geração de biogás (FELDKIRCHER, 2015). De acordo com Chernicharo (2007), oriundo da digestão anaeróbia pode ser utilizado, tanto para o complemento de energia elétrica como na produção de calor. O autor explica que o biogás é constituído principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), amônia (NH_3) e gás sulfídrico (H_2S) (CHERNICHARO, 2001). Cruz (2019), em pesquisa realizada sobre a codigestão de lodo de laticínios, afirma que os biodigestores possuem potencial para o tratamento do lodo. A estrutura possui condições adequadas para que as estabilizações da matéria orgânica pelas bactérias, gerando o biogás.

No que tange aos efluentes líquidos, as indústrias de laticínios, o reuso de surge como uma alternativa sustentável para redução do consumo de água na lavagem de pátios, equipamentos, estruturas, torres de resfriamento, condensadores e alimentação da caldeira (FERNANDES & NAVAL, 2017). Ainda, o reciclo evita a sobrecarga nos sistemas de tratamento e atua como um instrumento na diminuição de custos (QUAGLIA et al., 2013). Devido à qualidade nutricional, rendimento e capacidade de contaminação do soro, é fundamental identificar alternativas que aproveitem ao máximo o soro (GIROTO & PAWLOWSKY, 2001). O soro de leite é utilizado há muitos anos para produzir alimentos para consumo humano e animal, 89% dos laticínios da Zona da Mata mineira utilizam o soro de leite para fabricação destes produtos (SILVA & CASTRO, 2006). Burke et al. (2001) observaram um aumento significativo da massa muscular em adultos jovens que suplementaram com whey protein e realizaram em comparação com um grupo que não recebeu suplementação. O uso do soro de leite como fertilizante é uma técnica muito comum em alguns países, pois este subproduto é fonte de nitrogênio, fósforo e potássio (GHERI et al., 2003). O soro de leite é utilizado industrialmente para produzir ácido láctico por meio de processos fermentativos é o substrato mais utilizado para esse fim (AZEVEDO et al., 2007).



CONCLUSÕES

Em consonância com os resultados obtidos, foi possível concluir que as empresas utilizam sistema primário de tratamento de efluentes baseados em métodos predominantemente físicos. O tratamento em nível secundário, biológico, apresenta predominância de sistemas conjugados para maior remoção de nutrientes. Os sistemas compostos por lagoas de estabilização, foram utilizados por 56,5% das empresas, o que pode ser reflexo da alta disponibilidade de área, visto que 87,5% dos laticínios de grande porte em Minas Gerais estão instalados em zona rural.

O reuso da água é pouco realizado pelas empresas estudadas. Em contrapartida, a literatura consultada traz resultados satisfatórios para destinação final ambientalmente adequada para o lodo gerado, tais como queima em caldeiras e aplicação como biofertilizante. Não obstante, há a possibilidade de aproveitamento energético do biogás gerado nas lagoas anaeróbias. Por fim, o efluente tratado pode ser reutilizado nos processos de lavagem e torre de resfriamento, evitando a sobrecarga de fontes de água potável, e o soro de leite pode ser utilizado para produzir alimentos para consumo humano e animal.

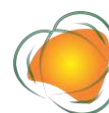
AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio.

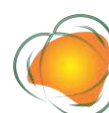
164

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. et al. Estimativa do desempenho das lagoas de estabilização em um laticínio. Synergismus Scientifica UTFPR, v.1, n.1, p.278-284, 2016.
- AMINI, M.; YOUNESI, H.; LORESTANI, A. A. Z.; NAJAFPOUR, G. Determination of optimum conditions for dairy wastewater treatment in UAASB reactor for removal of nutrients. Bioresource Technology, v.145, p.71-79, 2013.
- AZEVEDO, F. L. A. A. et al. Enriquecimento Nutricional de Pão de Forma com Soro de Leite em Pó. In: Congresso Nacional de Laticínios, 27, 2010, Juiz de Fora. Anais...Juiz de Fora: EPAMIG/ILCT, 2010. 1 CD-ROM.
- AZZOLINI, J. C.; FABRO, L. F. Monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de um laticínio da região meio-oeste de Santa Catarina. Unoesc & Ciência-ACET, v.4, n.1, p.43-60, 2013.



- BRIÃO, V. B. Estudo de Prevenção à Poluição de Resíduos Líquidos em uma Indústria de Laticínios. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006.
- FERNANDES, T. A.; NAVAL, L. P. Potencial de utilização de efluentes tratados de laticínios. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v.46, n.12, p.46-59, 2017.
- GHERI, E. O.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.6, p.753-760, 2003.
- GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. *Brasil Alimentos*, v.2, n.5, p.43-46, 2001.
- GOTTSCHALL, N.; BOUTIN, C.; CROLLA, A.; KINSLEY, C.; CHAMPAGNE, P. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. *Ecological Engineering*, v.29, n.2, p.154-163, 2007.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 8ª ed. Rio de Janeiro. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017. 916p.
- MAGANHA, M. F. B. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos. São Paulo. CETESB, 2006; 95p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 18 mai. 2022.
- MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; LO MONACO, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias de indústria de laticínios. *Engenharia Agrícola*, v 32, n.6, p.1144-1155, 2012.
- MENDONÇA, H. V. D.; RIBEIRO, C. B. D. M.; BORGES, A. C.; BASTOS, R. R. Sistemas Alagados Construídos em Batelada: remoção de demanda bioquímica de oxigênio e regulação de pH no tratamento de efluentes de laticínios. *Ambiente e Água*, v.10, n.2, p.442-453, 2015.
- MENDES, P. R. A.; ZIZAS, L. N.; FARIA, L. F. F. Utilização de processo oxidativo avançado do tipo foto-fenton na degradação de efluente da produção de queijos. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Química, 20, 2014, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2014.
- O'NEILL, A.; FOY, R. H.; PHILLIPS, D. H. Phosphorus retention in a constructed wetland system used to treat dairy wastewater. *Bioresource Technology*, v.102, n.8, p.5024-5031, 2011.
- QUAGLIA, A.; PENNATI, A.; BOGATAJ, M.; KRAVANJA, Z.; SIN, G.; GANI, R. Industrial process water treatment and reuse: a framework for synthesis and design. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v.53, n.5, p.5160-5171, 2013.
- ROSENDO, T. F. et al. Avaliação do sistema alagado construído (SAC) no tratamento de efluentes oriundos de agroindústrias de laticínios. 2021.



SARAIVA, C. B. et al. influence of substrate and species arrangement of cultivated grasses on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Engenharia Agrícola*, v.38, n.3, p.417-425, 2018.

SCHIERANO, M. C.; MAINE, M. A.; PANIGATTI, M. C. Dairy farm wastewater treatment using horizontal subsurface flow wetlands with *Typha domingensis* and different substrates. *Environmental Technology*, v.38, n.2, p.192-198, 2017.

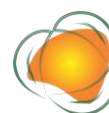
SILVA, D. J. P.; CASTRO, V. C. Perfil das micro e pequenas indústrias de laticínios da Zona da Mata mineira. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.61, n.2, p.249-253, 2006.

SEREIA, M. J. Planos de Aula- Tecnologia de Leites e Derivados, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

SILVA, A. C. F. M. Tratamento de resíduos líquidos de laticínios em Reator Anaeróbio Compartimentado seguido de Leitos Cultivados. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola. UNICAMP. Campinas, 2011.

VON SPERLING, M. Lagoas de estabilização. In: Lagoas de estabilização. 2002. p.196-196.

VON SPERLING, M.; SALAZAR, B. L. Determination of capital costs for conventional sewerage systems (collection, transportation and treatment) in a developing country. *Water, Sanitation and Hygiene for Development*, v.3, n.3, p.365-374, 2013.



RHODOPSEUDOMONAS PALUSTRIS MELHORA OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS NAS PLANTAS DE SOJA

Rafael Tadeu dos Santos¹

Daniele Maria Marques²

Thiago Corrêa de Souza³

Ana Clara Cruz da Silva⁴

Plinio Rodrigues dos Santos Filho⁵

¹Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, rafael.gouro@gmail.com

²Pós-doutoranda em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, danimarques.mm@gmail.com

³Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, thiago.souza@unifal-mg.edu.br

⁴Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, ana.cruz@sou.unifal-mg.edu.br

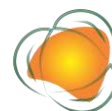
⁵Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, plinio.santos@unifal-mg.edu.br

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma cultura de grande importância econômica na agricultura brasileira e no mundo. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial, colhendo 154,8 milhões de toneladas na safra 2022/23 (CONAB, 2023). Esta cultura é fonte essencial de proteína vegetal, sendo utilizada na alimentação humana e animal. Contudo, ainda há necessidade de aumentar a produção desta cultura por diversos fatores.

Nos próximos anos, as restrições no uso de terra imporão aos produtores o desafio de aumentar a produção em áreas reduzidas. Essa demanda por maior eficiência agrícola surge em resposta à necessidade de conservar os recursos naturais e preservar ecossistemas sensíveis. Nesse contexto, a agricultura enfrentará a tarefa de otimizar o uso dos espaços disponíveis para suprir a crescente demanda alimentar mundial. Além disso, a agricultura é profundamente influenciada pelas condições meteorológicas e climáticas. Variações no clima, como secas, inundações, ondas de calor e padrões irregulares de precipitação, têm um impacto significativo na produção agrícola. Essa vulnerabilidade à meteorologia exige dos produtores o desenvolvimento de estratégias adaptativas e sistemas agrícolas resilientes para lidar com as flutuações climáticas imprevisíveis para garantir a segurança alimentar do planeta.

Diante desses desafios, uma nova possibilidade para os produtores são as bactérias fototróficas roxas não sulfurosas (PNSB). A *Rhodopseudomonas palustris* tem sido estudada



pelo seu caráter único de poder realizar a fotossíntese, o que a diferencia da maioria das bactérias (HARWOOD, 2022). A habilidade de adaptar-se a diferentes ambientes e suas respostas metabólicas versáteis são promissoras e podem trazer avanços significativos na agricultura (SAKARIKA et al., 2020; HARWOOD, 2022). O aprofundamento das pesquisas sobre essa bactéria poderá fornecer novos insights sobre suas interações com as culturas agrícolas, como a soja, e abrir novas perspectivas para melhorias na eficiência do uso de recursos naturais e na produtividade agrícola sustentável. Ademais, existem poucos resultados conclusivos sobre a inoculação desta bactéria e formas de aplicação/inoculação na soja. Diante dessa escassez de respostas, o conhecimento de como as características morfofisiológicas e bioquímicas das plantas são modificadas ainda é pouco explorada na literatura atual.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo verificar se a bactéria *Rhodopseudomonas palustris* contribuí nas trocas gasosas e crescimento das plantas de soja.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em condição de campo no centro experimental da empresa Grão de Ouro Agronegócios - Agrogalaxy, situado na Fazenda Primavera, Alfenas – MG, Brasil, nas coordenadas geográficas: 21°44'67" S, 46°01'08" W, e altitude média de 789 metros. As médias de temperaturas registradas durante o período de condução foram máxima de 32,4°C e mínima de 16,8°C e pluviosidade acumulada foi de 831mm.

O solo foi caracterizado quimicamente conforme a Tabela 1. A adubação foi realizada de acordo com a recomendação da análise química do solo, aplicando-se no momento na semeadura o formulado 04-20-00 (170 kg ha⁻¹). Para fornecimento de nitrogênio para a cultura da soja, foi realizada a inoculação das sementes aplicando 0,3 L ha⁻¹ de *Bradyrhizobium japonicum* com concentração de 5×10¹² UFC L⁻¹. O cultivar de soja foi AS3590 IPRO, do grupo de maturação 5.9, da empresa Agroeste®, considerado ciclo médio, colheita em torno de 120 dias após emergência. Nas aplicações, foi utilizado o produto composto por *Rhodopseudomonas palustris* que apresenta a concentração de 7,5 × 10⁵ unidades formadoras de colônia (UFC mL⁻¹) da bactéria.

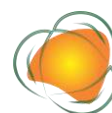


Tabela 1. Atributos químicos do solo na camada 0-20 cm, Alfenas – MG, Brasil

pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	
H2O	-----mg dm ⁻³ -----			-----cmolc dm ⁻³ -----				---%---		
5,6	15,2	191,1	0,1	2,9	0,8	3,0	4,3	7,3	58,6	2,3

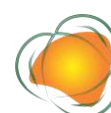
Métodos de extração: pH: água; P e K: Mehlich-I; Ca, Mg, Al:KCl; H+Al: Tampão SMP.

O delineamento experimental foi com blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram escolhidos por experimentos pilotos, e foram constituídos por: Controle (sem aplicação das bactérias), 1S - Aplicação das bactérias via pulverizador direto no sulco de plantio (1,0 L ha⁻¹), 1S1L - Aplicação das bactérias via pulverizador direto no sulco de plantio (1,0 L ha⁻¹) mais duas aplicações foliares em V6 – vegetativo e R1 – início do florescimento (1,0 L ha⁻¹), 1L - Aplicação foliar na fase V6 – vegetativo (1,0 L ha⁻¹), 2L - Duas aplicações foliares uma em V6 – vegetativo e outra em R1 – início do florescimento (1,0 L ha⁻¹), 3L - Três aplicações foliares uma em V6 – vegetativo, em R1 – início do florescimento e em R3 – formação das primeiras vagens (1,0 L ha⁻¹). Cada repetição foi composta por nove linhas de semeadura com 11 metros de comprimento e espaçadas em 50 centímetros. Foram semeadas dezesseis sementes por metro, seguindo a recomendação do cultivar para a região do Sul de Minas Gerais.

As trocas gasosas foram avaliadas no último trifólio totalmente expandido em duas plantas por parcelas, no período da manhã, entre 8 e 10 horas, na fase de V6 - sexto trifólio totalmente expandido. Foram avaliadas a taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração foliar (E) e carbono interno (Ci). A partir dos valores de A e Ci foi obtido a eficiência de carboxilação (A/Ci), e de A e E a eficiência do uso da água (WUE). Foi utilizado o analisador de gases infravermelho (IRGA – Infrared Gas Analyzer), modelo LI 6400XT (LI-COR, Lincoln, NE, EUA). As medidas foram com uma densidade de fluxo de fótons (PPFD) de 1000 µmol m⁻² s⁻¹ e temperatura foliar controlada (28°C).

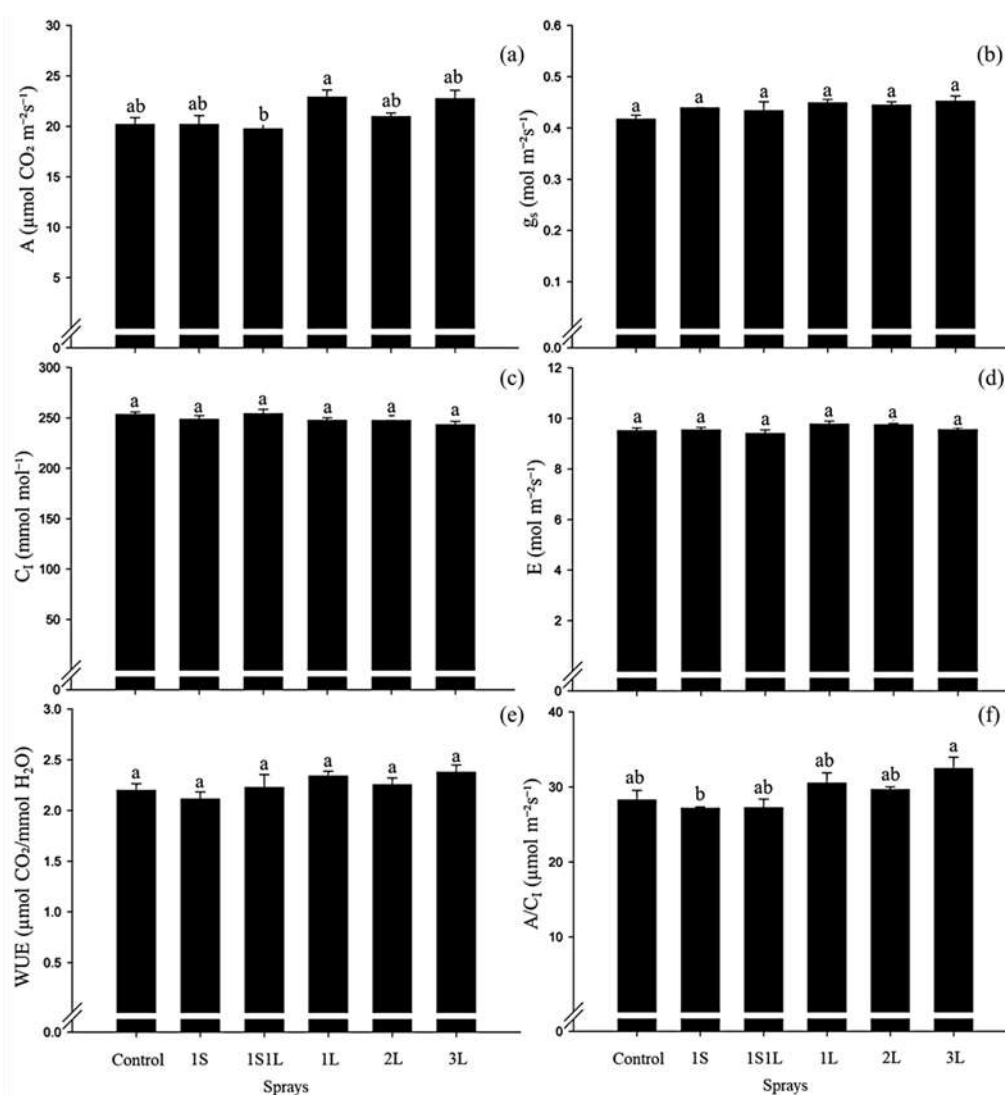
A altura das plantas foi avaliada 7 dias após a última aplicação em R3, utilizando trena, medindo da base da planta ao último trifólio totalmente expandido, juntamente com a avaliação do diâmetro do caule utilizando paquímetro digital. Para essas avaliações foram selecionadas vinte plantas de forma aleatória nas duas linhas centrais de cada parcela.

Para todos os parâmetros analisados foram calculadas as médias e o $\pm$ erro padrão (SE). Para análise estatística dos resultados, foi utilizado a análise de variância (ANAVA) e o teste de comparação de médias Tukey, a 0,05% de significância ($p < 0,05$), no programa Sisvar versão 5,6 (Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

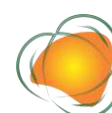
Nas trocas gasosas foliares da soja no estágio V6, a taxa fotossintética (A) foi maior no tratamento com apenas uma aplicação foliar de *R. palustris* (1L) quando comparado aos demais tratamentos ($p < 0,05$) (Fig. 1a). A condutância estomática (gs), carbono interno (Ci), transpiração (E) e a eficiência no uso da água (WUE) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos neste mesmo estágio fenológico da soja ($p < 0,05$) (Fig. 1bcdef). A eficiência de carboxilação (A/Ci) foi maior nas plantas com três aplicações foliares de *R. palustris* (3L) em relação aos demais tratamentos neste mesmo período de avaliação ($p < 0,05$) (Fig. 1f).



170

Figura 1. Trocas gasosas foliares da soja no estágio fenológico V6 (quinto trifólio totalmente expandido). (A) fotossíntese (a); (g_s) condutância estomática (b); (C_i) carbono interno (c); (E) transpiração (d); (WUE) eficiência no uso da água (e); (A/Ci) eficiência de carboxilação (f).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Cada valor indica a média do tratamento $\pm$ SE.



No presente estudo, foi demonstrado que a taxa fotossintética foi aumentada pela aplicação de *R. palustris* (1L) nas fases iniciais da cultura da soja. Este incremento em A pode estar associado com a produção de substâncias que promovem o crescimento de plantas, como ácido indol-3-acético (AIA) (WONG et al., 2014) e ácido 5-aminolevulínico (ALA) (KANTHA et al., 2010). *R. palustris* possui bacterioclorofilas que, além de absorver luz ultravioleta, também absorvem comprimentos de onda entre 800 e 870 nm, que compreende ondas infravermelhas (MIZOGUCHI et al., 2012). Assim, este fato poderia ter possibilitado uma faixa de comprimento de onda mais ampla, favorecendo um espectro de absorção maior para as plantas da soja (SOUNDARARAJAN et al., 2019).

Na variável altura de plantas, os tratamentos 1S1L e 1L apresentaram o maior desenvolvimento em relação aos demais tratamentos (Fig. 2a). Este resultado com 1L correlaciona com o das trocas gasosas, com o incremento na A, sugerindo que o uso dessa bactéria pode otimizar o crescimento dessa cultura. Em outras culturas, como por exemplo a manga, também foi observado o aumento da taxa fotossintética nas fases iniciais desta cultura com a aplicação de *R. palustris*, além de resultar em maior produtividade (LINO et al., 2023). De modo geral, a fotossíntese realizada na fase vegetativa é em grande parte reservada nos tecidos das plantas e re-translocada para o enchimento de grãos. Além disso, é possível que as raízes exploraram o perfil do solo, e aumentaram a absorção de nutrientes e água pelo estímulo ao sistema radicular com as substâncias que regulam o crescimento (AIA e ALA) (WONG et al., 2014; KANTHA et al., 2010). Contudo, observa-se que o maior diâmetro de caule da soja foi obtido no controle e com a aplicação de *R. palustris* em 1S1L (Fig. 2b), não alterando a altura das plantas de soja.

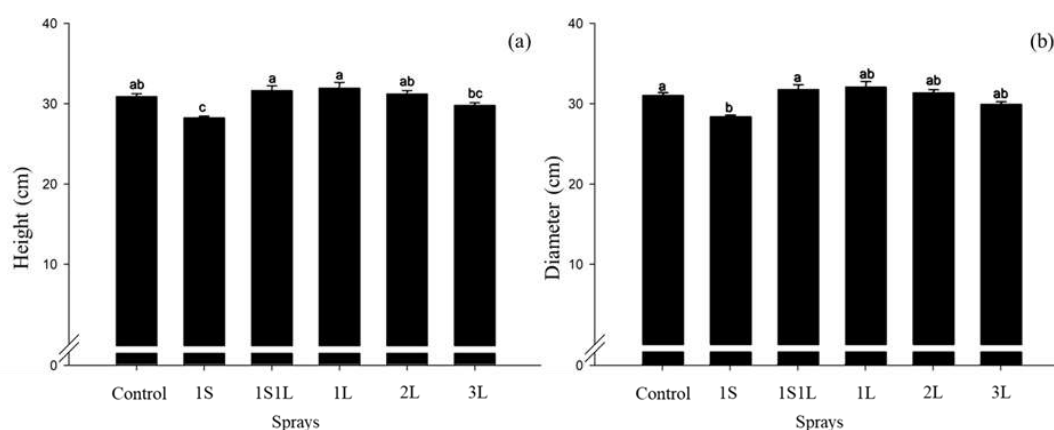
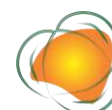


Figura 2. Altura (a) e diâmetro (b) do caule das plantas de soja em função da aplicação da bactéria *Rhodopseudomonas palustris*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Cada valor indica a média do tratamento $\pm$ SE.



Arashida et al. (2019) descreveram a *R. palustris* como uma cepa promissora usada como biofertilizante, pois pode usar a luz solar como energia e converter o dióxido de carbono atmosférico em biomassa. Deste modo, sugere-se mais pesquisas com esta bactéria em condições diferentes de manejo e com outras espécies de plantas cultivadas.

CONCLUSÕES

A aplicação de *R. palustris* melhora o desenvolvimento inicial das plantas de soja. A altura das plantas foi beneficiada com as aplicações desta bactéria. A aplicação foliar 1L de *R. palustris* proporciona melhor desenvolvimento das plantas, proporcionando incremento nas variáveis fisiológicas e crescimento da soja.

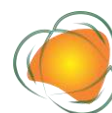
AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

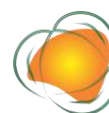
REFERÊNCIAS

- ARASHIDA, H. et al. Nitrogen fixation in *Rhodopseudomonas palustris* co-cultured with *Bacillus subtilis* in the presence of air. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v.127, n.5, p.589-593, 2019.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v.8. Safra 2022/23, n.8. 8º Levantamento. p. 1-106, 2023.
- HARWOOD, C. S. *Rhodopseudomonas palustris*. *Trends in Microbiology*, v.30, n.3, p.307-308, 2022.
- KANTHA T.; KANTACHOTE D.; KLONGDEE N. Potential of biofertilizers from selected *Rhodopseudomonas palustris* strains to assist rice (*Oryza sativa L. subsp. indica*) growth under salt stress and to reduce greenhouse gas emissions. *Annals of Microbiology*, v.65, p.2109-2118, 2015.
- LINO, J. O. S. et al. Application of *Rhodopseudomonas palustris* Moderates Some of the Crop Physiological Parameters in Mango Cultivar ‘Keitt’. *Erwerbs-Obstbau*, p.1-13, 2023.
- MIZOGUCHI, T. et al. Isolation and pigment composition of the reaction centers from purple photosynthetic bacterium *Rhodopseudomonas palustris* species. *Biochimica et Biophysica Acta*, v.1817, n.3, p.395-400, 2012.



SAKARIKA, M.; SPANOGHE, J.; SUI, Y.; WAMBACQ, E.; GRUNERT, O.; HAESAERT, G.; SPILLER, M.; VLAEMINCK, S. E. Purple non-sulphur bacteria and plant production: benefits for fertilization, stress resistance and the environment. *Microbial Biotechnology*, v.13, n.5, p.1336-1365, 2020.

WONG, W. T.; TSENG, C. H.; HSU, S. H.; LUR, H. S.; MO, C. W.; HUANG, C. N.; HSU, S. C.; LEE, K. T.; LIU, C. T. Promoting effects of a single *Rhodopseudomonas palustris* inoculant on plant growth by *Brassica rapa chinensis* under low fertilizer input. *Microbes and Environments*, v.29, n.3, p.303-313, 2014.



ATIVIDADE INIBIDÓRIA DA NORADRENALINA SOBRE A ENZIMA UREASE DE CANAVALLA ENSIFORMIS

Marcos Ruan Siqueira da Silva¹
Alysson Januário Inácio da Freiria²
Nayara Clarete da Penha³
José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva⁴
Plínio Rodrigues dos Santos Filho⁵
Daniele Maria Marques⁶

¹Graduando em Farmácia – Bacharelado, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL),
marcos.ryan@sou.unifal-mg.edu.br

²Graduando em Farmácia – Bacharelado, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL),
alyssoninacio2001@gmail.com

³Doutoranda em Ciências Ambientais – PPGCA, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL),
nayara.clarete.p@gmail.com

⁴Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Departamento de Bioquímica, zemasfs@gmail.com

⁵Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Departamento de Bioquímica, pliniosant@hotmail.com

⁶Pós-doutoranda no programa de Pós-graduação em Biotecnologia – PPGBIOTEC, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), danimarques.mm@gmail.com

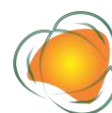
174

INTRODUÇÃO

A ureia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) é um dos fertilizantes convencionais mais comumente utilizado na agricultura. Este adubo contém nitrogênio, que é absorvido pelas plantas na forma de amônio e nitrato (HIREL et al., 2011). A ureia é altamente solúvel na solução do solo, e a presença da enzima urease no ambiente leva à sua rápida decomposição e liberação de amônio (NH_4^+) (AHMED et al., 2008).

A baixa eficiência de uso do N dos fertilizantes uréticos devido às perdas ambientais resulta em alto custo dos fertilizantes para a produção agrícola. Portanto, apenas 20 a 30% do nitrogênio disponível para a planta é absorvido e utilizado para seu crescimento. O restante do nitrogênio é perdido para o meio ambiente, contaminando as águas subterrâneas (NAZ & SULAIMAN, 2016).

A urease é uma proteína heteropolimérica, originária de células microbianas, resíduos vegetais e animais, que apresenta estrutura não homogênea e atividade dependente da fonte de urease. O sítio ativo desta enzima contém 2 íons níquel. Portanto, é uma metaloenzima



dependente de níquel (DIXON et al., 1975). Na entrada do centro ativo há um resíduo de cisteína móvel (KLIMCZYK et al., 2021).

As primeiras descrições do papel fisiológico da urease em seus organismos de origem foram associadas diretamente à sua natureza enzimática, que consiste na hidrólise da ureia formando amônia e dióxido de carbono (Figura 1) (CARLINI & LIGABUE-BRAUN, 2016). É a enzima com maior poder catalítico conhecido, apresentando uma aceleração de 100 trilhões de vezes na hidrólise espontânea da ureia ((KUMAR & WAGENET, 1984).

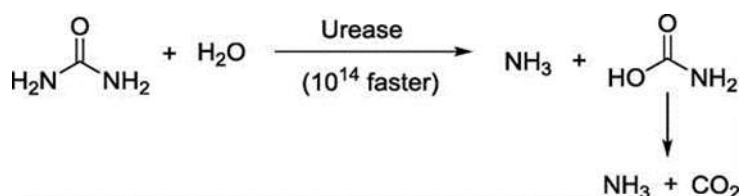


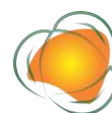
Figura 1. Representação da hidrólise da ureia catalisada pela urease. Fonte: Rego et al. (2018).

A maioria dos inibidores de urease foi sintetizada, como tioureia, fosforamida e sulfonamida, flavona, cumarina, chalcona, indol, ácido hidroxâmico, benzimidazol, tiazol, ácido barbitúrico e ácido tiobarbitúrico e quinazolinona, complexos metálicos e outros derivados. Porém, apenas alguns inibidores de urease têm mostrado perspectivas consideráveis na prevenção da perda de nitrogênio na agricultura (YANG et al., 2022).

A noradrenalina é um químico orgânico da família das catecolaminas que funciona no cérebro e no corpo humano como hormônio e neurotransmissor (MORGADINHO et al., 1995). Possui fórmula molecular $\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}_3$ com nomenclatura IUPAC 4-[(1R)-2-amino-1-hidroxietil]benzeno-1,2-diol (SBQ, 2023). Em termos de biossíntese, todas as catecolaminas (assim chamadas porque compartilham a porção catecol) são derivadas de um precursor comum, o aminoácido tirosina (KUCHAR et al., 1999).

Segundo Kulma e Szopa (2007), as catecolaminas também foram encontradas em muitas plantas e sua síntese é regulada por condições de estresse. Seu papel e ações são apenas parcialmente compreendidos. Elas estão envolvidas em muitos aspectos do crescimento e desenvolvimento, afetando as ações de vários hormônios vegetais e regulam o metabolismo dos carboidratos.

O desenvolvimento de novos inibidores de urease tem sido alvo de grande interesse nas indústrias alimentícia, agrícola e farmacêutica. Portanto, obter uma compreensão aprofundada de como esses inibidores atuam em relação à urease e como podem efetivamente inibir sua atividade é crucial para o desenvolvimento de novos compostos de alta eficiência (YANG et al., 2022).



Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver uma curva analítica do método colorimétrico baseado no uso do indofenol, para a liberação de amônio (NH_4) pela ação da enzima urease de *Canavalia ensiformis* e avaliar a ação inibitória da catecolamina noradrenalina sobre a taxa de hidrólise da ureia, catalisada pela mesma enzima, em diferentes concentrações.

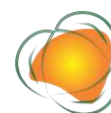
METODOLOGIA

A atividade da urease foi avaliada através da variação de concentração de cloreto de amônio. Foi desenvolvida uma curva padrão com a utilização de cloreto de amônio. A consequente formação de amônio de pelo método do indofenol, como descrito por Nain- Perez et al. (2019). A urease utilizada foi a proveniente de *Canavalia ensiformis* (Jack bean, tipo III, Sigma Aldrich-Merck). Neste ensaio, as concentrações de amônio testadas variaram de 50 μM à 600 μM , enquanto a concentração enzimática permaneceu constante em 12 mU.

Diferentes concentrações de noradrenalina (6,25; 12,5; 25 e 50 μM) foram incubadas com 12 mU de urease de *Canavalia ensiformis* em tampão fosfato 20 mM (pH 7.0) durante 30 minutos a 37°C para estabelecer o equilíbrio entre fármaco/enzima em poços de placas de 96 poços. Após esse período a ureia na concentração de 60 mM foi adicionada, e a reação continuada por 30 minutos a 37°C.

Decorrido o período de reação, 0,5 volumes de fenol 1% (m/v) em nitroprussiato de sódio (5 ppm) e 0,7 volumes de NaOH (0,5%, m/v) em 0,1% NaOCl (v/v) foram adicionados para promover a formação de indofenol e interromper a atividade enzimática, respectivamente. As reações foram mantidas a 37°C por 30 minutos para desenvolvimento da coloração e então a absorbância em 625 nm foi determinada, após 20 minutos das placas mantidas em temperatura ambiente para estabilização da coloração formada. Os valores de absorbância referentes à hidrólise da ureia foram comparados com aqueles na presença das diferentes concentrações de noradrenalina, sendo calculadas as porcentagens inibitórias para cada concentração testada.

Os experimentos foram realizados em triplicatas. Para a análise dos dados e preparação dos gráficos, foi utilizado o software GraphPad Prism versão 8.0.1 (GRAPHPAD, 2023). As médias de porcentagem inibitória foram analisadas através do software Sisvar (FERREIRA, 2011) e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível ($p < 0.05$) de probabilidade.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através da curva analítica do método colorimétrico apresentaram um intervalo de confiança, através do coeficiente de determinação equivalente à 0.99 (Figura 2). Isso mostra que a metodologia empregada foi eficaz para determinar a atividade da urease e validar possíveis inibidores da urease de *C. ensiformis*.

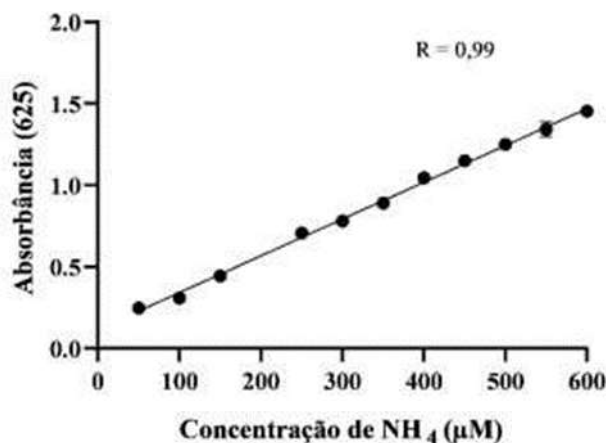
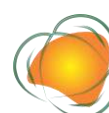


Figura 2. Curva analítica do método colorimétrico, frente a variação da concentração do íon amônio. Fonte: Autores (2023).

177

Os métodos colorimétricos baseiam-se na alteração ou aparência da cor após o processamento de uma reação química e podem ser utilizados como uma forma rápida de obter respostas qualitativas ou quantitativas. Um método simples, rápido, reproduzível e de baixo custo para avaliar inibidores enzimáticos (TAVARES et al., 2021).

Para a reação fenol-hipoclorito, o uso de catalisadores, particularmente o nitroprussiato de sódio, melhorou a sensibilidade e possibilitou determinações em quantidades ultramicro de amostra. Isso aumentou a viabilidade do método para aplicações bioquímicas como a estimativa de concentrações de amônio e ureia (WEATHERBURN, 1967). As concentrações de noradrenalina utilizadas foram eficientes para diminuir a taxa de hidrólise da ureia pela enzima. Todas as diferentes concentrações diferiram entre si, com exceção de 6,25 µM e 12,5 µM. Nos demais tratamentos, quanto maior a quantidade de noradrenalina, maior a porcentagem inibitória da atividade da urease. Consequentemente, 50 µM de noradrenalina resultaram em uma inibição de cerca de 38,2%.



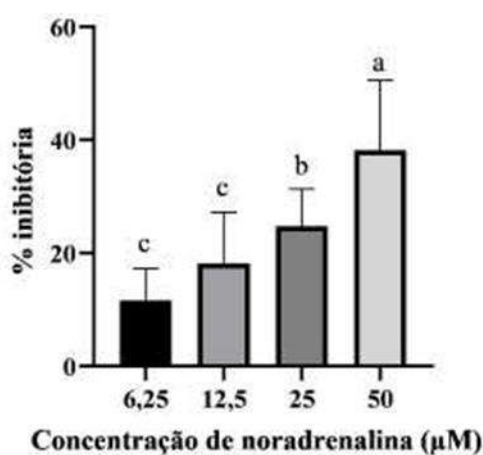


Figura 3. Porcentagem inibitória das diferentes concentrações de noradrenalina testadas.

Fonte: Autores (2023).

Catecóis têm sido descritos como inibidores covalentes potentes de ureases, agindo ao modificar a atividade de resíduos de cisteína na entrada dos sítios ativos enzimáticos (MAŠLANKA et al., 2023). De acordo com Kafarski e Talma (2018), já foram identificadas estruturas formadas por complexos inibidos de urease de *Sporosarcina pasteurii* com um ligante catecol. Através de modelagem molecular, foi constatado que o catecol participa da complexação do íon níquel, embora a interação mais relevante para a inibição ocorra com a cisteína localizada no retalho móvel que cobre o sítio ativo da enzima. Segundo Mazzei et al. (2017), a molécula de catecol inativa a urease alterando o retalho que controla a abertura e o fechamento do canal do sítio ativo, bloqueando-o na posição aberta.

Conforme relatado por Zanatta (2015), a urease encontrada em *Canavalia ensiformis* é capaz de induzir modificações comportamentais em baratas, envolvendo mecanismos tanto no sistema nervoso central quanto no periférico. Achados similares foram observados em pesquisas realizadas por Heberle (2015) em relação a esses insetos.

Considerando que as catecolaminas são os principais neurotransmissores desses animais, existe uma forte evidência de que essa classe de compostos pode interagir com a urease, como demonstrado neste estudo, resultando na inibição do processo de hidrólise da ureia (GULLAN & CRANSTON, 2005).

Segundo Ferreira, Silva e Kölln, o inibidor de urease NBPT não é eficaz em condições de solo ácido combinadas com alta disponibilidade de água, para a adubação na cultura do trigo. Hendrickson (1992) desenvolveu estudos em 78 locais de diferentes estados dos Estados Unidos em campos produtivos de milho e obteve um aumento de produtividade de apenas 3,8% em média para ureia + NBPT em relação à semente ureia. Desse modo, a noradrenalina

pode apresentar um maior potencial de diminuição de perdas de nitrogênio, se comparada ao NBPT, que já se encontra estabelecido no mercado agrícola.

CONCLUSÕES

O método colorimétrico baseado no uso do indofenol foi eficaz para determinar a atividade da urease e validar a atividade inibitória da noradrenalina sobre a urease de *C. ensiformis*. A noradrenalina se mostrou um inibidor eficiente da atividade desta enzima, com melhores resultados com o aumento das concentrações empregadas no presente estudo. Assim, a concentração de 50 μM gerou a maior porcentagem inibitória da hidrólise da ureia.

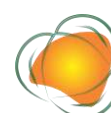
AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de uma bolsa de iniciação científica.

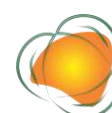
O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AHMED, O. H.; HUSIN, A.; HANIF, A. H. M. Ammonia volatilization and ammonium accumulation from urea mixed with zeolite and triple superphosphate. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, v.58, n.2, p.182-186, 2008.
- CARLINI, C. R.; LIGABUE-BRAUN, R. Ureases as multifunctional toxic proteins: a review. *Toxicon*, v.110, p.90-109, 2016.
- DIXON, N. E. et al. Metalloenzyme. Simple biological role for nickel. *Journal of the American Chemical Society*, v.97, n.14, p.4131-4133, 1975.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, L. A. R.; SILVA, S. R.; KÖLLN, O. T. Wheat yield and nitrogen utilization efficiency affected by urea coated with NBPT urease inhibitor and environmental conditions in brazilian rhodic oxisols. *International Journal of Plant Production*, v.16, n.2, p.313- 328, 2022.
- GRAPHPAD PRISM. Version 8.0.1 for Windows, GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA, 2023.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. The insects: an outline of entomology. Blackweel Publishing Ltd. Estados Unidos. 2005.



- HEBERLE, M. A. Avaliação da atividade induzida pela Jack Bean Urease (JBU) sobre o sistema nervoso de baratas da espécie *Nauphoeta cinerea*. 76f. Dissertação (Mestrado). Curso de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Pampa. São Gabriel, 2015.
- HENDRICKSON, L. L. Corn yield response to the urease inhibitor NBPT: five-year summary. *Journal of Production Agriculture*, v.5, n.1, p.131-137, 1992.
- HIREL, B. et al. Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability*, v.3, n.9, p.1452-1485, 2011.
- KAFARSKI, P.; TALMA, M. Recent advances in design of new urease inhibitors: a review. *Journal of Advanced Research*, v.13, p.101-112, 2018.
- KLIMCZYK, M.; SICZEK, A.; SCHIMMELPFENNIG, L. Improving the efficiency of urea- based fertilization leading to reduction in ammonia emission. *Science of the Total Environment*, v.771, p.145483, 2021.
- KUHAR, M. J.; COUCEYRO, P. R.; LAMBERT, P. D. Catecholamines. *Basic neurochemistry: molecular, cellular and medical aspects*, p.243-261, 1999.
- KULMA, A.; SZOPA, J. Catecholamines are active compounds in plants. *Plant Science*, v.172, n.3, p.433-440, 2007.
- KUMAR, V.; WAGENET, R. J. urease activity and kinetics of urea transformation in soils. *Soil Science*, v.137, n.4, p.263-269, 1984.
- MAŚLANKA, M. et al. Inhibitory activity of catecholic phosphonic and phosphinic acids against *Helicobacter pylori* ureolysis. *European Journal of Medicinal Chemistry*, v.257, e115528, 2023.
- MAZZEI, L. et al. Inactivation of urease by catechol: kinetics and structure. *Journal of Inorganic Biochemistry*, v.166, p.182-189, 2017.
- MORGADINHO, M. T.; RIBEIRO, C. A. F.; MACEDO, T. R. A. Electrical stimulation-induced release of dopamine and noradrenaline in human blood vessels. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, v.38, n.2, p.281-287, 1995.
- NAZ, M. Y.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. *Journal of Controlled Release*, v.225, p.109-120, 2016.
- NAIN-PEREZ, A. et al. Antiureolytic activity of substituted 2,5-diaminobenzoquinones. *Chemistry & Biodiversity*, v.16, n.12, e1900503, 2019.
- REGO, Y. F. et al. A review on the development of urease inhibitors as antimicrobial agents against pathogenic bacteria. *Journal of Advanced Research*, v.13, p.69-100, 2018.



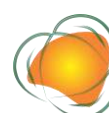
SBQ. Sociedade Brasileira de Química. Noradrenalina. 2023. Disponível em: [https://qnint.sbq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=A_3wEphgIKdNJPdfpgLli2c4I doS hPwAGVPr65nAURp6Buw-v5W-cbSIBtfu22aXCezfvV1R6MGpNLOtJPYeKg==#:~:text=A%20NORADRENALINA%2C%204%2D%5B\(1R,216%2D218%C2%B0C\)](https://qnint.sbq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=A_3wEphgIKdNJPdfpgLli2c4I doS hPwAGVPr65nAURp6Buw-v5W-cbSIBtfu22aXCezfvV1R6MGpNLOtJPYeKg==#:~:text=A%20NORADRENALINA%2C%204%2D%5B(1R,216%2D218%C2%B0C).). Acesso em: 23 jul. 2023.

TAVARES, M. C. et al. Paper-based analytical device with colorimetric detection for urease activity determination in soils and evaluation of potential inhibitors. *Talanta*, v.230, p.122301, 2021.

YANG, W. et al. An overview on the synthetic urease inhibitors with structure-activity relationship and molecular docking. *European Journal of Medicinal Chemistry*, v.234, p.114273, 2022.

WEATHERBURN, M. W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry*, v.39, n.8, p.971-974, 1967.

ZANATTA, A. P. Avaliação dos efeitos neurocomportamentais induzidos pela urease de *Canavalia ensiformis* (JBU) em baratas da espécie *Nauphoeta cinerea* (Olivier, 1789). 65f. TCC (Graduação). Curso de Bacharelado em Biotecnologia. Universidade Federal do Pampa. São Gabriel, 2015.



A APLICAÇÃO DE ÓXIDO NÍTRICO MODIFICA O TEOR DE AMINOÁCIDOS EM PLANTAS DE MILHO COM DESFOLHA PRECOCE?

Ana Clara Cruz da Silva¹

Daniele Maria Marques²

Plinio Rodrigues dos Santos Filho³

Thaysa Fernanda Silva Ruiz Martins⁴

Thiago Corrêa de Souza⁵

Danielle de Oliveira⁶

¹Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, ana.cruz@sou.unifal-mg.edu.br

²Pós-doutoranda em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, danimarques.mm@gmail.com

³Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, plinio.santos@unifal-mg.edu.br

⁴Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, truizmartins@gmail.com

⁵Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, thiago.souza@unifal-mg.edu.br

⁶Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, danielle.oliveira@sou.unifal-mg.edu.br

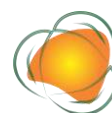
182

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes do agronegócio mundial. Este cereal é matéria prima para uma série de produtos que são utilizados tanto para o consumo humano quanto, principalmente, para o consumo animal. O Brasil é o 3º maior produtor mundial de milho, com uma produção estimada de 125.535,9 mil toneladas para a safra 2022/23 em uma área semeada de 21.975,4 mil hectares (CONAB, 2023).

A produtividade do milho é influenciada por diversos fatores bióticos, como o ataque de pragas e doenças, e por fatores abióticos, como radiação solar, disponibilidade de nutrientes, água e temperatura. Entre esses fatores abióticos, o estresse mecânico por desfolha é um aspecto pouco explorado na cultura do milho, apesar de ter efeitos na redução da área foliar das plantas. Chuvas de granizo, vento intenso e tráfego frequente de maquinários agrícolas são exemplos de fatores que podem causar desfolha nas plantas de milho (SILVA et al., 2021).

Dependendo da fase de desenvolvimento e da intensidade da desfolha, pode resultar em efeitos significativos no crescimento, integridade, sucesso reprodutivo e capacidade de



sobrevivência das plantas. Contudo, há vários indícios que em muitos casos, esta desfolha não altera a produtividade das plantas de milho (KARAM et al., 2020). Este fato é possível devido ao tamanho inicialmente pequeno das folhas nos estádios iniciais de crescimento do milho. Além disso, durante esses alcances iniciais, a região meristemática apical do caule fica abaixo do solo até o estágio de seis folhas totalmente expandidas (V6), o que permite a capacidade de retomada do crescimento pelas plantas desfolhadas.

As plantas podem desenvolver mecanismos de detecção e respostas a este estresse, que buscam reestabelecer a homeostase novamente através de complexas cascatas de sinalização, a fim de remodelar o sistema bioquímico, fisiológico e morfológico (KOUHEN et al., 2023). Essas sequências de reações bioquímicas têm a capacidade de alterar o metabolismo das plantas sob situações de estresse, recorrendo a substratos alternativos, como as proteínas. Isso pode levar a um aumento na quebra de proteínas (HILDEBRANDT et al., 2015), representando uma adaptação diante das condições desafiadoras.

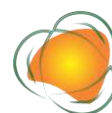
O uso de bioestimulantes vem obtendo grande destaque na atenuação de estresses ambientais. O óxido nítrico (NO) exógeno desempenha papel de bioestimulante, pois tem a capacidade de atuar como modulador do equilíbrio redox no sistema fotossintético e também como regulador do crescimento e desenvolvimento das plantas em condições de estresse (DOMINGOS et al., 2015). Dentre os doadores de NO encontra-se a S-Nitrosoglutationa (GSNO). Aplicações dessa molécula de forma exógena vem sendo associada a resultados promissores na recuperação de plantas estressadas (SILVEIRA et al., 2016).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi quantificar o teor de aminoácidos na parte aérea e raiz no processo de recuperação das plantas de milho submetidas à desfolha e sob a aplicação de GSNO.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unidade Educacional Santa Clara da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), localizada na cidade de Alfenas, no estado de Minas Gerais, Brasil, altitude de 818 m, coordenadas geográficas 21°25'20"S e 45°59'00" W. Temperatura média de 21°C, máxima de 34°C e mínima de 6°C.

Foi utilizado o híbrido de milho 4080 SHS (Santa Helena Sementes®). Para o cultivo foram utilizados vasos de 20 litros preenchidos previamente com solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, mantendo duas plantas por vaso. A adubação foi realizada de acordo com a recomendação da análise química do solo e todos os tratamentos fitossanitários



necessários à cultura foram aplicados. Foi realizada irrigação diária para manter o solo próximo a 60% da capacidade máxima de retenção de água durante todo o período experimental.

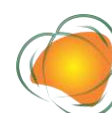
Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), constando de quatro tratamentos com quatro repetições cada e duas plantas por vaso. Os tratamentos foram controle (sem o dano mecânico por desfolha), desfolha (com o dano mecânico por desfolha no estágio V4), e desfolha com aplicação de duas concentrações de S-nitrosoglutathione (GSNO) de 50 μM e 100 μM . Dessa forma, os tratamentos foram dispostos da seguinte maneira: Controle; Desfolha; Desfolha + GSNO 50 μM e Desfolha + GSNO 100 μM .

Quando as plantas atingiram quatro folhas totalmente expandidas (V4) (31 dias após a semeadura) foram aplicados os tratamentos. A desfolha foi realizada com o auxílio de uma tesoura para eliminar toda a parte aérea das plantas nos tratamentos que receberam desfolha, mantendo-se uma altura de corte 5 cm acima da superfície do solo. No tratamento controle, as plantas foram cultivadas sem o dano mecânico.

Os tratamentos que receberam a aplicação de GSNO tiveram duas etapas de pulverização. Na primeira, as plantas foram pulverizadas com GSNO 12 horas antes da realização da desfolha, sendo aplicado com o auxílio de uma bomba manual cerca de 5 ml de solução por planta. Na segunda etapa, após 5 dias da realização da desfolha, as plantas receberam a aplicação do doador de NO seguindo o protocolo anterior, porém, aplicando cerca de 2 ml de solução por planta. Em ambas etapas, o tratamento controle e desfolha, receberam a aspersão de água destilada nas mesmas proporções.

A análise bioquímica no tratamento controle foram padronizadas na folha V6, que corresponde à sexta folha totalmente expandida. No tratamento com desfolha foi padronizada a primeira folha que se expandiu após o dano mecânico por desfolha, correspondendo também à V6. A primeira coleta foi realizada ao décimo quarto dia após o dano mecânico. A segunda coleta foi padronizada para o vigésimo primeiro dia e a terceira, para o vigésimo oitavo dia.

Os aminoácidos foram analisados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) de fase reversa (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão), por meio da derivatização com o reagente o-ftaldialdeído utilizando uma coluna C-18 (5 μm , 250 μM x 4,60 mm). O eluente da coluna foi monitorado com detector de fluorescência operando com comprimento de onda de excitação de 250 nm e de emissão de 480 nm (PUIATTI & SODEK, 1999).

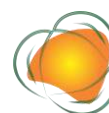


Para todos os parâmetros analisados foram calculadas as médias e o $\pm$ desvio padrão. Para análise estatística dos resultados, foi utilizado a análise de variância (ANAVA) e o teste de comparação de médias Tukey, a 0,05% de significância ($p < 0,05$), no programa Sisvar versão 5,6 (Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em plantas sob desfolha há uma clara priorização ao reestabelecimento do aparato fotossintético por meio da retomada de crescimento. Dessa forma, é necessário que haja uma remobilização de C e N entre fonte-dreno (MEURIOT et al., 2018). Onde, a demanda energética das novas folhas deve ser suprida pela degradação de proteínas, oxidação de aminoácidos e degradação de compostos de armazenamento como o amido, até o completo reestabelecimento da capacidade fotossintética (GALILI et al., 2014; HILDEBRANDT et al., 2015).

Nas folhas, ao 14º dia, as plantas do tratamento controle mostraram superiores aos demais tratamentos, e as plantas de milho com aplicação do GSNO 50 μM foram superiores ao tratamento com desfolha (Figura 1A). Este aumento nas plantas controle mostra a direta relação fonte-dreno independente de estresse. No 21º após a desfolha, o tratamento controle, assim como os demais sofreram uma queda em seu conteúdo, e, o tratamento controle foi menor em seu conteúdo que os demais, sendo o tratamento com GSNO 100 μM , de maior conteúdo, seguido pelo tratamento do GSNO 50 μM (Figura 1A). No 28º dia após a desfolha, as plantas com a aplicação de GSNO 100 μM apresentaram maior teor de aminoácidos quando comparado aos demais tratamentos (Figura 1A). As raízes, ao 14º de avaliação, o tratamento controle se mantém com o seu conteúdo superior estatisticamente aos demais tratamentos, contudo, ambos tratamentos com aplicação de GSNO foram superiores ao tratamento desfolha (Figura 1B). Ao 21º dia, o tratamento controle foi maior em seu conteúdo de aminoácidos em relação aos demais tratamentos (Figura 1B). No 28º dia após a desfolha, o tratamento desfolha foi superior ao controle e o tratamento com GSNO 50 μM , foi o que deteve menor conteúdo entre os demais (Figura 1B).



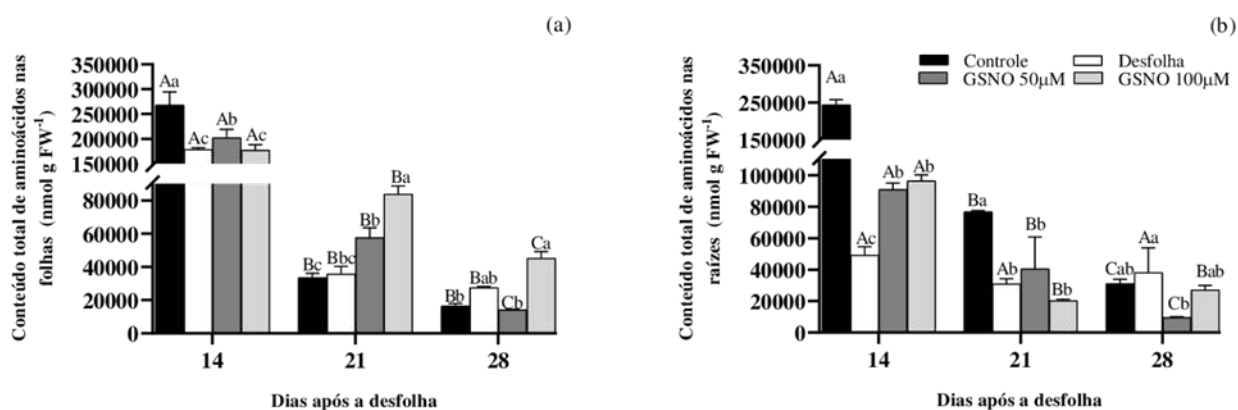
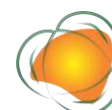


Figura 1. Teor de aminoácidos totais nas folhas (A) e raízes (B) das plantas de milho submetidos a desfolha. Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$). Letras maiúsculas comparam os tratamentos nos tempos. Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada tempo. Cada valor indica a média do tratamento $\pm$ desvio padrão da média (SD).

O óxido nítrico (NO) é um radical livre gasoso envolvido em praticamente todas as fases do ciclo de vida da planta e pode ser considerado uma molécula sinalizadora pleiotrópica. Portanto, é possível que o NO tenha induzido as plantas desfolhadas a reestabelecer o crescimento após o dano mecânico. Além disso, por ser tão dinâmico, o óxido nítrico surge como uma abordagem muito significativa em diferentes modelos de estudo para aumentar a eficiência da planta e/ou tolerância a estresses. Uma vez que os efeitos de sinalização do óxido nítrico dependem muito da concentração e da forma de aplicação, justificando, de forma geral, os resultados encontrados nas folhas 50 (μM) e nas raízes 100 (μM) do milho.

O metabolismo do nitrogênio está diretamente relacionado às respostas dos aminoácidos e seus pools mediante a estresses, como a desfolha. Em condições de estresse, os pools de aminoácidos podem ser fortemente induzidos, visto que, são as principais fontes de nitrogênio, especialmente em folhas (HILDEBRANDT et al., 2015). Assim, a regulação de conteúdo de aminoácidos e seu transporte pela da planta são critérios para a adaptação da mesma ao status de carbono e nitrogênio, para seu desenvolvimento e defesa (ARNOLD et al., 2015; ZEIER, 2013). Além disso, Meuriot et al. (2018) descreveram que a reserva de nitrogênio das raízes contribui para a recuperação do conteúdo de nitrogênio para as folhas em crescimento, quando as plantas passam por algum fator estressante.

Notavelmente, houve uma redução no conteúdo dos aminoácidos de acordo com o desenvolvimento e envelhecimento das folhas em todos os tratamentos, sendo a maior



concentração de aminoácidos observada no décimo quarto dia após a desfolha (Figura 1). De fato, folhas em crescimento necessitam de uma maior realocação de compostos de carbono e nitrogênio entre as raízes e as folhas, não só em casos de desfolha (MEURIOT et al., 2018), o que explica, em partes, o declínio do conteúdo de aminoácidos nas plantas ao longo do tempo. Ademais, alterações na concentração de N estão associadas ao envelhecimento das folhas, que podem demonstrar diminuição na concentração de N com o aumento da idade das células e tecidos, de modo que, o N é mobilizado para tecidos mais jovens devido às relações fonte-dreno (LEFEVRE et al., 1991). Além disso, a proporção do material da parede celular é aumentada conforme o envelhecimento, o que causa uma aparente diminuição na concentração de N como porcentagem da massa seca (KOZLOWSKI & PALLARDY, 1997). Em conjuntura, conforme o passar dos dias, os níveis de aminoácidos, não só reduziram, mas iniciaram um processo de semelhança, o que pode inferir que as plantas desfolhadas se recuperam e se assemelham aos controles, no final.

CONCLUSÕES

Conclui-se que as plantas de milho que passaram pela desfolha precoce conseguem se recuperar bioquimicamente do estresse no vigésimo oitavo dia após a desfolha.

A aplicação de GSNO, em ambas concentrações, foi capaz de promover um aumento de aminoácidos nas plantas que passaram por desfolha. Este bioestimulante pode favorecer a recuperação de plantas que passaram por desfolha precoce.

187

AGRADECIMENTOS

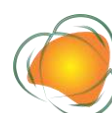
À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES, Pós-doc estratégico - PDPG.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

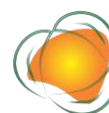
À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto – APQ-00251-22.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, A.; SAJITZ-HERMSTEIN, M.; NIKOLOSKI, Z. Effects of varying nitrogen sources on amino acid synthesis costs in *Arabidopsis thaliana* under different light and carbon-source conditions. PLoS ONE, v.10, n.2, p.1–22, 2015.



- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v.8 – Safra 2022/23, n.8 – 8º Levantamento. p. 1-106, 2023.
- DOMINGOS, P. et al. Nitric oxide: a multitasked signaling gas in plants. *Molecular Plant*, v.8, n.4, p.506-520, 2015.
- GALILI, G. et al. The role of photosynthesis and amino acid metabolism in the energy status during seed development. *Frontiers in Plant Science*, v.5, p.1-6, 2014.
- HILDEBRANDT, T. M. et al. Amino acid catabolism in plants. *Molecular Plant*, v.8, n.11, p.1563-1579, 2015.
- KARAM, D.; BORGHI, E.; MAGALHAES, P. C.; PAES, M. C. D.; PEREIRA FILHO, I. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, T. C.; ADEGAS, F. S. Antecipe: cultivo intercalar antecipado. Brasília, DF: Embrapa, 120 p., 2020.
- KOUHEN, M. et al. The course of mechanical stress: Types, perception, and plant response. *Biology*, v.12, n.2, p.217, 2023.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. Nitrogen Metabolism. *Physiology of Woody Plants*. 2 ed. Elsevier, 1997. p.189-209.
- LEFEVRE, J.; BIGOT, J.; BOUCAUD, J. Origin of foliar nitrogen and changes in free amino-acid composition and content of leaves, stubble, and roots of perennial ryegrass during re-growth after defoliation. *Journal of Experimental Botany*, v.42, n.1, p.89-95, 1991.
- MEURIOT, F. et al. Short-term effects of defoliation intensity on sugar remobilization and N fluxes in ryegrass. *Journal of Experimental Botany*, v.69, n.16, p.3975-3986, 2018.
- PUIATTI, M.; SODEK, L. Waterlogging affects nitrogen transport in the xylem of soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.37, n.10, p.767-773, 1999.
- SILVA, T. R. G. et al. Abiotic factors in plant growth and flowering. *Research, Society and Development*, v.10, n.4, 2021.
- SILVEIRA, N. M. et al. Exogenous nitric oxide improves sugarcane growth and photosynthesis under water deficit. *Plant*, v.244, n.1, p.181-190, 2016.
- ZEIER, J. New insights into the regulation of plant immunity by amino acid metabolic pathways. *Plant, Cell and Environment*, v.36, n.12, p.2085-2103, 2013.



ANÁLISE AMBIENTAL DAS TIPOLOGIAS DE OCUPAÇÃO E USO DA BORDA DE UM RESERVATÓRIO HÍDRICO

Luiz Henrique Freguglia Aiello¹

Afonso Peché Filho²

Jô Vinícius Barrozo Chaves³

Admilson Írio Ribeiro⁴

Moises Storino⁵

¹Doutorando em Engenharia Ambiental – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – Instituto de Ciências e Tecnologia – Campos Sorocaba – SP, luiz.aiello@unesp.br

²Pesquisados Doutor do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, Centro Engenharia e Automação-CEA, Jundiaí-SP, afonsopeche@gmail.com

³Doutorando em Engenharia Ambiental – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – Instituto de Ciências e Tecnologia – Campos Sorocaba – SP, jo.chaves@unesp.br

⁴Prof. Doutor em Ciências Ambientais – UNESP, Universidade Paulista, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – Instituto de Ciências e Tecnologia – Campus de Sorocaba – SP, admilson.irio@unesp.br

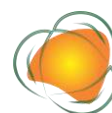
⁵Pesquisados Doutor do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, Centro Engenharia e Automação-CEA, Jundiaí-SP, storino@sp.gov.br

189

INTRODUÇÃO

Os impactos socioambientais decorrentes da ocupação e uso das áreas de borda de um reservatório, à primeira vista, são preponderantemente pouco nocivos ao ambiente e proporcionam benefícios sociais e econômicos. De certa forma, sociedade aceita passivamente argumentos que apresentam as relações de custos e benefícios favoráveis à permanência de diferentes tipos de ocupação em áreas de reservatórios públicos.

Para Anderson et al. (2014) as condições estabelecidas e praticada atualmente no entorno de reservatórios por meio da análise de custo-benefício se mostra incompatível com práticas de sustentabilidade e não deve ser utilizado para avaliar soluções propostas para problemas de sustentabilidade e segurança hídrica. De acordo com os mesmos autores, outros métodos da economia ambiental são mais apropriados para uso na ciência da sustentabilidade. Todavia, se observarmos os potenciais usos e ocupações a partir de uma ótica do comprometimento a longo prazo das condições de qualidade e quantidade



hidrológica, de superfície e subterrânea, tal situação incorrer em danos ambientais que se acumulam sob esses ambientes.

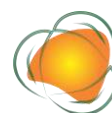
Nesse sentido, a ocupação irregular e uso do solo em áreas de preservação permanente são condicionantes para a construção de pontos de fragilização ambiental. Dessa forma, partindo da vulnerabilidade natural do local e com base nas condições sociais, econômicas e políticas as áreas no entorno dos reservatórios hídricos públicos, observa-se diferentes tipologias de ocupação com consequente potencial a ocorrência de impactos ambientais de diferentes intensidades e magnitude.

Nesse escopo, segundo Sobral et al. (2017), nas últimas décadas, vem se intensificando cada vez mais a poluição dos solos e consequentemente, dos sistemas aquáticos, em decorrência principalmente do desmatamento e do uso intensivo do solo. Segundo os mesmos autores, tais fenômenos causam erosão com carreamento de fertilizantes para os corpos hídricos, aumentando diversos constituintes na água reservada.

Barros (2019) afirma que a gestão de recursos ambientais, principalmente o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, tem seu aprimoramento galgado na soma de modelos de desenvolvimento sustentáveis com a avaliação de impactos cumulativos e sinérgicos das intervenções antrópicas, que facilitam a compreensão das interações entre diversos fatores, bem como a dinâmica dos processos naturais e as intervenções antrópicas. Para esse autor, a identificação das fontes de poluição hídrica contribui para a minimização dos impactos e danos ambientais na preservação das fontes de abastecimento, além de contribuir na universalização do saneamento básico.

De acordo com Doka et al. (2000), apesar dos danos ambientais causados por aquecimento, acidificação do solo, eutrofização do solo e água, destruição da camada de ozônio e poluição climática serem identificados como padrões ambientais importantes, poucas vezes são mencionados ou relacionados como uma categoria de impactos de ocupação e uso da terra. Segundo os autores, uma triagem de caracterização da tipologia de ocupação e uso do solo se apresenta como fundamental na avaliação adequada dos danos e impactos ambientais potenciais.

Nesse cenário Campos Filho (2010) afirma que determinados grupos de cidadãos querem ocupar e viver em regiões legalmente impróprias da cidade, como exemplo, o caso das margens de reservatórios que possui proteção ambiental legislativa, e criam, segundo o autor um verdadeiro imbróglia ambiental para si mesmos. Fry (2009) ressalta que os problemas originários de nossos atos coletivos e às vezes individuais aparecem nas consequências da



paisagem artificial. Também segundo esse mesmo autor, vivemos, pois, cultivando uma visão artificial da “natureza” e uma noção descomprometida dos danos e impactos sobre ela.

Victorino (2014) descreve que a racionalidade que orienta os bases legais e conceituais de proteção de mananciais fundamenta-se no risco ambiental apresentado pelas circunstâncias que transcorre o processo de ocupação e uso do solo. Desta forma, segundo o autor, as atividades socioeconômicas nas bacias hidrográficas devem obedecer a parâmetros específicos de ocupação e uso do solo, que visam o controle das fontes de poluentes.

Para Rodrigues e Rodrigues (2017) operacionalmente, uma avaliação de impacto ambiental deve considerar a interação entre a fonte de impacto e o meio receptor dos efeitos, incluindo os atores sociais intervenientes. Segundo Parsekian e Cordeiro (2011) o mundo permeia um momento crítico em relação às questões ambientais. Assim, a crescente ocupação de áreas naturais inadequadas ao urbanismo e ao ruralismo são algumas das causas de problemas relacionados ao meio ambiente. Na procura de alternativas para o cenário crítico, busca-se como ações, prevenir ou minimizar os danos e impactos visando um melhor uso dos recursos da natureza. Essas ações podem ser delineadas dentro de um sistema de gestão ambiental.

Conforme o exposto, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta metodológica para organizar um modelo de análise ambiental para um conjunto de áreas na borda de um reservatório hídrico. Nesse sentido, busca-se também elencar os impactos e danos ambientais potenciais resultante das diferentes tipologias de ocupação e uso antrópico dentro da área de preservação permanente no entorno do reservatório. Essa análise se apresenta exploratória e busca subsidiar ações para identificação de potenciais elementos de degradação e cargas poluidoras proveniente da região de borda dos reservatórios.

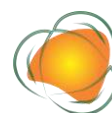
191

METODOLOGIA

Para o estudo foi escolhida uma imagem do reservatório hídrico pertencente ao DAE de Jundiaí – SP. Localizada nas coordenadas de Latitude 23°08'55" e 23°09'13"S, Longitude 46°53'37" e 46°52'51"O e Altitude 713 metros.

A elaboração da proposta de caracterização de uso do solo e análises ambiental foi esquematizada em sete fases (Figura 1). A 1ª Fase, caracteriza-se pela seleção de imagem de satélite obtidas a partir do plugin Quickmapserver do Sistema Informação Geográfico QGIS.

Em sequência, na 2ª Fase, foi delimitação de bordas para caracterização da região de interesse. Para isso foi adaptado o método de análise fotogramétrica proposto por Teixeira et



al. (2017), que utilizou imagens para delimitação de áreas de preservação permanente em reservatório hídrico. Sendo assim, elaborou-se um mapa das áreas do entorno (bordas) do reservatório, num raio de 100 m, buscando caracterizar a área de preservação permanente (APP).

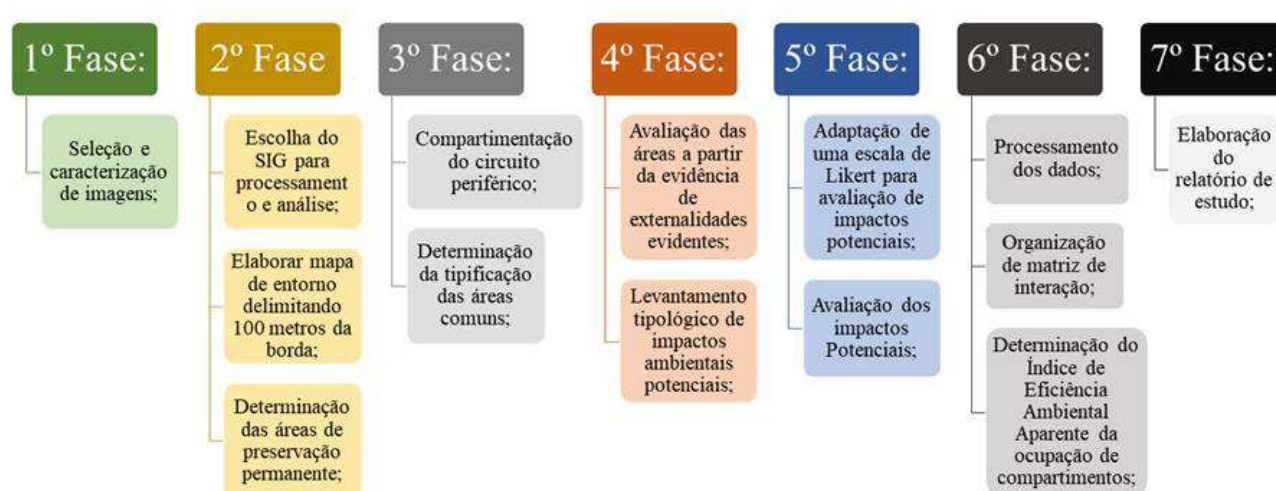


Figura 1. Fluxograma das fases e procedimento de análise de impacto potencial de borda em represas. Fonte: Aiello et al. (2023).

Na 3ª Fase, a área delimitada é compartimentada em diferentes cenários de ocupação e uso do solo.

Na 4ª Fase, com auxílio da análise de externalidades evidentes (AEE) NORONHA (2017) determinou-se, visualmente o potencial de produção impacto ambiental de cada compartimento.

Na 5ª Fase, visualmente os impactos potenciais são avaliados utilizando uma adaptação da escala de Likert de acordo com a proposta de MONTE (2020) para ponderação da condição ambiental em 4 dimensões (magnitude, intensidade, vulnerabilidade e risco), 3 meios de ocorrência (físico, biótico e antrópico) e 3 classes de notas para condição aparente de ocupação (1) inadequada, (3) regular e (5) adequada.

Na 6ª Fase, os dados são organizados numa matriz de interação e processados com base em álgebra simples e na determinação de um número índice, denominado Índice de Eficiência Ambiental Aparente (IEAA).

Na 7ª Fase ocorre a elaboração do Relatório de Estudos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 ilustra a composição de resultados obtidos com a execução da primeira, segunda e terceira fases. Como destaque tem-se a proposta de seleção e localização dos 19 compartimentos de ocupação.

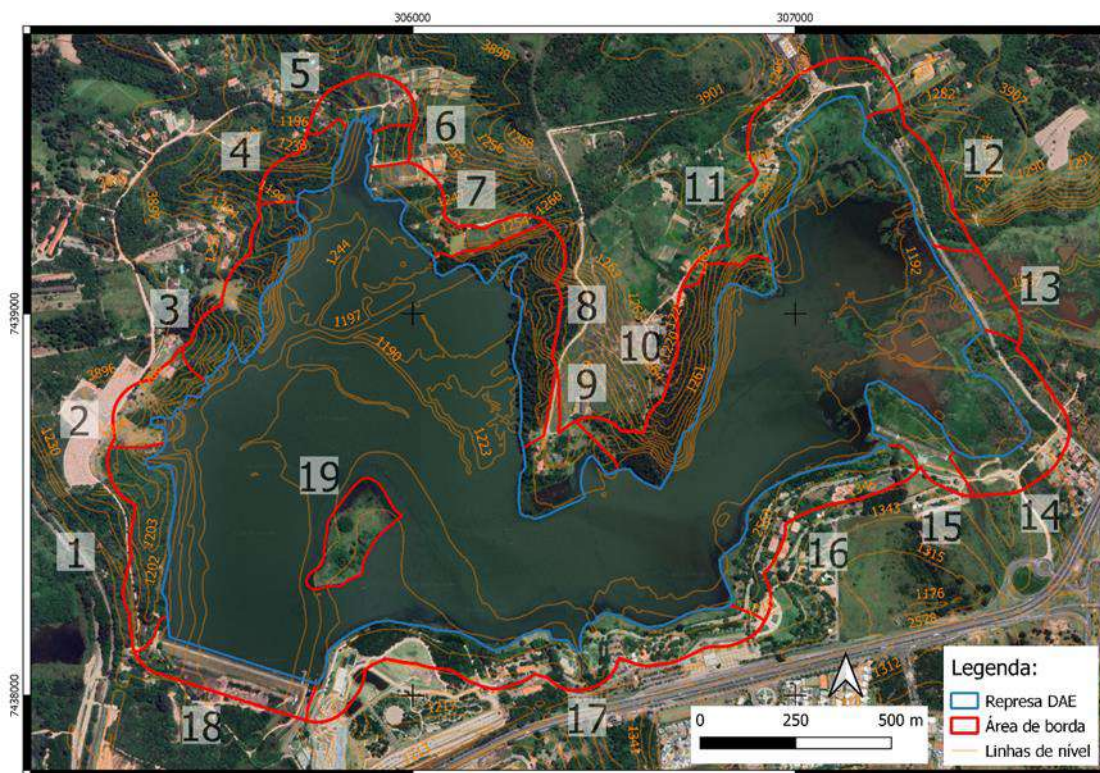


Figura 2. Compartimentação da borda da represa do DAE Jundiá.

A Tabela 1 mostra a matriz de interações entre os fatores de impacto e os diferentes compartimentos do reservatório. A tabela apresenta os resultados obtidos com a execução da quarta, quinta e sexta fases. O arranjo adotado na proposição da matriz busca viabilizar a coerência do processo avaliativo com a aplicação de uma escala de Likert adaptada. A distribuição avaliativa se deu em 4 dimensões: magnitude, intensidade, vulnerabilidade e risco. A avaliação relacionada com a dimensão reflete a extensão mensurável do potencial de impacto. A avaliação relacionada com a intensidade procura expressar a força ou vigor do impacto potencial. A avaliação relacionada com a vulnerabilidade reflete a condição adquirida pelo espaço frente ao potencial de impacto e a avaliação relacionada com o risco reflete a probabilidade de ocorrência do impacto potencial. Para cada dimensão o foco de avaliação se deu em três diferentes situações relacionadas com o meio físico, biótico e antrópico.

Tabela 1. Matriz de ponderação de interação dos fatores de danos e impactos no entorno da represa do DAE Jundiá

		COMPARTIMENTO																			TOTAL	%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
MAGNITUDE	FISICO	5	1	3	3	1	1	3	5	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	3	39	41,1
	BIOLÓGICO	5	3	5	5	1	3	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3	41	43,2
	ANTRÓPICO	3	3	5	5	1	1	1	5	1	5	3	1	1	1	1	1	1	1	5	43	45,3
INTENSIDADE	FISICO	5	3	5	5	1	1	3	5	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	3	45	47,4
	BIOLÓGICO	5	3	5	5	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	39	41,1
	ANTRÓPICO	3	1	3	5	1	1	1	5	1	5	1	3	1	1	1	1	1	1	5	41	43,2
VULNERABILIDADE	FISICO	3	1	5	3	1	1	3	3	1	5	3	1	1	1	1	1	1	1	3	37	38,9
	BIOLÓGICO	3	3	5	5	1	5	3	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	3	45	47,4
	ANTRÓPICO	3	3	5	3	1	3	3	5	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	5	43	45,3
RISCO	FISICO	3	1	5	3	1	1	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	35	36,8
	BIOLÓGICO	5	1	5	5	1	3	3	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	41	43,2
	ANTRÓPICO	3	1	5	5	1	3	3	5	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	5	43	45,3
TOTAL		46	24	56	52	12	26	32	44	12	40	12	20	12	12	12	12	12	12	44	492	
%		76,7	40	93,3	86,7	20	43,3	53,3	73,3	20	66,7	20	33,3	20	20	20	20	20	20	73,3		43,2
NOTAS:																						
1		Inadequada																				
3		Regular																				
5		Adeuada																				

A figura 3 mostra a proporção de notas atribuídas a cada compartimento nas 4 dimensões de avaliação e mostra que 59% das notas atribuídas expressam a ocupação inadequada da área de borda e o quão frágil é a área de influência da represa. A ocupação inadequada representa grande perigo as funcionalidades da represa e que já podemos observar a redução da reservação de água na represa devido ao acúmulo de sedimentos, a perda de qualidade da água na forma da eutrofização e o risco ao lixo difuso e outros tipos de contaminações. Bucci e Oliveira (2014) afirmam as modificações feitas nas áreas de borda das represas interferem na qualidade de água de abastecimento, pois a ocupação é feita através da remoção de partes das matas ciliares, queimadas, remoção de macrófitas e lançamento de resíduos difusos.

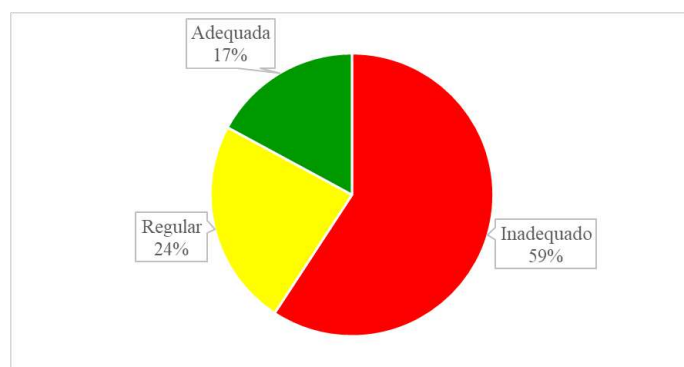
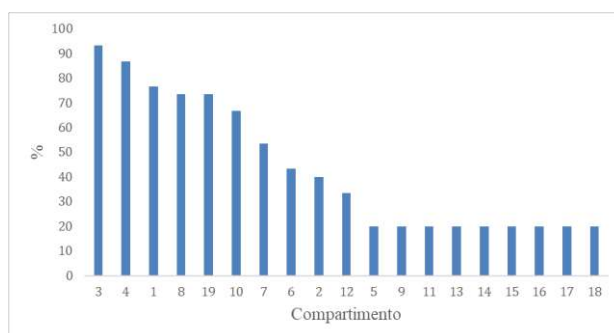


Figura 3. Imagem da distribuição porcentual de notas atribuídas a ocupação da borda da represa do DAE Jundiá.

Bucci e Oliveira (2014) ressaltam ainda que a remoção de mata ciliar para ocupação das áreas de borda de represas causa redução na qualidade de água, pois a alteração no meio fragiliza o solo e aumenta a vulnerabilidade das margens a chuvas torrenciais, erosão e ao aumento potencial de entrada de lixo difuso na represa. E acrescentam dizendo que o monitoramento da turbidez, pH e sólidos totais evidenciam a fragilidade imposta pelo homem e o caráter sazonal dos poluentes.

A distribuição dos compartimentos no entorno da represa mostra que 9 deles apresentam os menores índices de impacto (Figura 4), sendo que quanto menor o índice maior é o potencial de causar danos ambientais. Os mesmos 9 compartimentos estão localizados na porção sul da represa e considerados dentro da área muito urbanizada (Figura 5). Essas áreas muito urbanizadas representam um risco à represa devido ao potencial poluidor que representam, pois apresentam alterações na drenagem natural, são áreas com predominância de impermeabilização, tráfego de pessoas e veículos e outras fontes de poluentes.



195

Figura 4. Imagem hierarquizada do nível de impacto potencial aparenta da represa do DAE Jundiaí.

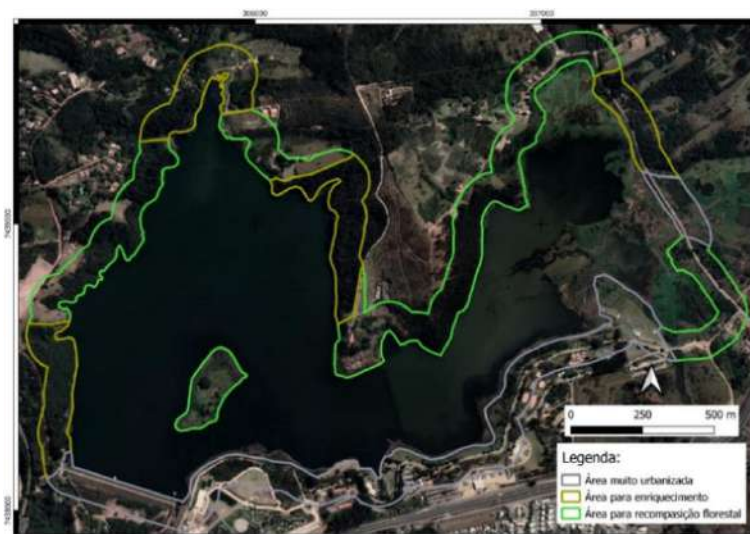


Figura 5. Mapa das áreas de borda com potencial de mitigação de impacto ambiental.

Para tanto, os compartimentos foram classificados em três tipos: áreas muito urbanizadas, áreas para enriquecimento e áreas para recomposição florestal (Figura 05) e calculado a área as quais representam (Tabela 02), que servirão de base para o entendimento de suas representatividades no entorno da represa e na elaboração de projetos de requalificação do território da represa do DAE Jundiáí.

Tabela 2. Quantificação das áreas dos compartimentos e áreas de intervenção

Compartimentos	Área (ha)
1	5,66
2	3,22
3	5,83
4	2,64
5	2,89
6	1,05
7	4,37
8	6,72
9	4,11
10	7,97
11	8,37
12	4,21
13	2,62
14	6,22
15	3,46
16	6,93
17	13,69
18	4,66
19	3,49
total	98,11

Área (ha)	
Recomposição	43,58
Enriquecimento	23,17
Muito urbanizada	31,37
total	98,11

Para estabelecer as diretrizes de elaboração e execução dos projetos de requalificação os compartimentos foram analisados individualmente na busca por sinais de perturbações ambientais. A análise dos compartimentos foi realizada levantando em consideração as características da ocupação presente em cada compartimento como a presença de estradas, de proteção ciliar, proximidade de construção civil, áreas agrícolas, pasto, parques e outros tipos de ocupação. Essa análise crítica nos compartimentos possibilitou listar 20 tipologias de potenciais perturbações ambientais (Tabela 3).

Na tabela 3 foi avaliado os externalidades potenciais presentes em cada compartimento e listado para auxiliar na montagem da matriz de interação.

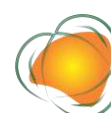
Tabela 3. Principais tipos de perturbações ambientais potenciais (externalidades) analisadas na borda da represa do DAE Jundiá

Tipos	Símbolos	Ocorrência (%)
Poluição biológica	1	94,74
Poluição veicular	2	68,42
Poluição por agrotóxico	3	15,79
Poluição por fertilizantes	4	15,79
Poluição do ar	5	68,42
Poluição por efluentes domésticos	6	26,32
Poluição por resíduos sólidos	7	68,42
Eutrofização	8	78,95
Exposição do solo	9	94,74
Cicatrizes erosivas	10	57,89
Drenagem erosiva	11	94,74
Geração de sedimentos	12	94,74
Escorrimento superficial acelerado	13	42,11
Raleamento florestal	14	84,21
Desmatamento	15	73,68
Extinção de spp. Nativas	16	84,21
Destruição de habitats	17	84,21
Aumento no Risco de incêndios	18	36,84
Instabilidade térmica	19	52,63
Degradação cênica	20	84,21

Tabela 4. Levantamento das externalidades evidentes nos compartimentos.

Imagem dos compartimentos	Características de ocupação	Evidências
	COMPARTIMENTO 1 • Presença de estadas, caminhos e acessos à represa; • Presença de proteção por mata ciliar; • Poucas construções civis; • Solo exposto próximo a represa; • Pasto degradado ao norte do compartimento; • Área para enriquecimento;	1, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 18 e 20
	COMPARTIMENTO 2 • Presença de estradas, caminhos e acesso próximo a represa; • Solo exposto; • Pasto muito degradado; • Presença de erosão laminar e em sulco nas áreas de pasto;	1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20
	COMPARTIMENTO 3 • Área para enriquecimento; • Solo exposto; • Pasto degradado; • Construção civil próximo ao compartimento;	1, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17 e 20

	COMPARTIMENTO 4 • Área para enriquecimento; • Solo exposto somente ao norte do compartimento; • Presença de sedimentos somente ao norte do compartimento;	1, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 20
	COMPARTIMENTO 5 • Presença de muitas estradas, caminhos e acessos próximos a represa; • Solo exposto; • Plantação e pasto degradado; • Rio degradado (sedimentos e plantas aquáticas); • Construção civil;	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19 e 20
	COMPARTIMENTO 6 • Estrada muito próxima a represa; • Fragmento florestal separado da represa por estrada; • Área para enriquecimento;	1, 2, 5, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18 e 20
	COMPARTIMENTO 7 • Solo exposto; • Construção civil próximo a represa; • Presença parcial de mata ciliar; • Plantação degradada; • Estrada muito próxima a represa;	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20
	COMPARTIMENTO 8 • Estrada próxima ao compartimento; • Entrada de sedimentos vindo da estrada; • Poucos pontos com solo exposto; • Área para enriquecimento;	8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14
	COMPARTIMENTO 9 • Presença de estradas, caminhos e acessos; • Pasto degradado; • Pequena proteção na forma de vegetação nas margens da represa; • Construção civil próxima a represa;	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 20



	COMPARTIMENTO 10 • Área para enriquecimento; • Área com plantio de árvores exóticas (eucalipto ou pinus); • Presença de caminhos e acessos; • Solo exposto; • Vazios nas áreas florestadas; • Construção civil pontuais;	1, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20
	COMPARTIMENTO 11 • Presença de estradas, caminhos e acessos próximos da represa; • Construção civil; • Barramento do afluente da represa; • Solo exposto; • Pasto degradado; • Proteção parcial da represa por vegetação;	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19 e 20
	COMPARTIMENTO 12 • Estrada muito próxima a represa; • Ausência de mata de proteção; • Fragmento florestal separado da represa por estrada; • Construção civil; • Solo exposto;	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20
	COMPARTIMENTO 13 • Estrada muito próxima a represa; • Muito sedimento na represa; • Alta turbidez e poluição biológica; • Alto potencial de poluição antrópica por resíduo difuso;	1, 2, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 e 20
	COMPARTIMENTO 14 • Presença de estradas, caminhos e acessos próximo a represa; • Ausência de vegetação de proteção na represa e no rio afluente; • Construção civil próximo a represa; • Solo exposto; • Sedimentos na represa;	1, 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19 e 20
	COMPARTIMENTO 15 • Ausência de vegetação de médio e grande porte; • Presença de construção civil próxima a represa; • Presença de estradas e caminhos próximos a represa; • Pasto degradado; • Ausência de mata ciliar em rio afluente;	1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19 e 20

	COMPARTIMENTO 16 • Presença de caminhos, estradas e acessos; • Solo exposto; • Áreas construídas para lazer; • Mata de proteção com necessidade de enriquecimento; • Uso recreativo das bordas da represa;	1, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 17 e 19
	COMPARTIMENTO 17 • Presença de estradas, caminhos, acessos e estacionamento próximo a represa; • Construções civis próximo a represa; • Ausência de mata ciliar; • Uso da represa para recreação; • Solo exposto;	1, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 17 e 19
	COMPARTIMENTO 18 • Talude degradado; • Solo exposto; • Presença de estradas, caminhos e acessos próximo ao talude e represa; • Construção civil próxima ao talude e represa;	1, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 20
	COMPARTIMENTO 19 • Área para reflorestamento; • Área formada por acúmulo de sedimentos*;	1, 9, 11, 12, 14 e 20

A complexidade de ocorrências das perturbações ambientais é explicitada pela figura 6, que mostra as diferentes ocorrências das tipologias de perturbação ambiental presentes em todas as áreas da borda da represa. Evidenciando a complexa dinâmica dos potenciais externalidades ambientais e demonstrando o desafio da implantação de um sistema de gestão de borda para a área estudada.



Figura 6. Distribuição percentual de perturbações ambientais potenciais na borda da represa do DAE-Jundiaí-SP.

As tipologias (tabela 3) foram hierarquizadas em ordem crescente de ocorrência. Dentre as perturbações ambientais a poluição por agrotóxico, por fertilizante e por efluentes doméstico apresentaram a menor frequência de ocorrência. As perturbações ambientais de maior frequência de ocorrência foram geração de sedimentos, drenagem erosiva, exposição de solo e poluição biológica com 94,7% de ocorrência para cada um deles, três ligadas ao solo e uma ligada a flora exótica (figura 7).

201

As externalidades ligadas ao solo apresentam potência para comprometer a garantia de reservação e a longevidade da represa que podem afetar o abastecimento de água a população e um ligado a flora exótica que ocupa as áreas de vegetação natural na função de proteção ciliar da represa contra os sedimentos de borda. Corroborando com os resultados apresentados por Bucci e Oliveira (2014).

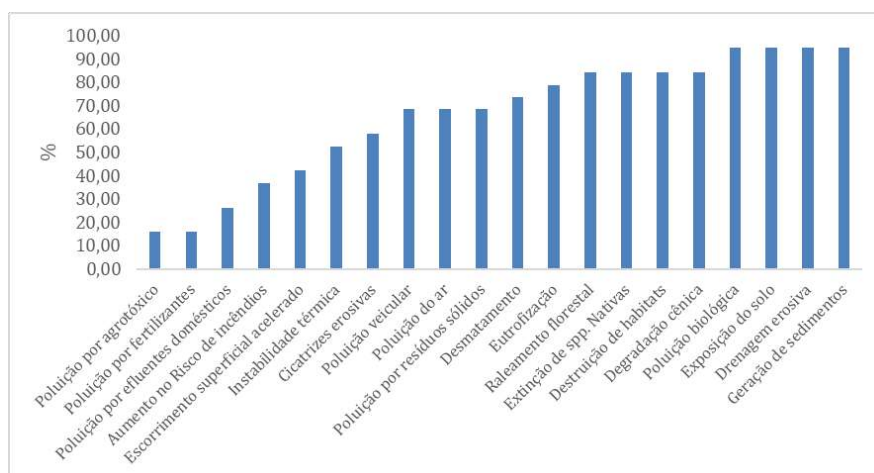


Figura 7. Hierarquização da tipologia de perturbação ambiental na represa do DAE Jundiaí-SP.

O entendimento do comportamento da ocupação de cada compartimento proporciona um diagnóstico espacial dos potenciais problemas existentes na borda da represa e orienta na elaboração dos projetos de requalificação ambiental. Porém se for aplicado uma análise temporal nas externalidades levantadas nos depósitos com o efeito cumulativo das externalidades ambientais sugerindo um efeito sinérgico das perturbações ambientais que serão expressos pela qualidade da água da represa.

CONCLUSÕES

A proposta metodológica de organizar um modelo de análise ambiental em bordas de reservatórios mostrou adequada.

A proposta metodológica permitiu identificar facilmente os problemas existentes na área de borda da represa.

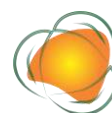
A adaptação da escala de Likert permitiu coletar informação de cada compartimento acerca de sua ocupação e uso e confirmando ser uma ferramenta poderosa na caracterização dos compartimentos quanto seus estados de conservação e potencial poluidor à represa.

Através do estudo também foi possível separar os compartimentos em três conjuntos de atividades básicas que servirão para instrumentar programas de readequação da ocupação e uso das bordas da represa do DAE Jundiá orientando no aperfeiçoamento da proteção e segurança hídrica.

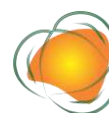
A caracterização da ocupação dos compartimentos permitiu levantar os principais tipos de perturbação e suas ocorrências. E também mostrou complexidade na implantação de um sistema de gestão de reservatório.

REFERÊNCIAS

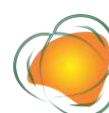
- ANDERSON, M. W.; TEISL, M. F.; NOBLET, C. L.; KLEIN, S. The Incompatibility of Benefit-cost Analysis with Sustainability Science. Sustainability Science, 2014.
- BARROS, A. M. T. C. Avaliação da heterogeneidade, variabilidade temporal e quantitativa em reservatórios do Rio Tietê. 156f. Tese (Doutorado). UNESP. Bauru, 2019.
- BUCCI, M. H. S.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). Rev. Ambient. Água, v.9, n.1, 2014.
- CAMPOS FILHO, C. M. Reinvente seu bairro – caminhos para você participar do planejamento de sua cidade. Editora 34. São Paulo, 2010. 224p.



- CASTRO, C. M. A produção dos territórios de riscos: elementos, relações e possibilidades de gestão. IN: Avesso da paisagem II: ruptura, desordem e risco no ambiente urbano. Organizadores: Flavia Braga; Carlos Terra. Rio de Janeiro. Editora Rio Book's. 2012. 152p.
- DAL FORNO, M. A. R. Fundamentos em gestão ambiental. (Org) Dal Forno, M. A. R. SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2017. 86p.
- DOKA, G.; HILLIER, W.; KAILA, S.; KÖLLNER, T.; KREIBIG, J.; MUYS, B.; QUIJANO, J. G.; SALPAKIVI-SALOMAA, P.; SWAN, J. S. G.; WESSMAN, H.; 2000. The Assessment of Environmental Impacts caused by Land Use in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products - Guidelines, Hints and Recommendations - Final Report of Working Group 2 "Land use" of COST Action E9. Disponível em: <https://www.doka.ch/COSTE9LandUseDoka.pdf>. Acesso em: 28/11/2022.
- FRY, T. Reconstruções: Ecologia, Design, Filosofia; tradução de Gilson César Cardoso de Sousa. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. 232p.
- MONTE, L.G. Escala Likert difusa: um estudo sobre diferentes abordagens. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. 44f.
- NORONHA, G. S. de. Segurança alimentar, agricultura, uso e propriedade da terra: uma perspectiva para os objetivos do desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2017. 27p. (Série Saúde Amanhã). Textos para Discussão 34.
- PARSEKIAN, M. P. S.; CORDEIRO, J. S. Introdução à Engenharia Ambiental. Coleção UAB-UFSCar. São Carlos, 2011. 103p.
- RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. Avaliação de Impactos Ambientais na Agropecuária. Embrapa – Jaguariúna. 2017. 25p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150079/1/2008CL-58.pdf>. Acesso: 12 /12/2022.
- SOBRAL, M. C.; LOPES, H.; CANDEIAS; A.L., MELO, G.; GUNKEL, G. Geotecnologias na gestão de reservatórios: uma revisão e uma proposta de integração. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.22, n.5, p.841-852, 2017.
- TEIXEIRA, L. P. T.; NISHIMOTO, M.; TRINDADE, C. A.; NUNES, J. C. S. Delimitação da área de preservação permanente na represa da Usina Hidrelétrica de Furnas com o uso de técnicas fotogramétricas. In: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 9, Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental, 15, Fórum Latino-Americano de Engenharia e Sustentabilidade, 3, 2017, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte, 2017.



VICTORINO, V. I. P. Proteção aos mananciais, atores e conflitos: O caso da cratera de colônia.
IN: Novos instrumentos de gestão ambiental urbana. Organizadoras: Heliana Comin Vargas &
Helena Ribeiro. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. 159p.



INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE COLETA DO EXPLANTE FOLIAR DE CAFEIEIRO NA CONTAMINAÇÃO E OXIDAÇÃO IN VITRO

Mauro César Araújo Lopes¹
Anna Lygia de Rezende Maciel²

¹Discente em Engenharia Agrônômica – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, maurolopes118@gmail.com

²Prof^a. Dr^a. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS, anna.lygia@muz.ifsuldeminas.edu.br

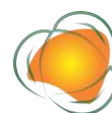
INTRODUÇÃO

A espécie *Coffea arabica* L. é propagada, principalmente, via semente, apesar de ser uma planta preferencialmente autógama, possui entre 10 a 15% de fecundação cruzada. Para obter cultivares geneticamente estáveis e aptas para a comercialização e plantio, são necessários no mínimo 30 anos de estudos com essa espécie de planta. Uma vez que, logo após conseguir um híbrido F1 é fundamental a triagem em até cinco gerações, onde para cada geração são necessários até seis anos para avaliar (CARVALHO et al., 2013).

A introdução de técnicas biotecnológicas para auxiliar nos programas de melhoramento genético do cafeeiro é cada vez mais frequente, sendo a embriogênese somática um importante método de propagação in vitro, que consiste no desenvolvimento de embriões a partir de células somáticas, sem que haja fusão de gametas, reduzindo assim a distância e facilitando a acessibilidade de materiais com características agrônômicas superiores por parte dos cafeicultores.

A indução de embriogênese somática está relacionada a alterações no padrão de expressão gênica nos explantes, com reprogramação das células que estarão envolvidas no processo embriogênico. De acordo com as próprias características morfológicas, anatômicas e funcionais das estruturas formadas, poderá ou não ocorrer diferenciação dos embriões somáticos na fase em que as estruturas embriogênicas se formam (MERKLE et al., 1995).

205



O processo de embriogênese somática indireta requer a redeterminação de células diferenciadas, a proliferação de calos e a indução de células embriogênicas determinadas, processo dependente da ação de reguladores de crescimento, não só para a retomada da atividade mitótica, mas também para a determinação de estado embriogênico (VAN BOXTEL & BERTHOULY, 1996).

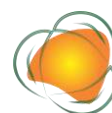
O explante a ser utilizado é determinante para o sucesso do processo de embriogênese somática (CARVALHO & VIDAL, 2003). Partes da planta como gemas, raízes, células isoladas, protoplastos (célula sem parede celular), semente, embriões zigóticos e anteras podem ser utilizados como início de cultivo in vitro, no entanto, as folhas são os explantes utilizados na embriogênese somática do cafeeiro.

A contaminação bacteriana e fúngica é um dos principais problemas na micropropagação, podendo ser encontrada na superfície do explante e também no interior dos tecidos, chamada de endógena, comumente encontrada em plantas provenientes do campo (CARVALHO et al., 2006).

Um dos fatores de maior impacto na qualidade dos resultados na cultura de tecidos vegetais é a assepsia. Para tornar o explante livre de impureza e microrganismo (fungos filamentosos, bactérias, leveduras e fungos), a assepsia possui um conjunto de técnicas e procedimentos (BARRUETO CID & TEIXEIRA, 2010). Para evitar as contaminações por microrganismos exógenos o explante deve ser desinfestado antes de realizar o cultivo. (BORGES et al., 2018).

O genótipo e a espécie são fatores dependentes na oxidação fenólica, assim como o tipo de explante a ser utilizado. A oxidação é um dos problemas mais preocupantes, principalmente quando se faz o estabelecimento de cultura in vitro de explantes de espécies lenhosas (TEIXEIRA, 2005). A época do ano é outro fator que interfere na oxidação in vitro. A menor taxa de oxidação fenólica ocorre em explantes coletados no período do ano em que a planta está em crescimento vegetativo (TEIXEIRA, 2005).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a época de coleta do explante foliar do cafeeiro nas porcentagens de contaminação (fúngica e bacteriana) e de oxidação fenólica in vitro.



METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Campus Muzambinho, MG, no período de 23 de junho de 2022 a 22 de junho de 2023.

Foram coletados explantes foliares de *Coffea arabica* L cv. Catuaí Vermelho IAC - 144, cultivados no Laboratório de Cafeicultura do IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho.

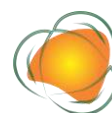
Depois da coleta, as folhas foram colocadas em um frasco com água a temperatura ambiente e encaminhada para o Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, onde foram lavadas em água corrente e detergente neutro. Posteriormente, as folhas foram imersas em álcool 70% durante 1,5 min, e assim encaminhado para a desinfestação com solução de hipoclorito de sódio a 1,25% de cloro ativo durante 20 minutos. Em seguida, o material vegetal foi levado à câmara de fluxo laminar horizontal e lavado por três vezes consecutivas com água destilada esterilizada.

O experimento foi conduzido no decorrer de um ano, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos, cinco repetições e dez tubos por parcela contendo um explante foliar. Os tratamentos constituíram da coleta do explante foliar em diferentes épocas do ano com um intervalo de dois meses entre um e outro, a iniciar a primeira inoculação (tratamento 1) no dia 24/06/2022, (tratamento 2) dia 02/09/2022, (tratamento 3) dia 28/10/2022, (tratamento 4) dia 21/12/2022, (tratamento 5) dia 23/02/2023), (tratamento 6) dia 20/04/2023.

O meio de cultura utilizado foi o MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962), fazendo uso de metade dos sais e acrescido de vitaminas: 10mL L⁻¹, maltose: 0,4 g L⁻¹, 2,4 D: 0,04 g L⁻¹, AIB: 1 mL L⁻¹, BAB: 2 mL L⁻¹, sacarose: 40 g L⁻¹, ágar 8 g L⁻¹ e com pH foi ajustado em 5,6 +-0,1. O meio foi esterilizado em autoclave por 20 minutos a 120°C e 1,5 atmosfera de pressão.

Os explantes foliares foram cortados em formato de quadrado com medidas próximas a 1 cm quadrado, com o auxílio de bisturi e pinça na capela de fluxo laminar. Logo, eles foram inoculados em tubos de ensaio contendo 10 mL de meio de cultura, posteriormente levados para a sala de crescimento com temperatura de 24°C e total ausência de luminosidade.

Foram realizadas quatro avaliações em cada tratamento no decorrer do experimento, e em cada avaliação foram analisadas: a porcentagem de contaminação fúngica, a porcentagem de contaminação bacteriana, a porcentagem de oxidação fenólica e a coloração do explante. A primeira avaliação foi realizada sete dias após a inoculação dos explantes foliares e as demais avaliações com intervalo de quinze dias.



Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância com o emprego do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), sendo a diferença significativa entre tratamentos determinada pelo teste F e posteriormente, analisados pelo teste de comparação de médias Skott Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, houve diferença significativa para as características contaminação fúngica e oxidação fenólica. Nesta primeira avaliação, pode-se observar que os tratamentos 1, 2 e 3 apresentaram baixíssimas porcentagens de contaminação fúngica (Tabela 1). As menores porcentagens de oxidação fenólica foram observadas nos tratamentos 1, 2, 3 e 6 (Tabela 1). Os explantes foliares apresentaram coloração amarela em todos os tratamentos. A porcentagem de contaminação bacteriana não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo esta considerada muito baixa nos tratamentos 2 e 4 e nos demais tratamentos não houve incidência de bactérias nos explantes (Tabela 1).

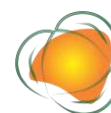
Tabela 1. Primeira avaliação das porcentagens de contaminação fúngica, contaminação bacteriana, oxidação fenólica e coloração dos explantes foliares de cafeeiro coletados em diferentes épocas do ano. Muzambinho – MG. 2023.

Tratamentos	Cont. Fungo	Cont. Bactéria	Oxidação	Coloração
-----	-----%-----	----%----	----%----	-----
1	0,0c	0,0a	12,5b	Amarelo
2	4,0c	2,0a	1,5b	Amarelo
3	2,0c	0,0a	1,5b6	Amarelo
4	88,0a	2,0a	75,1a	Amarelo
5	61,0b	0,0a	48,6a	Amarelo
6	48,0b	0,0a	17,0b	Amarelo
CV (%)	63,33	396,3	75,78	-

De acordo com a Tabela 2, observou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos para as porcentagens de contaminação fúngica, bacteriana e oxidação fenólica. Os tratamentos 1, 2 e 3 apresentaram menor porcentagem de contaminação fúngica pode-se observar que o tratamento 4 apresentou elevada contaminação, comprometendo os explantes foliares (Tabela 1).

A maior porcentagem de contaminação bacteriana (18,0%) foi observada no tratamento 1, onde os explantes foram coletados no mês de junho de 2022 (Tabela 2).

A menor porcentagem de oxidação fenólica foi observada no tratamento 2, onde os explantes foram coletados em setembro de 2022 (Tabela 2). No entanto, na terceira avaliação



pode-se observar uma elevada porcentagem de oxidação fenólica nos tratamentos 4 e 6 com 95,0 e 92,0%, respectivamente (Tabela 2).

A presença de microrganismos endofíticos em tecidos vegetais têm sido verificados em relação a um grande número de espécies de plantas (PEREIRA et al., 2003). Embora seus efeitos sejam pouco conhecidos, sob condições *in vitro*, a presença destes microrganismos, tanto fungos como bactérias, constituem-se numa das mais importantes causas de perda de material vegetal.

Tabela 2. Terceira avaliação das porcentagens de contaminação fúngica, contaminação bacteriana, oxidação fenólica e coloração dos explantes foliares de cafeeiro coletados em diferentes épocas do ano. Muzambinho – MG. 2023

Tratamentos	Cont. Fungo	Cont. Bactéria	Oxidação	Coloração
-----	-----%-----	-----%-----	-----%-----	-----
1	16,0c	18,0a	45,8b	Amarelo
2	6,0c	4,0b	12,5c	Amarelo
3	4,0c	0,0b	64,2b	Amarelo
4	93,0a	2,0b	95,0a	Amarelo
5	61,0b	0,0b	61,5b	Amarelo
6	48,0b	0,0b	92,0a	Amarelo
CV (%)	39,47	128,9	32,12	-

209

Um problema frequentemente encontrado no cultivo *in vitro* é o escurecimento dos tecidos lesados do explante causado pela oxidação de compostos fenólicos, o que prejudica o crescimento dos explantes (UTINO et al., 2001). Abreu e Mazzafera (2005) trabalhando com *Hypericum brasiliense* observaram que a concentração de compostos fenólicos aumentou com o déficit hídrico. Resultados parcialmente semelhantes foram observados no presente trabalho, onde durante a primeira avaliação, as menores porcentagens de oxidação ocorreram nos meses de junho, setembro, outubro e abril (tratamentos 1, 2, 3 e 6). No entanto, existem ainda fatores internos e externos que controlam a produção dos compostos fenólicos, como hormônios, luz e nutrientes.

Na quinta avaliação observa-se diferença significativa apenas para as porcentagens de contaminação por fungo e por bactéria. Destacando o tratamento 3, que apresentou menores porcentagens de contaminação fúngica que os demais tratamentos (Tabela 3).

De acordo com a Tabela 3, os tratamentos 3, 4 e 5 apresentaram menores porcentagens de contaminação bacteriana.

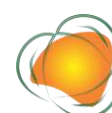


Tabela 3. Quinta avaliação das porcentagens de contaminação fúngica, contaminação bacteriana, oxidação fenólica e coloração dos explantes foliares de cafeeiro coletados em diferentes épocas do ano. Muzambinho – MG. 2023

Tratamentos	Cont. Fungo	Cont. Bactéria	Oxidação	Coloração
-----	-----%-----	----%----	----%----	-----
1	32,0c	22,0b	84,6a	Amarelo
2	30,0c	20,0b	81,3a	Amarelo
3	10,0d	4,0c	65,2a	Amarelo
4	97,6a	0,0c	100,0a	Amarelo
5	75,1b	0,0c	72,3a	Amarelo
6	89,5a	44,8a	100,0a	Amarelo
CV (%)	17,54	76,09	127,55	-

A sobrevivência e o estabelecimento dos explantes foliares de cafeeiro foi bastante prejudicada devido à oxidação dos explantes, como apresentado na Tabela 3. A alta porcentagem de oxidação pode estar relacionada à concentração intrínseca de compostos fenólicos nos tecidos de cafeeiro (variando de 65,2 a 100%), o que eleva a tendência de oxidação dos tecidos. Este fato foi observado através da constatação da liberação de uma exsudação de coloração escura pelos explantes poucos dias depois de sua inoculação nos meios de cultivo. Foi notado que os explantes tenderam a escurecer e o meio de cultura passou a apresentar uma coloração marrom, sendo este processo intensificado ao longo do cultivo in vitro.

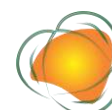
De acordo com a Tabela 4, observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos para as porcentagens de contaminação fúngica, bacteriana e oxidação fenólica.

As menores porcentagens de contaminação fúngica e bacteriana foram observadas no tratamento 3, explantes que foram inoculados em outubro de 2022 (Tabela 4).

Na sétima avaliação a porcentagem de oxidação fenólica foi inferior, onde os tratamentos 3, 4 e 5 apresentaram baixas taxas.

Tabela 4. Sétima avaliação das porcentagens de contaminação fúngica, contaminação bacteriana, oxidação fenólica e coloração dos explantes foliares de cafeeiro coletados em diferentes épocas do ano. Muzambinho – MG. 2023

Tratamentos	Cont. Fungo	Cont. Bactéria	Oxidação	Coloração
-----	-----%-----	----%----	----%----	-----
1	36,0b	36,0b	18,0a	Amarelo
2	34,0b	34,0b	13,5a	Amarelo
3	16,0c	16,0c	9,4b	Amarelo
4	98,0a	98,0a	0,0b	Amarelo
5	86,0a	86,0a	0,0b	Amarelo
6	94,0a	94,0a	16,0a	Amarelo
CV (%)	17,87	17	77,98	-



De acordo com Erig e Schuch (2003), as plantas lenhosas, em que é incluído cafeeiro, apresentam dificuldades para o estabelecimento *in vitro*, principalmente devido aos elevados índices de contaminações fúngica e bacteriana.

CONCLUSÕES

Os explantes coletados no mês de outubro de 2022 (Tratamento 3) apresentaram as menores porcentagens de contaminações fúngicas e bacterianas.

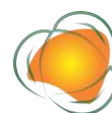
A sétima avaliação os explantes foliares apresentaram menor porcentagem de oxidação fenólica.

AGRADECIMENTOS

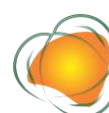
Ao IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho. Ao GPlant *in vitro*.

REFERÊNCIAS

- ABREU, I. N. de; MAZZAFERA, P. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.43, n.3, p.241-248, 2005.
- BARRUETO CID, L. P.; TEIXEIRA, J. B. Explante, meio nutritivo, luz e temperatura. In: BARRUETO CID, L. P. *Cultivo in vitro de plantas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.19-25, 2010.
- BORGES, E. M. E. S.; NASCIMENTO, A. V. do; CARVALHO, J. M. F. C. Desinfestação dos explantes do sisal (*agave sisalana perrine*) para o cultivo *in vitro*. 40f. TCC (Graduação). Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2018.
- CARVALHO, C. H. S. de et al. Custo de Produção de Mudas Clonais de Café Arábica Produzidas por Embriogênese Somática. *Embrapa*, v.3, n.10, p.1-10, 2013.
- CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. A.; MEDEIROS, M. J. M. Fatores Inerentes à Micropropagação. *Embrapa*, v.148, n.28, p.1-28, 2006.
- CARVALHO, J. M. F. C.; VIDAL, M. S. Noções de Cultivo de Tecidos Vegetais. *Embrapa*, Campina Grande, v.116, n.41, p.1-41, 2003.
- ERIG, A. C.; SCHUCH, M. W. Tipo de explante e controle da contaminação e oxidação no estabelecimento *in vitro* de plantas de macieira (*Malus domestica* BORKH.) cvs. Galaxy, Maxigala e Mastergala. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.9, n.3, p.221-227, 2003.



- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- MERKLE, S.; PARROTT, W.; FLINN, B.S. Morphogenic aspects of somatic embryogenesis. In: THORPE, T.A. (Ed.) *In vitro embryogenesis in plants*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1995. p.155-203.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, v.15, n 6, p.473- 479, 1962.
- PEREIRA, J. E. S.; MATTOS, M. L. T.; FORTES, G. R. D. L. Identificação e controle com antibióticos de bactérias endofíticas contaminantes em explantes de batata micropropagados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.7, p.827-834, 2003.
- TEIXEIRA, J. B. Limitações ao processo de cultivo in vitro de espécies lenhosas. Brasília: Embrapa – Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, [s.d].
- UTINO, S.; CARNEIRO, I. F.; CHAVES, L. J. Crescimento e oxidação de explantes de bananeira prata (Musa AAB) in vitro. iv. concentrações de sais, ácidos ascórbicos e frequência de subcultivos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, p.409-412, 2001.
- VAN BOXTEL, J.; BERTHOULY, M. High frequency somatic embryogenesis from coffee leaves. Factors influencing embryogenesis and subsequent proliferation and regeneration in liquid medium. *Plant cell Tiss. Org. Cult.*, v.44, p.4-17, 1996.



MAPEAMENTO DA FAVORABILIDADE CLIMÁTICA DE HEMILEIA VASTATRIX DO CAFÉ ARÁBICA COM CENÁRIOS DO CMIP6

João Antonio Lorençone¹
Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido²
Pedro Antonio Lorençone³
Guilherme Botega Torsoni⁴
Rafael Fausto de Lima⁵
João Paulo Balbino⁶

¹Aluno do Curso de graduação em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Departamento de Agrometeorologia, joao.lorencone@estudante.ifms.edu.br

²Prof. Dr. Instituto Federal do Sul de Minas – Departamento de Agrometeorologia, lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

³Aluno da graduação em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Departamento de Agrometeorologia, pedro.lorencone@estudante.ifms.edu.br

⁴Prof. Dr. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Departamento de Agrometeorologia, guilherme.torsoni@ifms.edu.br

⁵Mestrando em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal, Departamento de Agrometeorologia, rf.lima@unesp.br

⁶Aluno da graduação em Agronomia, Instituto Federal do Sul de Minas – Departamento de Agrometeorologia, joao.balbino@muz.ifsuldeminas.edu.br

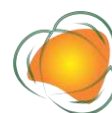
213

INTRODUÇÃO

O café (*Coffea Arabica*) é uma commodity altamente valorizada e vital para a economia de mais de 60 países. O Brasil é o maior produtor, responsável por 30% da produção mundial. Contudo, doenças, em particular a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), podem resultar em perdas significativas, até 50% se o manejo fitossanitário não for adequado.

A infecção da ferrugem do cafeeiro inicia-se quando o fungo *Hemileia vastatrix* se adere à superfície da planta hospedeira e gera uredíniosporos. Condições climáticas favoráveis, como temperatura média de 21 a 25°C, precipitação mensal superior a 30 mm e umidade relativa maior que 85%, são cruciais para seu desenvolvimento.

O clima tem grande influência no desenvolvimento de doenças fúngicas como a ferrugem do cafeeiro. Por isso, monitorar a variabilidade climática é importante para avaliar a presença de agentes fitopatogênicos. Ferramentas de zoneamento climático são úteis para



identificar regiões e períodos ideais para o desenvolvimento de certas doenças, auxiliando no planejamento agrícola.

Estudos anteriores já realizaram zoneamentos de favorabilidade climática para outras doenças, mas não para todas as áreas produtoras de café do Brasil nem utilizando os cenários mais recentes de mudanças climáticas do IPCC.

Dados do IPCC mostram que a temperatura do ar aumentou 1°C no último século, com previsão de aumentar de 1,5 a 6°C até 2100. A agricultura será uma das áreas mais impactadas pelas mudanças climáticas. Portanto, é importante quantificar esses impactos para planejar futuras atividades agrícolas.

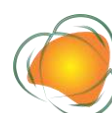
Projetos Intercomparação de Modelos Acoplados (CMIP) do IPCC são fundamentais para compreender as mudanças climáticas. Um desses modelos é o IPSL- CM6A-LR, desenvolvido pelo Institut Pierre-Simon Laplace Climate Modeling Center, que tem grande robustez nas previsões.

Em futuros cenários de mudanças climáticas, as condições fitossanitárias no Brasil certamente serão afetadas. Portanto, é vital avaliar esses impactos em áreas agrícolas para uma agricultura mais sustentável. O objetivo deste estudo foi realizar o zoneamento de favorabilidade climática para a ferrugem do cafeeiro no Brasil sob vários cenários de mudanças climáticas do IPCC.

214

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido nos estados do Paraná (PR), São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Goiás (GO) e Bahia (BA). Regiões essas tradicionais de exploração da cafeicultura Brasileira (Figura 1). O clima predominante nas regiões de estudo compreende as classes climáticas tropicais e subtropicais segundo a classificação climática de Köppen (1936): Aw, Cfa, Cwa e Cwb (ALVARES et al., 2013).



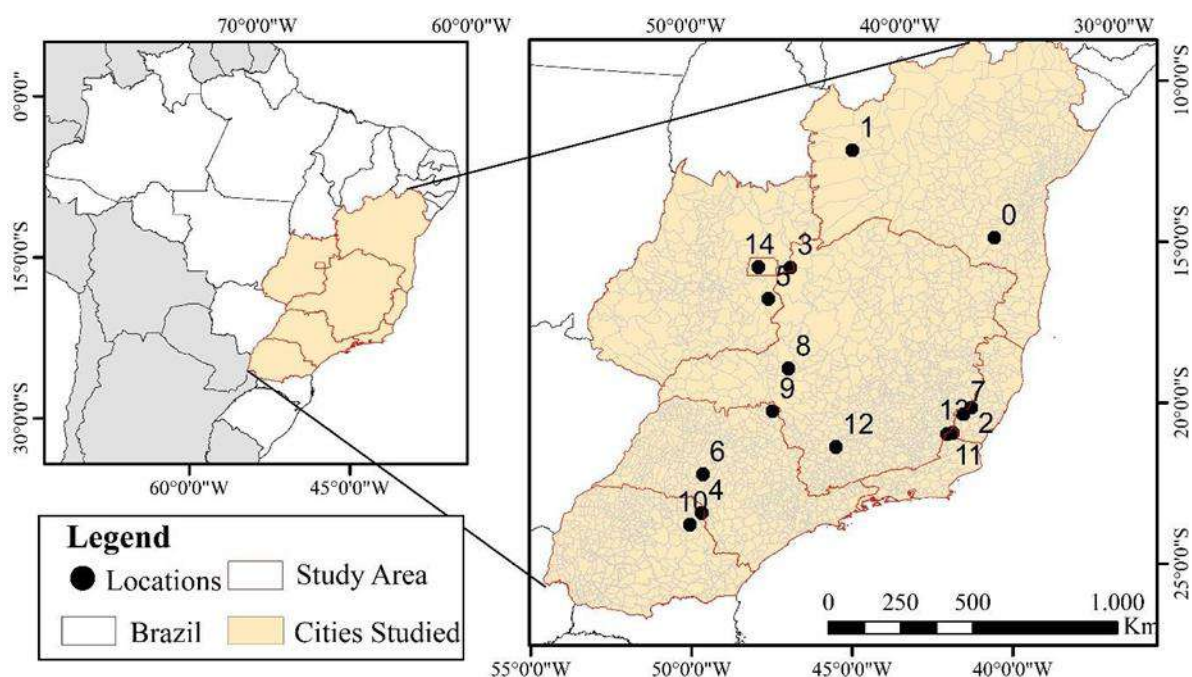
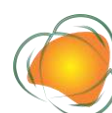


Figure 1. Mapa de localização das cidades estudadas e sua classificação de Koppen. BA - Bahia, DF - Distrito Federal, ES - Espírito Santo, GO - Goiás, MG - Minas Gerais, PR - Paraná e RJ - Rio de Janeiro. Legenda: 0 - Barra do Choça (BA), 1- Barreiras (BA), 2 - Brejetuba (ES), 3 - Cabeceiras (GO), 4 - Carlópolis (PR), 5 - Cristalina (GO), 6 - Garça (SP), 7 - Iúna (ES), 8 - Patrocínio (MG), 9 - Pedregulho (SP), 10 - Pinhalão (PR), 11 - Porciúncula (RJ), 12 - Três Pontas (MG) e 13 - Varre-Sai (RJ).

215

Os dados de temperatura do ar e precipitação diária para o cenário atual foram coletados por meio da plataforma WorldClim version 2.1 (FICK & HIJMANS, 2017), para a última normal climatológica (1991-2020? importante). Os dados são disponibilizados em formato GeoTiff (.tif), com resolução de 30 segundos (1 km²).

As variáveis climáticas futuras foram obtidas pela mesma plataforma, WorldClim 2.1, para o modelo IPSL-CM6A-LR (BOUCHER et al., 2020), com resolução de 30 segundos (1 km²). Foram utilizados todos os cenários Shared Socioeconomic Pathways (SSP) disponíveis para quatro períodos (2021-2040, 2041-2060, 2061-2081 e 2081-2100) na plataforma WorldClim: SSP-1 2.6, SSP-2 4.5, SSP-3 6.0 e SSP-5 8.5 (RIAHI et al., 2017). Os SSP's são calculados com base o número de reflexão da radiação, onde cada cenário varia em relação a mesma, sendo 2.6 o cenário otimista, 4.5 e 6.0 intermediários e 8.5 o pessimista, associado com cenários das medidas que serão aplicadas pela sociedade para redução da emissão de gases do efeito estufa (KRIEGLER et al., 2017; VAN VUUREN et al., 2017).



As condições climáticas que influenciam no desenvolvimento da *Hemileia vastatrix*, foram definidas a partir das variáveis climáticas, temperatura do ar média e precipitação. Sendo a temperatura do ar ideal 21 a 25°C e precipitação ideal >30 mm mês (GODOY et al., 1995; PEREIRA et al., 2008). Combinamos essas variáveis e formamos as classes de aptidão climática (Tabela 1), utilizadas nas avaliações.

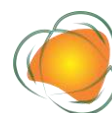
Tabela 1. Classes de aptidão climática para ocorrência de Ferrugem-do-cafeeiro

	Air Temperature (°C)	Precipitation (mm mês)
Favorable	21-25	And >30
Relatively favorable	<21 or >25 any-	any- <30
Unfavorable	<21 or >25	And <30

Para a realização do zoneamento de favorabilidade todas essas etapas foram condensadas em uma ferramenta utilizando o software de sistema de informações geográficas QGIS (<http://www.qgis.org/>). Foi utilizado também a linguagem de programação Python 3.8, para automatizar a elaboração do zoneamento de favorabilidade da *Phoma spp.* No total foram elaborados 204 mapas (4 periods x 4 scenarios x 12 mounths + 12 current zoning) com um tempo de processamento de 34 minutos.

No processamento as entradas de temperatura do ar e precipitação diária em formato Raster das regiões foram baixadas da base do Worldclim. Na primeira etapa, a ferramenta reclassify foi aplicada para reclassificar imagens com base em chaves de favorabilidade. Na etapa 2, as imagens reclassificadas foram mescladas e, uma coluna foi adicionada à tabela de atributos para adicionar categorias de aptidão: 1 = Unfavorable, 2 = Relatively favorable and 3 = Favorable.

Para as novas colunas, a combinação de rasters é convertida em polígonos na etapa 3. Na próxima etapa (etapa 4), o polígono é dissolvido em uma função de colunas com as classes de favorabilidade. Ainda na etapa 4, foi aplicada a ferramenta Intersect para adicionar as colunas estado e cidade da Shape Region, que além da área total de cada cidade e estado, também possui a divisão geográfica da região. Esse processo visa determinar o índice de favorabilidade de cada estado e cidade. Na etapa 5 foi feito o cálculo da área, para o qual foram adicionadas 2 colunas, uma para a área do polígono e outra para a área porcentual. Assim, foi calculado a área de cada polígono, preenchendo a coluna "Área" e logo após o valor dessa coluna foi dividido pela "área total", do "Shape Region", obtendo a área percentual de



cada classe dentro do estado ou município. Finalmente, os polígonos finais são exportados para um arquivo de planilha.

Ainda foram elaborados gráficos de colunas circulares para descrever a variação sazonal do zoneamento de favorabilidade na região de estudo para cada período de mudanças climáticas. Por fim, foi elaborada uma figura resumindo a variação do total de percentagem de área de cada classe do zoneamento em cada cenário para todos os períodos. Neste artigo, devido à ampla gama de resultados alcançados, a fim de facilitar a compreensão, algumas figuras relevantes foram incluídas em anexos. As análises foram focadas nos cenários SSP-1 2.6 e SSP-5 8.5, abrangendo os períodos de 2021 a 2040 e 2081 a 2100, com o objetivo de identificar as variações futuras mais significativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As flutuações climáticas no Brasil oferecem uma vasta gama de cenários para a produção de café (Tabela 2). As temperaturas do ar mostraram variações significativas, oscilando de 18.8°C em PR até 30.4°C em GO, de acordo com os cenários SSP-1 2.6 e SSP-5 8.5, respectivamente. Kovalkeski et al. (2015) expressaram preocupação com a elevação rápida da temperatura, que poderia afetar a produção de café. Os cenários SSP-12.6 (2021-2040) e SSP 5-8.5 (2081-2100) apresentaram o menor e o maior aumento de temperatura, respectivamente, quando comparados ao cenário atual.

Bahia e Distrito Federal, no período 2081-2100, apresentaram notáveis aumentos de temperatura. Na Bahia, as temperaturas variaram de 25.0°C no SSP-1 2.6 a 29.1°C no SSP-5 8.5, enquanto no Distrito Federal a variação foi de 22.8 a 27.7°C. Já entre 2041- 2060, Goiás destacou-se com um aumento expressivo de temperatura.

No período 2061-2080, todos os estados registraram aumentos ainda mais expressivos na temperatura. Goiás, em particular, viu um aumento de 25.3°C no SSP-1 2.6 a 28. °C no SSP-5 8.5. Minas Gerais, durante o mesmo período, mostrou um aumento de temperatura de 23.2 a 25.7°C. O Paraná apresentou um aumento de 3.6°C para o período de 2061-2080 e de 6.3°C para 2081-2100. Esses resultados sugeriram a urgência de ações para mitigar o aquecimento global e prevenir aumentos ainda maiores de temperatura (LORITE et al., 2023).

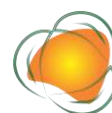


Tabela 2. Temperatura média anual do ar para os cenários de mudanças climáticas (SSP-1 2.6, SSP-2 4.5, SSP-3 7.0 e SSP-5 8.5) para os períodos presente e futuro (2021-2040, 2041-2060, 2061- 2080 e 2081-2100)

Temperatura do ar (°C) 2021-2040					
Estados	Current	SSP-1 2,6	SSP-2 4,5	SSP-3 7,0	SSP-5 8,5
BA	23,4	24,6	24,7	24,7	24,8
DF	20,8	22,2	22,3	22,4	22,5
ES	22,4	23,4	23,5	23,5	23,6
GO	23,3	24,8	24,9	24,9	25,0
MG	21,4	22,7	22,8	22,8	23,0
PR	18,8	20,2	20,2	20,2	20,3
RJ	21,3	22,4	22,4	22,4	22,5
SP	20,9	22,3	22,4	22,4	22,5
Air Temperature (°C) 2041-2060					
BA	23,4	25,0	25,4	25,6	25,8
DF	20,8	22,7	23,1	23,4	23,8
ES	22,4	23,8	24,1	24,3	24,5
GO	23,3	25,3	25,7	25,9	26,3
MG	21,4	23,2	23,6	23,8	24,2
PR	18,8	20,6	20,9	21,2	21,5
RJ	21,3	22,8	23,0	23,3	23,5
SP	20,9	22,8	23,2	23,5	23,8
Air Temperature (°C) 2061-2080					
BA	23,4	25,1	25,9	26,6	27,2
DF	20,8	22,8	23,8	24,6	25,5
ES	22,42	23,84	24,58	25,15	25,65
GO	23,35	25,33	26,37	27,21	28,03
MG	21,38	23,22	24,20	24,99	25,72
PR	18,81	20,61	21,62	22,38	23,07
RJ	21,27	22,78	23,56	24,17	24,71
SP	20,97	22,83	23,82	24,59	25,31
Air Temperature (°C) 2081-2100					
BA	23,38	25,05	26,40	27,82	29,08
DF	20,82	22,78	24,31	26,03	27,72
ES	22,42	23,82	24,94	26,12	27,09
GO	23,35	25,30	26,89	28,67	30,36
MG	21,38	23,20	24,68	26,29	27,80
PR	18,81	20,55	22,04	23,73	25,12
RJ	21,27	22,74	23,95	25,22	26,31
SP	20,97	22,76	24,26	25,94	27,39

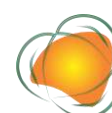
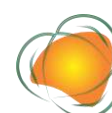


Tabela 3. Precipitação média anual acumulada para os cenários de mudanças climáticas (SSP-1 2,6, SSP-2 4,5, SSP-3 7,0 e SSP-5 8,5) para os períodos presente e futuro (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100)

Precipitation (mm) 2021-2040					
States	Current	SSP-1 2,6	SSP-2 4,5	SSP-3 7,0	SSP-5 8,5
BA	73,09	69,57	68,96	68,94	68,26
DF	124,55	122,52	120,13	120,43	118,99
ES	100,61	95,44	91,84	94,03	92,85
GO	129,60	128,12	126,37	126,55	125,40
MG	106,07	104,18	101,30	101,87	99,50
PR	129,30	128,33	128,73	128,16	126,65
RJ	109,48	108,38	105,68	106,41	104,67
SP	111,38	111,39	109,71	109,78	108,51
Precipitation (mm) 2041-2060					
BA	73,09	67,51	67,49	67,06	64,74
DF	124,55	120,70	120,12	118,61	115,82
ES	100,61	89,06	88,26	88,22	84,82
GO	129,60	126,70	126,72	125,78	123,37
MG	106,07	101,34	100,67	99,39	96,80
PR	129,30	129,81	126,45	125,82	126,63
RJ	109,48	104,29	104,71	101,87	101,24
SP	111,38	110,87	109,46	108,10	108,76
Precipitation (mm) 2061-2080					
BA	73,09	67,82	66,25	64,80	63,37
DF	124,55	120,05	118,57	117,05	115,76
ES	100,61	89,82	85,42	82,35	77,87
GO	129,60	126,68	125,79	124,59	122,62
MG	106,07	100,90	99,35	97,89	95,74
PR	129,30	130,01	126,21	127,34	128,40
RJ	109,48	105,06	102,53	103,09	97,91
SP	111,38	112,06	109,12	110,04	109,33
Precipitation (mm) 2081-2100					
BA	73,09	67,69	64,35	62,20	57,52
DF	124,55	119,73	117,96	115,64	106,68
ES	100,61	92,15	84,65	77,02	68,42
GO	129,60	126,10	125,33	123,27	116,97
MG	106,07	100,85	98,72	96,11	89,25
PR	129,30	129,37	128,74	129,03	127,14
RJ	109,48	106,93	103,22	100,45	92,47
SP	111,38	110,56	110,71	111,12	107,62

219

A precipitação acumulada média mensal foi de 110,5mm (Tabela 2), com variações notáveis entre estados. Distrito Federal registrou uma média de 124,6mm, e a Bahia, uma média de 73,1mm. Goiás, Paraná e Rio de Janeiro apresentaram as maiores precipitações, com 129,6, 129,3 e 109,5mm, respectivamente.



Foi observada uma tendência geral de queda na precipitação para todos os estados nos cenários estudados. Entre 2021-2040, a média de precipitação foi de 106.9mm, diminuindo para 102.1mm para 2081-2100. Os cenários mais pessimistas mostraram reduções mais acentuadas na precipitação.

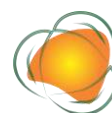
Em Goiás, Paraná e Rio de Janeiro também foram observadas diminuições, embora menos acentuadas. São Paulo apresentou um leve aumento no cenário SSP-3 7.0 entre 2021-2040 e 2081-2100, mas uma queda acentuada no cenário SSP-5 8.5, chegando a 107,6mm.

Essas tendências destacam a necessidade de medidas para mitigar esses impactos, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e a proteção das florestas.

A predominância da classe Favorável para a incidência da doença foi observada de setembro a abril, representando mais de 60% do território (Figura 2). Durante este período, medidas preventivas eram necessárias, como a aplicação de defensivos agrícolas pós-colheita. As maiores médias de produção de café estavam em Patrocínio (MG), Três Pontas (MG) e Pedregulho (SP).

A ferrugem do cafeeiro mostrou grande aptidão em grande parte do território estudado, especialmente entre setembro e abril, com maior concentração da classe Favorável. Patrocínio apresentou condições favoráveis para a doença quase o ano todo, com exceção de maio a agosto.

Entre os estados analisados, DF, MG e ES apresentaram a maior percentagem da classe Favorável durante o ano. Em regiões assim, o controle cultural era essencial, incluindo o aumento do espaçamento entre as plantas de café e a implantação de quebra-ventos para reduzir a disseminação de esporos.



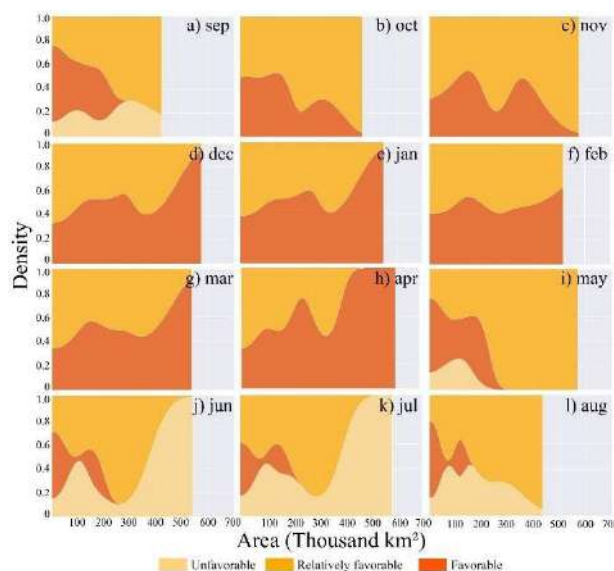


Figura 2. Distribuição das três classes de aptidão climática para a ferrugem do cafeeiro e representação da área total da região que cada uma delas representa, para todos os meses do ano, no cenário atual.

No cenário mais pessimista (SSP-5 8.5) a longo prazo (2081-2100), houve menor variação no zoneamento, sobretudo no verão (Figura 3). A classe Relatively Favorable predominou, com condições relativamente favoráveis à doença nos meses mais quentes. Notou-se que, embora a temperatura média do ar dificultasse o desenvolvimento do fungo, a precipitação o favorecia. Estados como ES, RJ, SP e MG tiveram amplas áreas classificadas como Relatively Favorable.

221

Contrariamente, muitas áreas não apresentavam condições climáticas favoráveis à doença, principalmente no inverno, para o mesmo cenário SSP-5 8.5. A classe Unfavorable teve destaque, com os estados de BA, GO, DF e MG sendo os mais inaptos para a ocorrência da doença. Especificamente, a localidade de Barreiras - BA foi climaticamente inapta de maio a setembro.

A classe Favorable foi menos representada nesse cenário, ocorrendo em pequenas proporções durante todo o ano. Estados costeiros como PR, SP, ES e RJ apresentaram maiores médias para áreas favoráveis à doença, influenciados pela umidade de importantes rios da região. Entre os municípios, Carlópolis - PR e Pinhalão - PR foram os mais aptos à doença, especialmente de maio a agosto.

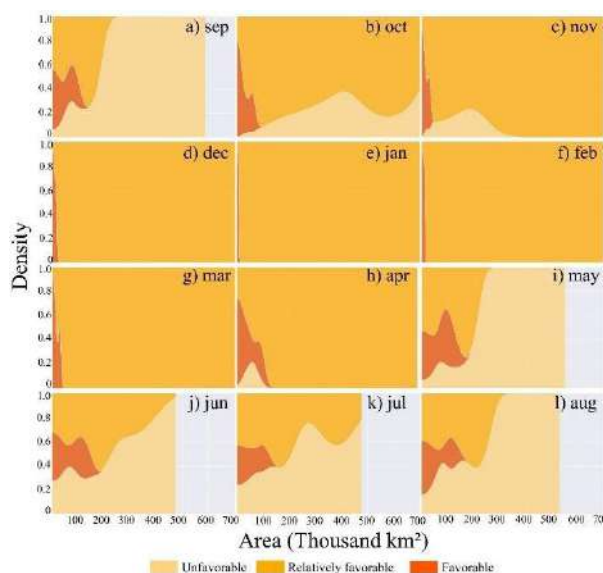


Figura 3. Distribuição das três classes de aptidão climática para a ferrugem do cafeeiro e representação da área total da região que cada uma delas representa, para todos os meses do ano, no cenário SSP-5 8.5, no período de 2081 a 2100.

CONCLUSÕES

O cenário com menores alterações de temperatura do ar foi o SSP-1 2.6 no período 2021-2040, com um aumento de 4,0% em relação ao cenário atual. Já o SSP 5-8.5 no período 2081-2100 apresentou temperaturas mais elevadas, registrando um acréscimo de 28,4%. A precipitação variou menos, com média mensal acumulada de 110,5mm e diminuições notáveis na Bahia, no Distrito Federal e em Minas Gerais.

O zoneamento para a ferrugem do cafeeiro indicou que a região de maior produção de café no Brasil era classificada predominantemente como Favorable, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais favoráveis para a doença. Contudo, o inverno apresentava maior ocorrência de áreas Unfavorable.

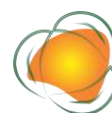
Em 2081-2100, houve redução das áreas aptas em todos os estados, exceto Paraná. DF e GO não possuíam nenhuma área Suitable, enquanto Minas Gerais apresentava em média 54.3% do território apto à doença, com o município de Patrocínio e Três Pontas favoráveis à doença na maior parte do ano.

As mudanças climáticas afetaram negativamente o desenvolvimento da ferrugem do café, com redução das condições favoráveis à doença, exceto no Paraná. O cenário SSP- 5 8.5 apresentou as maiores alterações, sendo mais agravado em 2081-2100. A longo prazo, houve reduções significativas das áreas Favorable, indicando que as mudanças climáticas poderiam

reduzir a ocorrência dessa doença do cafeeiro. No entanto, era necessário avaliar a capacidade de adaptação do fungo *Hemileia vastatrix*.

REFERÊNCIAS

- ADAN, M. et al. Use of earth observation satellite data to guide the implementation of integrated pest and pollinator management (IPPM) technologies in an avocado production system. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v.23, e100566, 2021.
- AGRIOS, G. N. *Plant pathology*. Elsevier, 2005.
- BEDIMO, J. M. et al. Effect of shade on Arabica coffee berry disease development: Toward an agroforestry system to reduce disease impact. *Phytopathology*, v.98, n.12, p.1320–1325, 2008.
- BERIHUN, G.; ALEMU, K. Status of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) and its management in Ethiopia: a review. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, v.55, n.20, p.2283–
- GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Climate change and plant diseases. *Scientia Agricola*, v.65, p.98–107, 2008.
- HOURDIN, F. et al. Convective Boundary Layer Control of the Sea Surface Temperature in the Tropics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, v.12, n.6, 2020.
- IBGE, I. B. D. G. E. E. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2020>>. Acesso em: 28 maio. 2021.
- ICO. International Coffee Organization - Historical Data on the Global Coffee Trade. Disponível em: <http://www.ico.org/new_historical.asp>. Acesso em: 18 jun. 2022.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change Global Warming of 1.5°C, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018.
- JIBAT, M. Review on resistance breeding methods of coffee leaf rust in Ethiopia. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, v.7, n.6, p.32–41, 2020.
- KNUTTI, R. et al. Challenges in combining projections from multiple climate models. *Journal of Climate*, v.23, n.10, p.2739–2758, 2010.



CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL USANDO DADOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO CMIP6

Guilherme Botega Torsoni¹

Lucas Eduardo De Oliveira Aparecido²

Gabriela Marins Dos Santos³

Rafael Fausto De Lima⁴

João Paulo Balbino Da Silva⁵

Claudiomir da Silva dos Santos⁶

¹Prof. Dr. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Naviraí, Departamento de agrometeorologia, guilherme.torsoni@ifms.edu.br

²Prof. Dr. IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, Departamento agrometeorologia, lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

³Aluno do curso Integrado Informática, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Departamento de agrometeorologia, gabriela.santos9@estudante.ifms.edu.br

⁴Mestrando em Agrometeorologia, Universidade Estadual Paulista, Unesp. rafael.lima2@estudante.ifms.edu.br

⁵Aluno do curso de Agronomia, – Campus Muzambinho, Departamento agrometeorologia, joao_paulo_balbino@outlook.com

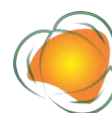
⁶Prof. Dr. IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, Departamento agrometeorologia, claudiomir.santos@muz.ifsuldeminas.edu.br

224

INTRODUÇÃO

O Mato Grosso do Sul (MS) é um importante estado produtor de alimentos no Brasil, com destaque para a produção de grãos, carnes e outros (FAO. FAOSTAT, 2022). A produção agrícola do estado é liderada pela soja, que é cultivada principalmente na região sul e sudoeste. Em 2021, o Mato Grosso do Sul produziu cerca de R\$30.024.860 Mil (12,23mi toneladas) de soja, milho R\$8.029.312Mil (5,42mi toneladas) e Cana-de-açúcar R\$5.494.623Mil (47,29mi toneladas) o sexto maior produtor do país (CONAB, 2022).

O clima do Mato Grosso do Sul é tropical, com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa, que vai de outubro a março, e uma estação seca, que vai de abril a setembro. A temperatura média anual varia entre 20 e 26°C (DE OLIVEIRA APARECIDO et al., 2020). Essas condições climáticas favorecem a produção agrícola, especialmente de culturas como a



soja e o milho, culturas essas de maior valor para o estado, que são plantadas no início da estação chuvosa e colhidas durante a estação seca (CATTELAN & DALL'AGNOL, 2018).

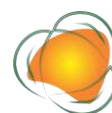
A mudança climática é um problema global que afeta diversas áreas, incluindo a agricultura (ARUNANONDCHAI et al., 2018). Com a elevação da temperatura média do planeta, ocorrem mudanças nos padrões climáticos que impactam as plantações de diversas formas, como a alteração nos padrões de chuva e o aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (AYDINALP & CRESSER, 2008). Esses fatores têm o potencial de diminuir a produtividade das colheitas, aumentando a insegurança alimentar e prejudicando a economia local e global (DOS SANTOS et al., 2023).

Um dos principais impactos da mudança climática nas plantações é a alteração nos padrões de chuva (KUMAR et al., 2023). As chuvas são fundamentais para o crescimento das plantas, e as alterações em seu regime podem afetar a produção agrícola (BATTOOL et al., 2019). Em algumas regiões, a mudança climática resulta em secas prolongadas que reduzem a produção das culturas e prejudicam a qualidade dos alimentos. Em outras, ocorrem chuvas excessivas, que causam erosão do solo, danos às plantas e inundação das áreas de cultivo (ALI et al., 2017).

Outro fator que contribui para a interferência da mudança climática nas plantações é o aumento da temperatura média (SCHLENKER & ROBERTS, 2008). O calor excessivo pode afetar o metabolismo das plantas, reduzindo o crescimento e a produtividade (LONG & ORT, 2010). Além disso, o aumento da temperatura pode favorecer a proliferação de pragas e doenças que afetam as culturas, aumentando a necessidade de pesticidas e herbicidas (SKENDŽIĆ et al., 2021). Além disso, a destruição das plantações pode ter um impacto econômico significativo e de subsistência para o Mundo de forma geral.

O CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) é o conjunto de modelos globais utilizado nas análises de mudanças climáticas do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), que visa avaliar e comparar modelos de simulação climática para entender melhor as mudanças climáticas e seus impactos no mundo (TOKARSKA et al., 2020). O CMIP6, é mais moderno modelo de mudança climática, já houveram 3 fases, uma iniciativa que envolve diversos centros de pesquisa e instituições de renome ao redor do mundo (BOCK et al., 2020).

O CMIP6 tem 5 cenários SSP (Shared Socioeconomic Pathways), que são conjuntos de projeções que combinam trajetórias socioeconômicas e climáticas para fornecer uma visão mais completa dos impactos das mudanças climáticas no futuro (THRASHER et al., 2022).



Cada cenário SSP representa uma combinação única de fatores socioeconômicos e climáticos que afetam as emissões de gases de efeito estufa e, conseqüentemente, o impacto das mudanças climáticas no mundo (O'NEILL et al., 2016).

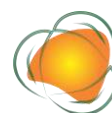
No CMIP6 foram adotados os cenários SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 (CHEN et al., 2022). O SSP1-1.9 com a Radiação solar de $1,9\text{W/m}^2$ e aquecimento global de $1,5^\circ\text{C}$, e o SSP1-2,6 com a Radiação solar de $2,6\text{W/m}^2$ e aquecimento global inferior a 2°C até 2100, os mais baixos cenários de emissão de radiação resultaram em baixa vulnerabilidade social (XIE et al., 2022). O SSP2-4.5 com a Radiação solar de $4,5\text{W/m}^2$, o SSP3-7.0 com a Radiação solar de $7,0\text{W/m}^2$ o SSP5-8.5 com a Radiação solar de $8,5\text{W/m}^2$ foram os cenários de emissão de radiação média, média-alta e alta que resultaram em vulnerabilidade social moderada, média alta e alta, respectivamente (NAZARENKO et al., 2022).

A partir dessas simulações, é possível avaliar os riscos para a produção agrícola, identificar as regiões mais vulneráveis e pensar em estratégias de adaptação (AKINNAGBE & IROHIBE, 2014). Ferramentas essas que são de extrema importância nas orientações de políticas públicas e privadas na agricultura, permitindo a implementação de medidas de mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas (MASUD et al., 2017). Para mitigar os impactos da mudança climática nas plantações, algumas medidas incluem a escolha de culturas mais resistentes à seca, o uso de técnicas de irrigação mais eficientes e a melhoria da qualidade do solo (SCHÜTZE & SCHMITZ, 2010).

Com base nesses estudos, o trabalho tem como objetivo caracterizar o clima para o estado do Mato Grosso do Sul usando dados de mudanças climáticas do CMIP6 para os períodos de 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100. O Mato Grosso do Sul, assim como todo o território brasileiro, não tem uma rede de estações meteorológicas de superfície que atenda todas as necessidades agrícolas. Assim, uma caracterização climática atual e de cenários do IPCC usando dados em GRID é uma grande ferramenta de gestão para os empresários rurais.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado para o estado do Mato Grosso do Sul, localizado na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1). Foram coletados dados de precipitação (P) e temperatura média do ar (T) para todo Mato Grosso do Sul. Para completar todo o estado foram coletados 566 pontos meteorológicos em grid de estações globais.



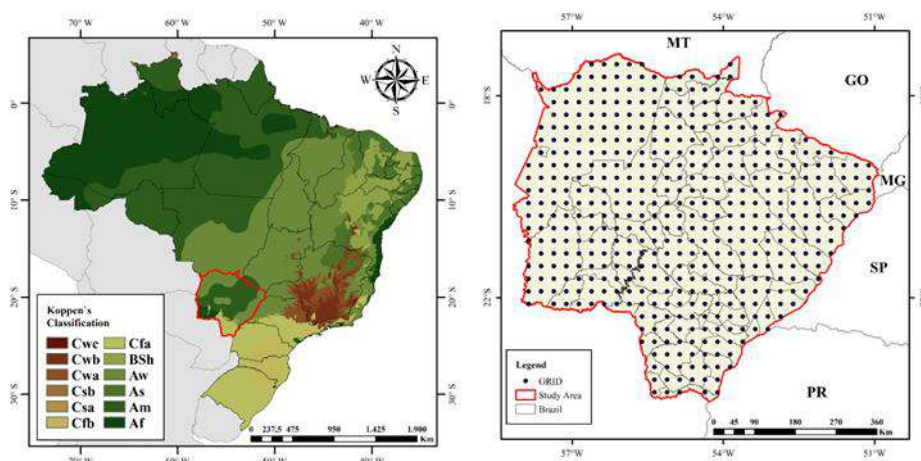


Figura 1. Mapa de localização das estações climáticas no Mato grosso do sul.

A Evapotranspiração Potencial (ETP) foi calculada utilizando o método Hargreaves e Samani (Equação 1) (HARGREAVES & SAMANI, 1985).

$$ET_o = 0.023(0.408)(T_{\text{mean}} + 17.8)(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0.5} R_a \text{ (Eq.1)}$$

Onde: Tmax = temperatura máxima do ar (°C), Tmin = temperatura mínima do ar (°C), Ra = radiação extraterrestre (MJ·m⁻²) e 0,408 é um fator para converter MJ m⁻² em mm. A radiação extraterrestre, Ra (Equação 2), é estimada com base na latitude do local e no dia do calendário do ano.

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \text{ (Eq.2)}$$

Onde: Gsc = constante solar (0,0820 MJ·m⁻²·min⁻¹), φ = latitude (radianos), e o termo 24(60) é um fator para converter min para dia.

O balanço hídrico (BH) climatológico foi estimado pelo método de Thornthwaite-Mather (1955) (Figura 2), usando a capacidade de armazenamento de água de 100mm.

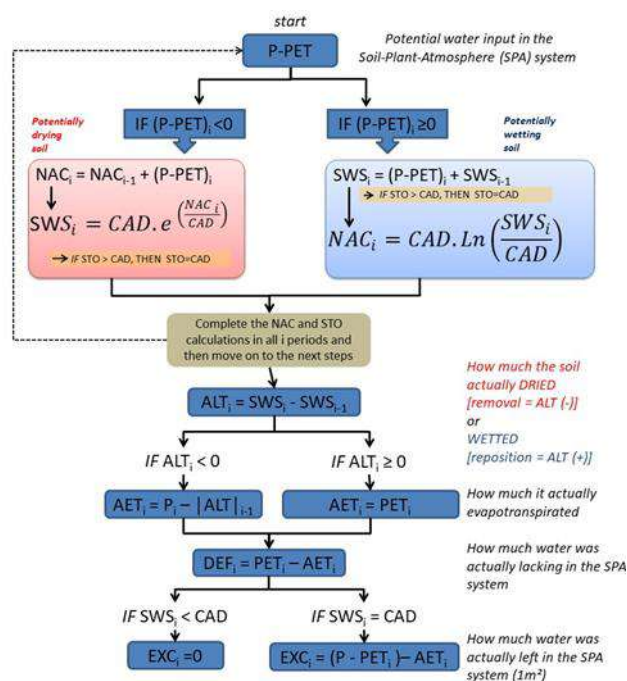


Figura 2. Fluxograma do método de Thornthwaite-Mather para o BH climatológico.

Fonte: Adaptado de Thornthwaite-Mather (1955).

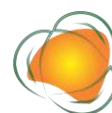
O modelo climático global usado foi o MPI-ESM1-2-LR que é a versão mais recente do Modelo do Sistema Terrestre do Instituto Max Planck, e o modelo IPSL-CM6A-LR desenvolvido no Institut Pierre-Simon Laplace. Neste trabalho foram usados os cenários SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5. Foi usado a análise estatística descritiva, cujo objetivo foi identificar as variações do conjunto de dados coletados tanto sazonal como espacial. Em seguida, foi gerado diversos mapas usando SIG interpolando os elementos climáticos em cada cenário do CMIP6 pelo método de krigagem, utilizando o modelo esférico com um vizinho e resolução de 0,25°, para o estado do Mato Grosso do Sul.

228

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação espacial da temperatura do ar é um aspecto fundamental ao se estudar as mudanças climáticas e seus impactos potenciais. A análise dos cenários futuros de temperatura permite compreender como diferentes regiões podem ser afetadas e quais áreas podem estar sujeitas a alterações significativas.

Na Figura 3A, é possível observar as projeções da variação espacial e temporal de temperatura do ar para o MS nos cenários do CMIP6. Essas projeções são baseadas em modelos climáticos avançados e nos ajudam a compreender as tendências futuras.



Ao analisar o período de 2021-2040, notamos que a temperatura do ar apresenta uma variabilidade espacial semelhante ao clima atual em todos os cenários estudados. No entanto, chama a atenção o fato de que as temperaturas mais baixas se concentram no sul do estado, com uma média anual próxima a 21°C. Essa informação é relevante, considerando a presença de localidades de importância econômica na região, como Naviraí e Dourados, que desempenham um papel significativo na produção agropecuária.

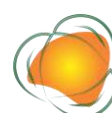
Essas alterações na temperatura do ar podem ter implicações diretas nas atividades agropecuárias. Temperaturas mais baixas podem afetar os ciclos de crescimento das culturas, influenciar a produtividade das lavouras e impactar a saúde e o bem-estar dos animais. Portanto, compreender as variações espaciais da temperatura é crucial para adaptar-se às mudanças climáticas e tomar medidas adequadas para mitigar seus efeitos.

Na Figura 3B, é possível observar as projeções da variação espacial e temporal de chuva para o MS nos cenários do CMIP6. Essas projeções são baseadas em modelos climáticos avançados e nos ajudam a compreender as possíveis tendências futuras.

No clima atual, observa-se uma distribuição das chuvas mais intensas no sul do estado do Mato Grosso do Sul, com valores anuais de precipitação chegando a 1689mm. Por outro lado, as regiões do oeste do estado apresentam menor quantidade de precipitação, com valores anuais de apenas 949mm. Vale ressaltar que é nessa região que se encontra a cidade de Corumbá, de grande importância turística para a economia estadual.

No período mais distante de 2081-2100, é possível verificar uma redução nas chuvas na região sul do estado, com valores anuais de apenas 1100mm. Essa diminuição significativa de precipitação tende a impactar negativamente o desenvolvimento de diversas culturas nessa região. É importante mencionar que o milho, a soja e a cana-de-açúcar são algumas das culturas amplamente cultivadas nessa área.

Essa redução das chuvas na região sul do estado representa um desafio para a agricultura e pode ter consequências econômicas significativas. O cultivo de diversas culturas depende de uma quantidade adequada de chuvas para um desenvolvimento saudável e produtivo. A diminuição das chuvas nessa região pode afetar diretamente a produção agrícola e requer a implementação de estratégias adaptativas para enfrentar essas mudanças.



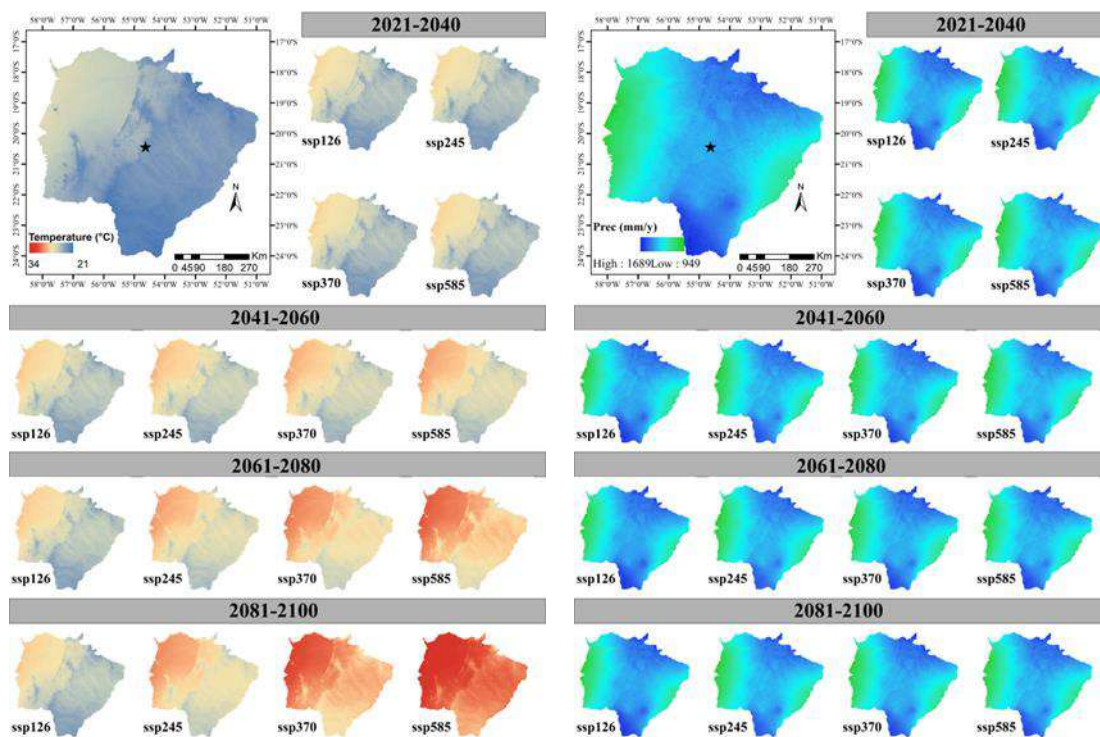


Figura 3. Variação espacial da: A) temperatura do ar, B) da chuva, nos cenários do CMIP6.

Na Figura 4A, é possível observar as projeções da variação espacial e temporal de evapotranspiração para o Mato Grosso do Sul nos cenários do CMIP6. A evapotranspiração é uma variável de extrema importância, pois quantifica a quantidade de água perdida pelo sistema solo-planta-atmosfera. No Mato Grosso do Sul, os valores de evapotranspiração demonstraram uma grande variação, sendo de 940 a 1820 mm anuais.

É possível observar que nos cenários com maiores emissões, como o ssp370 e o ssp585, houve um aumento significativo na evapotranspiração, especialmente nos períodos de 2061-2080 e 2081-2100. Isso indica que a evapotranspiração será mais intensa em todo o estado do Mato Grosso do Sul, em decorrência das mudanças climáticas.

Essas mudanças na evapotranspiração têm implicações diretas na disponibilidade de água e na gestão dos recursos hídricos. O aumento na evapotranspiração pode levar a uma maior demanda por água, afetando a disponibilidade para uso agrícola, industrial e doméstico. Além disso, esse aumento pode impactar os ecossistemas naturais, como rios, lagos e aquíferos. Essas tendências indicam um cenário de maior demanda por água e ressaltam a importância de estratégias de gestão e conservação dos recursos hídricos, bem como de medidas de adaptação às mudanças climáticas.

A variável climática de armazenamento de água no solo (Figura 4B) apresenta uma considerável variação espacial e temporal. Um exemplo disso pode ser observado na região de

Corumbá, onde o armazenamento de água no solo atingiu cerca de 20%, enquanto na região sul do estado, esse valor ficou em torno de 70%. É importante ressaltar que um baixo armazenamento de água no solo inviabiliza o cultivo de diversas culturas.

A variação espacial na capacidade de armazenamento de água no solo tem implicações significativas na agricultura e na disponibilidade de recursos hídricos. Regiões com menor armazenamento de água podem enfrentar desafios na irrigação e no desenvolvimento de culturas que dependem de uma quantidade adequada de água no solo para o crescimento saudável.

No caso específico de Corumbá, um armazenamento de água no solo próximo de 20% indica uma condição desfavorável para o plantio de diversas culturas. Isso pode afetar a produtividade agrícola e ter impactos socioeconômicos na região.

Por outro lado, a região sul do estado, com um armazenamento de água no solo em torno de 70%, apresenta uma situação mais favorável para o cultivo de diferentes culturas, proporcionando condições mais adequadas para o desenvolvimento agrícola.

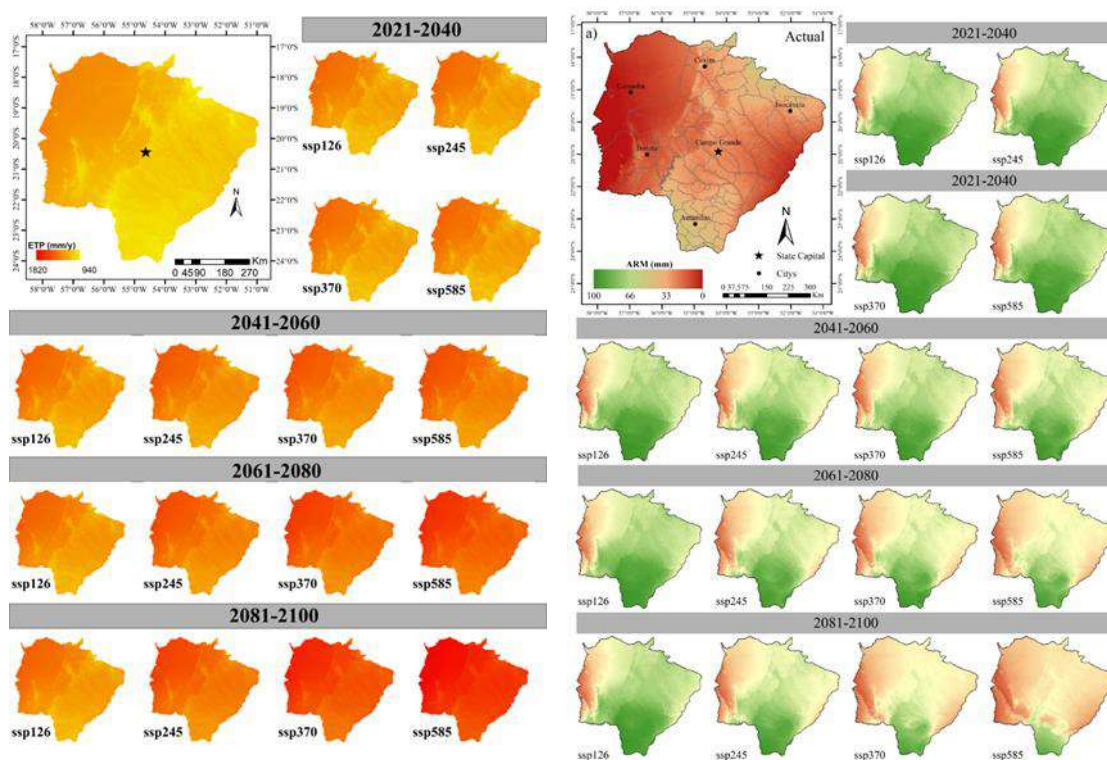
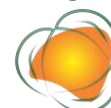


Figura 4. Variação espacial da A) Evapotranspiração e B) Armazenamento Hídrico do clima atual e nos cenários de mudanças climáticas do CMIP6.

O déficit hídrico no Mato Grosso do Sul apresentou um aumento significativo nos cenários mais catastróficos. Por exemplo, no período de 2081-2100, os cenários ssp370 e ssp585 revelaram déficits anuais elevados, chegando a 793mm, principalmente na região



oeste do estado (Figura 5A). Consequentemente, era de se esperar que nessa mesma área fossem observados os menores excedentes hídricos (Figura 5B), chegando a valores inferiores a 100 mm anuais. Esses resultados evidenciam que as mudanças climáticas causaram uma redução no suprimento de água no estado.

Essa tendência de aumento no déficit hídrico e diminuição dos excedentes hídricos tem implicações significativas para a disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos no Mato Grosso do Sul. A redução na quantidade de água disponível pode afetar diretamente a agricultura, a pecuária, o abastecimento de água potável e os ecossistemas naturais.

A região oeste do estado, em particular, enfrenta desafios crescentes devido à diminuição da disponibilidade de água. Isso pode impactar negativamente a produtividade agrícola e a sustentabilidade dos sistemas de produção. Medidas de adaptação, como a implementação de práticas de conservação de água, a utilização de técnicas de irrigação eficientes e o manejo adequado dos recursos hídricos, tornam-se essenciais para enfrentar essas mudanças e garantir a segurança hídrica no estado.

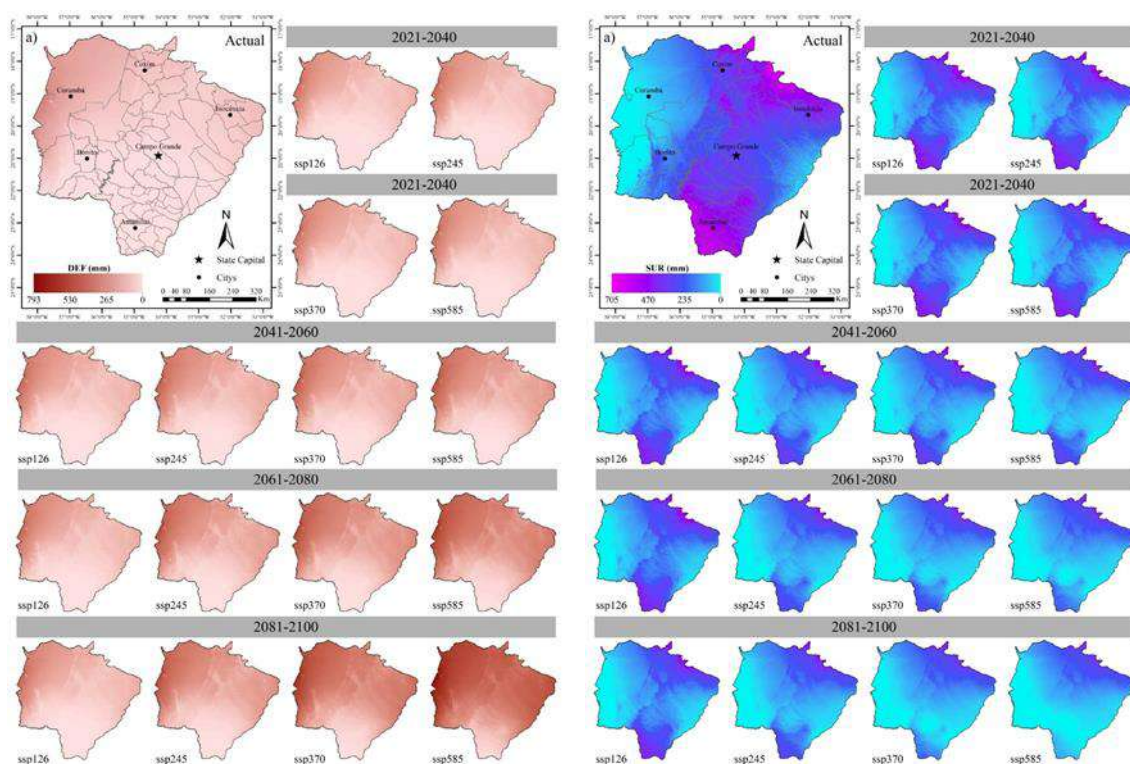


Figura 5. Variação espacial do A) Déficit Hídrico e B) Excedente Hídrico, do clima atual e nos cenários de mudanças climáticas do CMIP6.

CONCLUSÕES

Este estudo ressaltou as tendências preocupantes das mudanças climáticas no Mato Grosso do Sul. Foram observadas variações nas variáveis climáticas, como aumento da temperatura do ar, mudanças na distribuição das chuvas, intensificação da evapotranspiração e redução do armazenamento de água no solo. Além disso, os cenários futuros indicaram um aumento no déficit hídrico, principalmente na região oeste do estado.

Essas descobertas destacam a necessidade de ações de adaptação e mitigação das mudanças climáticas, como a implementação de práticas sustentáveis de agricultura e o manejo adequado dos recursos hídricos. A conscientização e a colaboração entre os setores são fundamentais para enfrentar esses desafios e garantir um futuro sustentável para o Mato Grosso do Sul.

No contexto do Mato Grosso do Sul, esse estudo fornece uma base sólida para orientar a tomada de decisões informadas no desenvolvimento de políticas climáticas, no planejamento de recursos hídricos e na adoção de práticas agrícolas adaptativas. Diante das projeções preocupantes, é fundamental agir agora para enfrentar as mudanças climáticas e garantir um futuro sustentável para o Mato Grosso do Sul e suas comunidades.

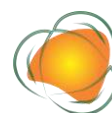
233

AGRADECIMENTOS

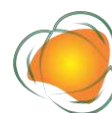
Agradecemos à FUNDECT pelos recursos disponibilizados para o desenvolvimento do projeto e ao IFMS pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- AKINNAGBE, O. M.; IROHIBE, I. J. Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: A review. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, v.39, n.3, p.407–418, 2014.
- ALI, S. et al. Climate change and its impact on the yield of major food crops: Evidence from Pakistan. *Foods*, v.6, n.6, p.39, 2017.
- ARUNANONDCHAI, P. et al. How does climate change affect agriculture? *The Routledge handbook of agricultural economics*. Routledge, 2018. p.191–210.
- AYDINALP, C.; CRESSER, M. S. The effects of global climate change on agriculture. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, v.3, n.5, p.672–676, 2008.
- BATTOOL, N. et al. Rainfall variability and dynamics of cropping pattern in Kashmir Himalayas: A case study of climate change and agriculture. *SN Applied Sciences*, v.1, p.1–9, 2019.



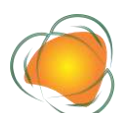
- BOCK, L. et al. Quantifying progress across different CMIP phases with the ESMValTool. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v.125, n.21, e2019JD032321, 2020.
- CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. 2018.
- CHEN, R. et al. Surface air temperature changes over the Tibetan Plateau: Historical evaluation and future projection based on CMIP6 models. *Geoscience Frontiers*, v.13, n.6, p.101452, 2022.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2021/22. Sexto levantamento. 2022.
- DE OLIVEIRA APARECIDO, L. E. et al. Köppen-Geiger and Camargo climate classifications for the Midwest of Brasil. *Theoretical and Applied Climatology*, v.142, p.1133–1145, 2020.
- DOS SANTOS, E. A. et al. Climate change in Brazilian agriculture: vulnerability and adaptation assessment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, p.1–18, 2023.
- FAO. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, v.1, n.2, p.96–99, 1985.
- KUMAR, S.; KAURSIDANA, B.; THAKUR, S. Climate change and its impact on productivity of major kharif and rabi crops in Punjab. *MAUSAM*, v.74, n.1, p. 51–160, 2023.
- LONG, S. P.; ORT, D. R. More than taking the heat: crops and global change. *Current opinion in plant biology*, v.13, n.3, p.240–247, 2010.
- MASUD, M. M. et al. Adaptation barriers and strategies towards climate change: Challenges in the agricultural sector. *Journal of Cleaner Production*, v.156, p.698–706, 2017.
- NAZARENKO, L. S. et al. Future Climate Change under SSP Emission Scenarios with GISS-E2. 1. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, v.14, n.7, e2021MS002871, 2022.
- O'NEILL, B. C. et al. The scenario model intercomparison project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, v.9, n.9, p.3461–3482, 2016.
- SCHLENKER, W.; ROBERTS, M. J. Estimating the impact of climate change on crop yields: The importance of nonlinear temperature effects. National Bureau of Economic Research, 2008.
- SCHÜTZE, N.; SCHMITZ, G. H. OCCASION: New Planning Tool for Optimal Climate Change Adaption Strategies in Irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.136, n.12, p.836–846, 2010.
- SKENDŽIĆ, S. et al. The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, v.12, n.5, p.440, 2021.



THRASHER, B. et al. NASA global daily downscaled projections, CMIP6. Scientific Data, v.9, n.1, p.262, 2022.

TOKARSKA, K. B. et al. Past warming trend constrains future warming in CMIP6 models. Science advances, v.6, n.12, eaaz9549, 2020.

XIE, A. et al. Polar amplification comparison among Earth's three poles under different socioeconomic scenarios from CMIP6 surface air temperature. Scientific Reports, v.12, n.1, p.16548, 2022.



RELAÇÃO ENTRE CLIMA E VARIABILIDADE DA CERCOSPORIOSE DO CAFÉ: ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS DE CONTROLE

João Augusto Vilas Boas dos Santos Gonçalves¹

Maria Victória Alves Bueno Ferreira da Cruz²

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido³

Guilherme Botega Torsoni⁴

Maiqui Izidoro⁵

Claudiomir Silva Santos⁶

¹Graduando em Engenharia Agrônômica, IFSULDEMINAS Campus Muzambinho, joaoaugustovbsg@gmail.com.

²Graduanda em Engenharia Agrônômica, IFSULDEMINAS Campus Muzambinho, mariavictoriaalvesbueno@gmail.com

³Doutor em Agronomia, IFSULDEMINAS Campus Muzambinho, lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

⁴Doutor em Física, IFMS Campus Naviraí, guilherme.torsoni@ifms.edu.br

⁵Doutorando em Agronomia, UNESP, maiqui.izidoro@unesp.br

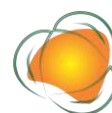
⁶Doutor em promoção de saúde, IFSULDEMINAS Campus Muzambinho, claudiomir.santos@muz.ifsuldeminas.edu.br.

236

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais cadeias da economia brasileira. No ano de 2022 foram produzidos 50,95 milhões de sacas de café beneficiado (CONAB, 2022), este número tende a crescer cada vez mais devido ao aumento da produtividade com a adoção de novas tecnologias. O estado de Minas Gerais se consagrou como o maior produtor do país, sendo as regiões do Sul de Minas e do Cerrado Mineiro as responsáveis pela maior parte da produção. A cultura do café embora bastante difundida ainda há muitos fatores a serem analisados, dentro destes podemos citar a incidência de doenças que corroboram para a redução da produtividade do cultivo.

Das doenças dos cafezais a cercosporiose causada pelo fungo *Cercospora Coffeicola* Berkeley & Cooke pode causar sérios prejuízos. Segundo Miguel et al. (1975), em alta intensidade dessa doença pode acontecer redução de até 30% no rendimento do cafeeiro. Nas folhas a doença é caracterizada por manchas circulares com centro cinza-claro e um anel arroxeado ou amarelo em volta da lesão, em frutos, as lesões aparecem ainda quando



pequenos aumentando o ataque no início da granação. Essas lesões são de coloração marrom-claro ou arroxeadas e deprimidas.

Os danos causados pela cercosporiose decorrem da redução de área foliar e desfolha, afetando o desenvolvimento da planta e chegando até em secas de ramos laterais. Em frutos a doença causa queda, o que ocorre em vários estágios de desenvolvimento. A maturação é acelerada causando grãos chochos ou mal granados.

A cercosporiose ocorre no fim do ciclo produtivo, de maio a agosto, onde a fraqueza das plantas pela falta de nutrientes e estresse hídrico favorece o desenvolvimento. Além disso, o excesso de chuvas em dezembro antecipa o ataque. Ao analisar o comportamento da doença fica evidente que ela ocorre quando os fatores climáticos são favoráveis (MATIELLO et al., 2020).

O fungo *Cercospora coffeicola* é favorecido por temperaturas do ar de 17° a 24°C associadas à alta umidade relativa do ar (acima de 90%), consideradas condições ótimas para o desenvolvimento da doença (BOER et al., 2020; CHAVES et al., 2018). O molhamento foliar é outra variável que favorece a infecção da cercosporiose, principalmente quando prolongada por mais de 72 horas. Desta forma, o excesso de chuvas em períodos quentes do ano pode trazer riscos aos cafezais (VALE et al., 2019).

237

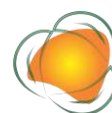
Sabendo que as variações do clima influenciam muito na variabilidade da incidência da cercosporiose do café e não se tem na literatura um trabalho que busca avaliar essa relação, o objetivo do presente trabalho foi verificar como cada variável climática influencia a variação da cercosporiose nas principais regiões de café de Minas Gerais.

Objetiva-se por este trabalho analisar a relação entre as variáveis meteorológicas e a incidência da cercosporiose do café nas principais cidades produtoras de café do Sul de Minas Gerais e Cerrado, a fim de compreender como as condições climáticas afetam o desenvolvimento da doença e possibilitar o aprimoramento das medidas de prevenção e controle.

METODOLOGIA

Localidade e banco de dados

A pesquisa foi realizada para algumas das principais regiões produtoras de café no Brasil, incluindo Boa Esperança, Carmo de Minas, Muzambinho e Varginha, localizadas no Sul de Minas Gerais, bem como Araxá, Araguari e Patrocínio, localizadas no Cerrado Mineiro, e



Franca, situada na Alta Mogiana. Essas informações estão detalhadas na Tabela 1 e ilustradas na Figura 1.

Tabela 1. Características geográficas das principais áreas cafeeiras

Localização	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Período	Área (km²)
Sul de Minas Gerais					
Boa Esperança	21° 5' 39" S	45° 34' 29" W	798	2007 a 2023	860,7
Carmo de Minas	22° 10' 31" S	45° 09' 03" W	1080	2007 a 2023	323,3
Muzambinho	21° 20' 47" S	46° 58' 08" W	1033	2007 a 2022	409
Varginha	21° 34' 00" S	45° 24' 22" W	940	2007 a 2023	395,6
Cerrado					
Araguari	18° 59' 35" S	46° 59' 01" W	961	2010 a 2022	2731
Araxá	19° 33' 21" S	46° 58' 08" W	960	2010 a 2023	1165
Patrocínio	18° 33' 21" S	48° 12' 25" W	933	2010 a 2021	2866
Alta Mogiana					
Franca	20° 32' 30" S	47° 25' 11" W	1040	2015 a 2023	605,6

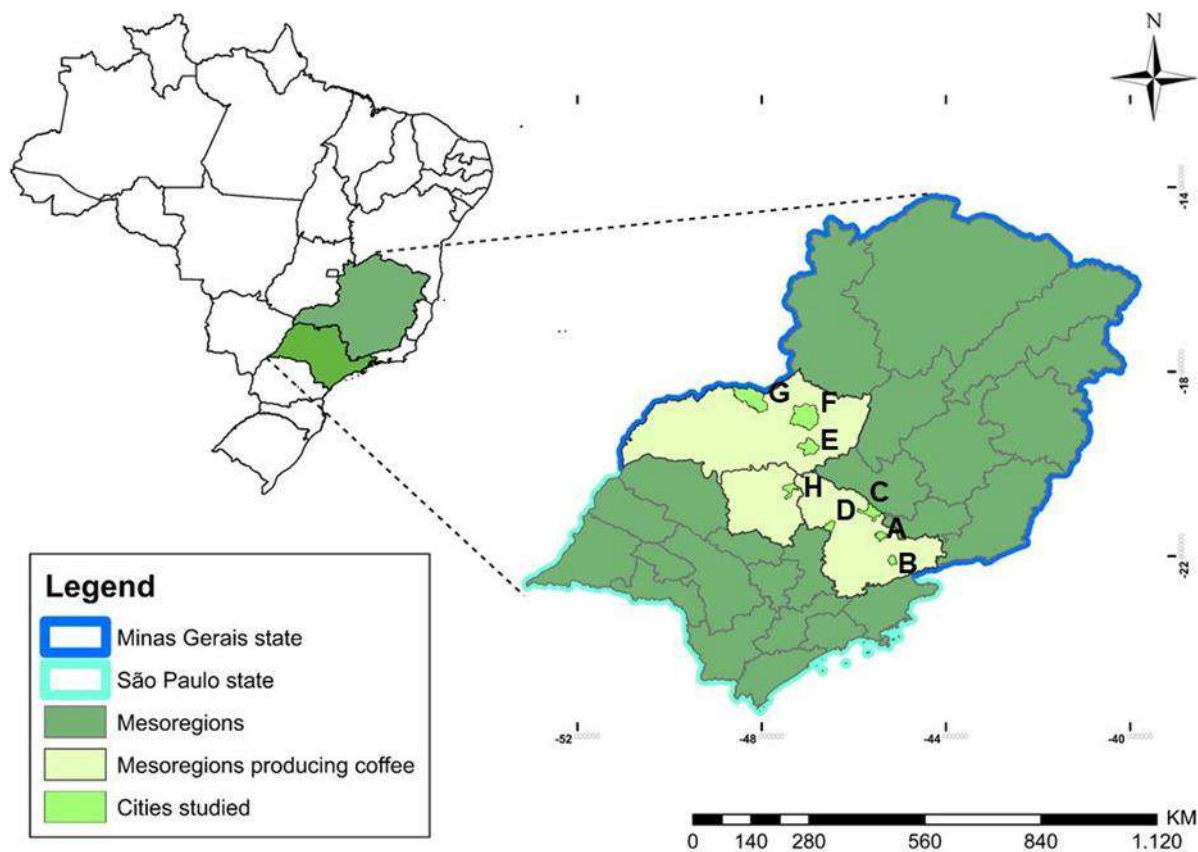


Figura 1. Regiões cafeeiras dos estados de Minas Gerais e São Paulo, Brasil, analisadas neste estudo. A – Varginha, B – Carmo de Minas, C – Boa Esperança, D – Muzambinho, E – Araxá, F – Patrocínio, G – Araguari, H – Franca.

Os dados meteorológicos utilizados neste estudo foram obtidos por meio dos "Global Circulation Models" (GCMs), especificamente no NASA POWER (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>). Através dessa plataforma foram coletadas informações diárias de diversos parâmetros meteorológicos, incluindo temperatura do ar (TAIR), temperatura máxima do ar (TAIR-Max), temperatura mínima do ar (TAIR-Min), velocidade do vento (WS), umidade relativa (RH), pressão de superfície (OS) e pluviosidade (P) para as regiões estudadas. Esses dados foram fundamentais para a análise e compreensão das condições climáticas nas regiões de interesse.

Na pesquisa, a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) foi realizada utilizando os dados de temperatura do ar (TAIR) e radiação seguindo a metodologia proposta por Camargo (1971). Esse método permite calcular a quantidade de água que é perdida pelas plantas por vleiwer evapotranspiração em determinada região.

Para calcular o balanço hídrico sequencial (BH), foi adotado o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955). Esse modelo considera vários componentes como o armazenamento de água no solo, o déficit de água no solo e o excesso de água no solo, com o intuito de avaliar a disponibilidade hídrica ao longo do tempo.

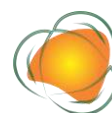
Foi utilizada uma capacidade de água disponível (CAD) de 100mm, pois esse valor representa a capacidade média de retenção de água da maioria dos solos encontrados nas regiões estudadas. Esses componentes do balanço hídrico são fundamentais para compreender a quantidade de água disponível no solo, considerando tanto o armazenamento quanto às variações de déficit e excesso de água.

Os dados de incidência da Cercosporiose foram retirados do site da Fundação Procafé. Os períodos dos dados podem ser encontrados na Tabela 1. Essas informações são essenciais para avaliar a prevalência e a gravidade da Cercosporiose nas regiões produtoras de café. A partir desses dados, é possível analisar a relação entre a incidência da doença e outros fatores como as condições climáticas, o manejo agrícola e as características do solo.

Análises

Com o banco de dados coletado, foram realizadas análises estatísticas para investigar o comportamento da doença ao longo dos meses. Inicialmente, foi realizada uma análise mensal da média da doença para observar seu padrão de variação ao longo do tempo.

Além disso, foi feita a análise de correlação de Pearson para verificar quais elementos climáticos apresentaram maior influência na variação da doença. Essa análise permitiu



identificar as relações estatísticas entre a incidência da doença e os diferentes parâmetros climáticos considerados. Os resultados dessa análise podem ser observados na Figura 2, fornecendo informações valiosas sobre quais elementos climáticos estão mais associados às variações na ocorrência da doença.

Essas análises estatísticas foram importantes para compreender os padrões da doença e identificar os fatores climáticos que estão relacionados à sua ocorrência. Essas informações auxiliam no desenvolvimento de estratégias de manejo e controle da doença, e podem minimizar o impacto nas plantações de café.

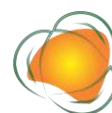
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}}$$

Figura 2. Modelo de correlação de Pearson. X = variável 1; Y = variável 2; X com barra = média da variável 1; Y com barra = média da variável 2.

O coeficiente de correlação de Pearson mede a direção e grau com que duas variáveis, de tipo quantitativo, se associam linearmente, tendo seus valores variando entre -1 a +1. O sinal indica direção (perfeita correlação negativa ou inversa e positiva ou direta, respectivamente) e o valor da força entre as variáveis. Assim, quando a correlação é positiva, ambos os valores das variáveis aumentam (diretamente proporcionais), e negativa, à medida que uma variável cresce as outras decrescem (indiretamente proporcionais).

Após identificar que a variável que mais influencia a incidência da Cercosporiose é a ETP (evapotranspiração potencial), foi realizada uma análise de regressão não linear. O modelo de regressão foi definido com base no comportamento dos dados obtidos e pode ser visualizado na Figura 3.

Para avaliar a qualidade dos modelos de regressão, foram utilizados índices estatísticos de precisão e acurácia. A precisão do modelo foi avaliada pelo coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), que é uma medida da proporção da variação na incidência da doença que pode ser explicada pela variável ETP. A Figura 4, apresenta o coeficiente de determinação ajustado para a análise. Além disso, a acurácia do modelo foi avaliada pelo Erro Quadrático Médio (RMSE), que é uma medida da diferença média entre os valores observados e os valores previstos pelo modelo. A Figura 5 exibe o RMSE utilizado na avaliação da acurácia do modelo.



Todas essas análises foram realizadas utilizando o software Excel, proporcionando informações sobre a qualidade do modelo de regressão e sua capacidade de explicar a variação na incidência da Cercosporiose com base na variável ETP.

$$Y = Y_{MAX} + \frac{Y_{MIN} - Y_{MAX}}{1 + \left(\frac{X}{X_0} \right)^p}$$

Figura 3. Modelo logístico.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{est_i} - \bar{Y}_{obs})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{est_i} - \bar{Y}_{obs})^2 - \sum_{i=1}^n (Y_{est_i} - Y_{obs_i})^2}$$

Figura 4. Coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_{OBS_i} - Y_{EST_i})^2}{N}}$$

Figura 5. Erro Quadrático Médio (RMSE).

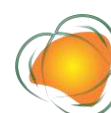
RESULTADOS E DISCUSSÃO

241

O comportamento da incidência de cercosporiose (*Cercospora Coffeicola*) é ilustrado na figura 6. A análise temporal revela que a doença ocorre com maior frequência nos meses de maio a julho, o que está de acordo com estudos anteriores, como o de Custódio et al. (2010).

Quando comparadas às regiões do Cerrado Mineiro e Alta Mogiana (E, F, G, H), às localidades situadas no Sul de Minas Gerais (A, B, C, D) apresentaram menor incidência. Em anos de carga alta, a média de incidência nessas localidades foi de 12,66 e 5,06%, enquanto em anos de carga baixa foi de 6,17 e 4,21%, respectivamente. Esses resultados corroboram os encontrados por Aparecido et al. (2019). É importante ressaltar que plantações de café com alta carga produtiva são mais propensas a apresentar maior incidência da doença. Aparecido et al. (2018), afirmam que isso ocorre porque os cafeeiros com alta produtividade direcionam seus recursos para a produção, tornando as plantas mais vulneráveis à doença.

Observa-se a partir do gráfico G da Figura 6, que o Município de Araguari - MG apresentou a maior incidência da doença. As médias de incidência foram de 20,70 e 20,40% para anos de carga alta e baixa, respectivamente, sendo 1,95 e 3,95 vezes maior que a média da região.



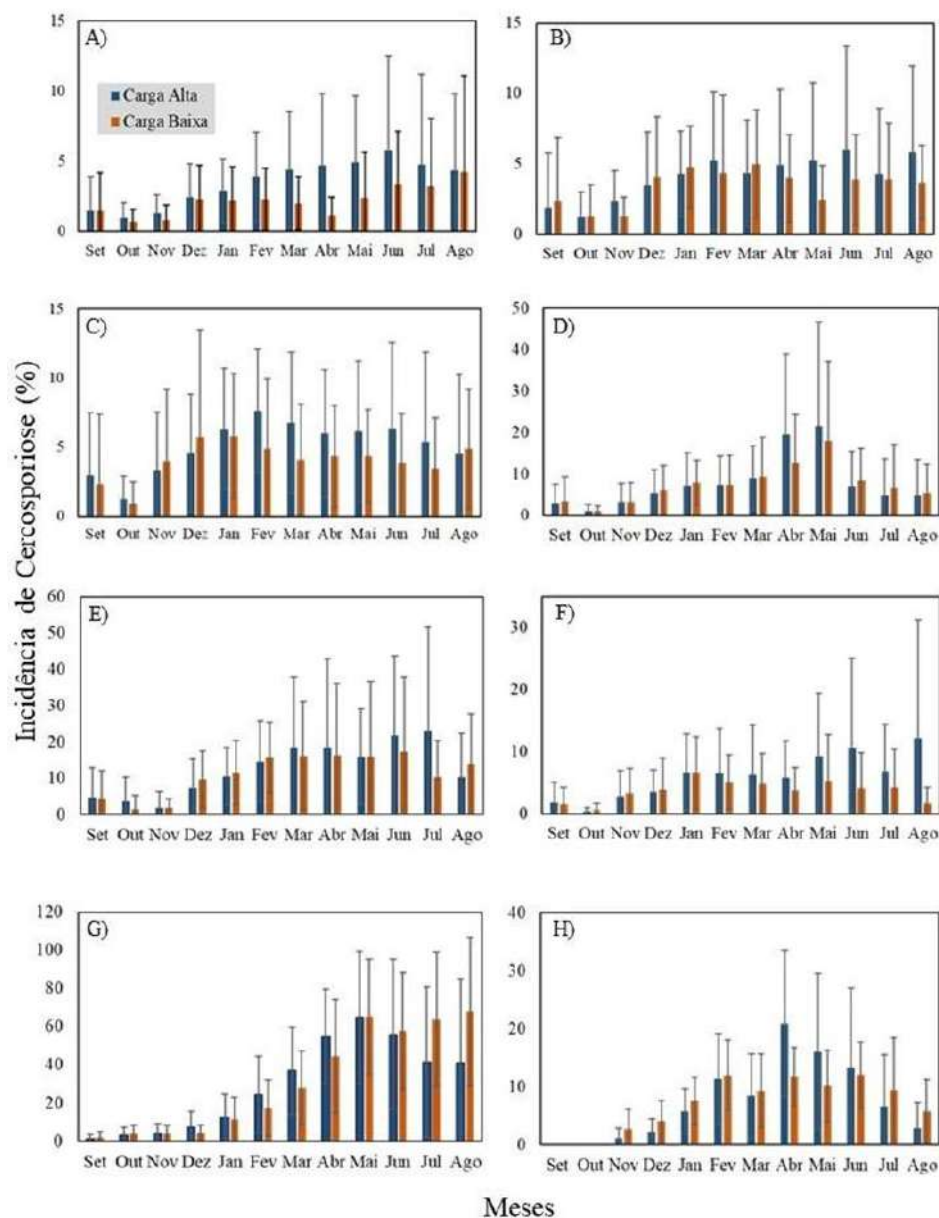


Figura 6. Lâmina de gráficos de análise do comportamento da incidência de cercosporiose. A – Varginha, B – Carmo de Minas, C – Boa Esperança, D – Muzambinho, E – Araxá, F – Patrocínio, G – Araguari, H – Franca.

Na Figura 7, é possível observar a análise de correlação de Pearson. No Sul de Minas Gerais (A), as variáveis que mais influenciaram foram ETP, ARM e DEF. Em anos de carga alta, a correlação foi de -0,103, 0,082 e 0,076, respectivamente. Já em anos de carga baixa, as correlações foram de -0,058, 0,071 e 0,055, respectivamente. A correlação da ETP é inversa, o que significa que quando a incidência da doença aumenta a ETP tende a diminuir. As demais variáveis têm correlação direta, ou seja, quando uma aumenta a outra também aumenta.

A correlação de Pearson para o Cerrado Mineiro e Alta Mogiana pode ser vista na Figura 7.D; E. Em anos de carga alta, as variáveis que mais influenciaram foram RH, DEF e EXC, com correlações de 0,011, 0,088 e -0,085, respectivamente. A variável EXC tem correlação inversa, enquanto as outras têm correlação direta. Já em anos de carga baixa, as variáveis que mais influenciaram foram ETP, OS e ETR, com correlações de -0,181, 0,107 e -0,086, respectivamente. Apenas a variável OS teve correlação inversa, enquanto as outras tiveram correlação direta.

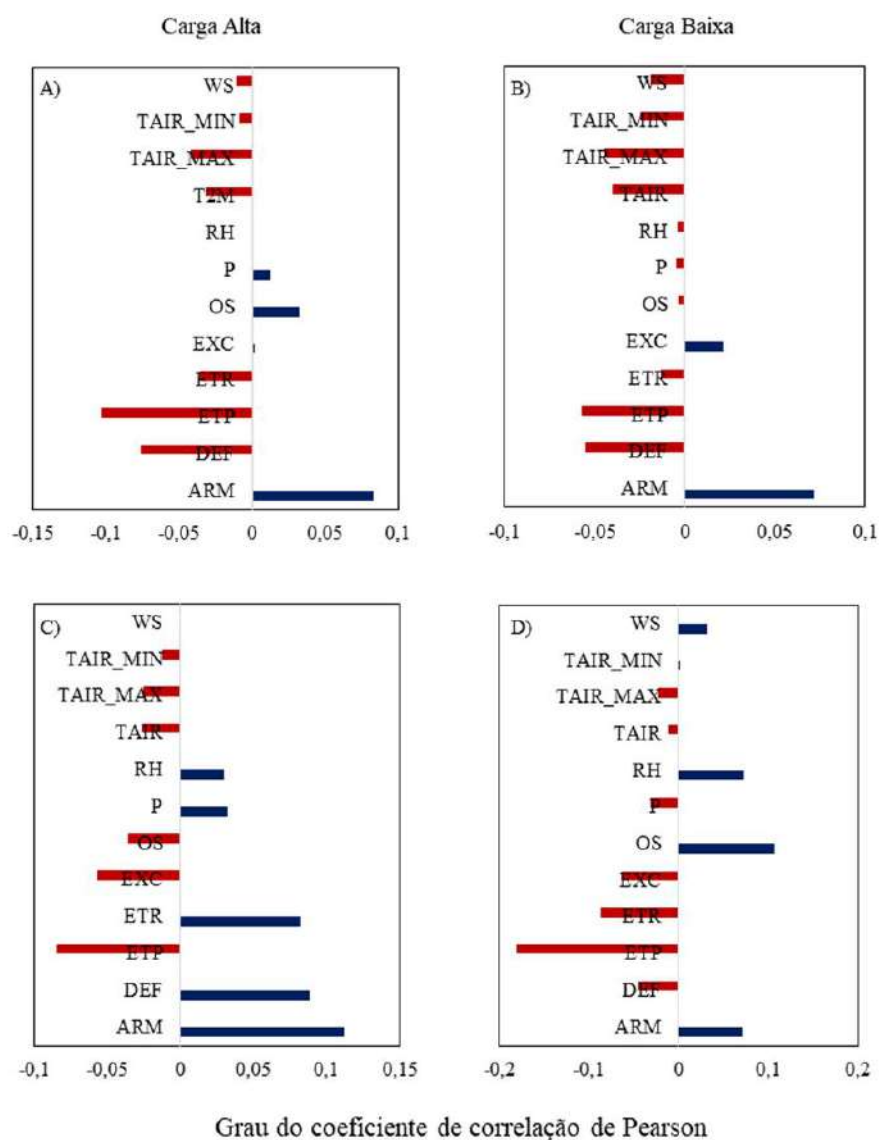


Figura 7. Lâmina de gráficos de análise de correlação de Pearson, entre as variáveis climáticas e a incidência de cercosporiose. A – Carga alta, Sul de Minas Gerais (Varginha, Carmo de Minas, Boa Esperança, Muzambinho), B – Carga baixa, Sul de Minas Gerais (Varginha, Carmo de Minas, Boa Esperança, Muzambinho), C – Carga alta, Cerrado Mineiro e Alta Mogiana (Araxá, Patrocínio, Araguari, Franca - SP), D – Carga baixa, Cerrado Mineiro e Alta Mogiana (Araxá, Patrocínio, Araguari, Franca - SP).

A variável ETP apresentou as correlações mais altas com a incidência da doença, e devido a sua influência, foi utilizada para realizar as análises de regressão não linear com o modelo logístico, conforme observado nas figuras 8 e 9. Essas análises da figura 8 fornecem informações valiosas para as tomadas de decisões na gestão e auxiliam os produtores na implementação de estratégias eficientes de controle e prevenção da doença. Além disso, contribuem para a compreensão dos fatores climáticos que afetam a propagação da cercosporiose.

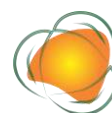
O melhor modelo de previsão encontrado foi para a cidade de Varginha, em anos de carga alta (Figura 8A). O índice de acurácia de erro quadrático médio (RMSE) foi de 0,36, o que pode ser considerado um valor bom de acordo com estudos realizados por autores como Funari (2021). Tais estudos afirmam que valores menores de RMSE indicam erros menores na previsão. O valor de RMSE indica que a variação da previsão em relação à realidade é de 4,62% da média de incidência, sendo que para essa cidade em ano de carga alta é de 7,78%.

A soma do quadrado do erro (SQE) foi de apenas 1,3 indicando o grau de erro presente no modelo. No entanto, o coeficiente de determinação ajustado (R^2) foi de 0,94 o que é considerado um coeficiente alto. Isso mostra que o modelo está preciso, conforme mencionado por Funari (2021), em que valores de R^2 próximos de 1 indicam uma melhor aproximação dos dados.

Ao analisar a equação do modelo para a localidade de Varginha em anos de carga alta (Figura 8A), é possível obter informações sobre o comportamento da doença, como os valores de X_0 , p e Y_{max} , que são 530,22, 4,49 e 5,16, respectivamente. Isso significa que durante um período com 530,22mm de evapotranspiração potencial (ETP), houve um aumento de 4,49 vezes, atingindo a maior incidência de 5,16%.

Esse tipo de análise permite que o produtor, acompanhando o clima, possa tomar decisões mais assertivas em relação ao manejo fitossanitário de sua lavoura, tornando assim sua atividade mais sustentável. Isso é especialmente importante, uma vez que a ocorrência da cercosporiose pode reduzir a produtividade em até 30% (MIGUEL et al., 1975). Essas estratégias podem ter um impacto nos custos de produção, uma vez que, segundo a Conab (2023), o custo com defensivos é de R\$62,95 por saca de 60 kg, representando 5,25% do custo por hectare do cafeeiro.

A redução estratégica do uso de fungicidas é uma abordagem promissora para a promoção da sustentabilidade na produção agrícola. A crescente conscientização dos impactos negativos associados ao uso intensivo de defensivos tem impulsionado a busca por



alternativas que atinjam o tripé da sustentabilidade (economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto). Essas análises colaboram para uma transição progressiva em direção às práticas agrícolas mais ecológicas, seguidas com as metas globais de preservação do meio ambiente e segurança alimentar (SMITH et al., 2022; JONES & BROWN, 2021).

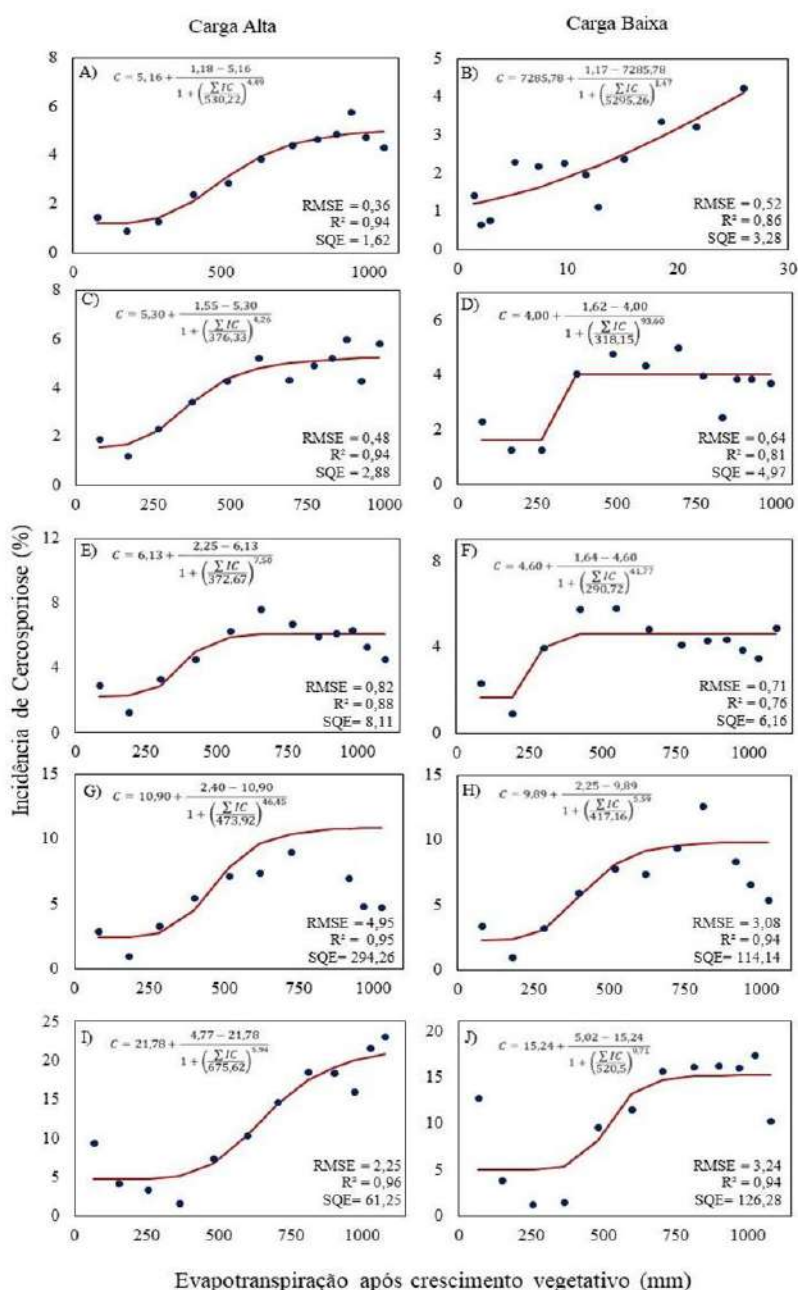


Figura 8. Lâmina de gráficos de regressão não linear da incidência de cercosporiose sobre influência da evapotranspiração potencial. A – Carga alta, Varginha, B – Carga baixa, Varginha, C – Carga alta, Carmo de Minas, D – Carga baixa, Carmo de Minas, E – Carga alta, Boa Esperança, F – Carga baixa, Boa Esperança, G – Carga alta, Muzambinho, H – Carga baixa, Muzambinho, I – Carga alta, Araxá, J – Carga baixa, Araxá.

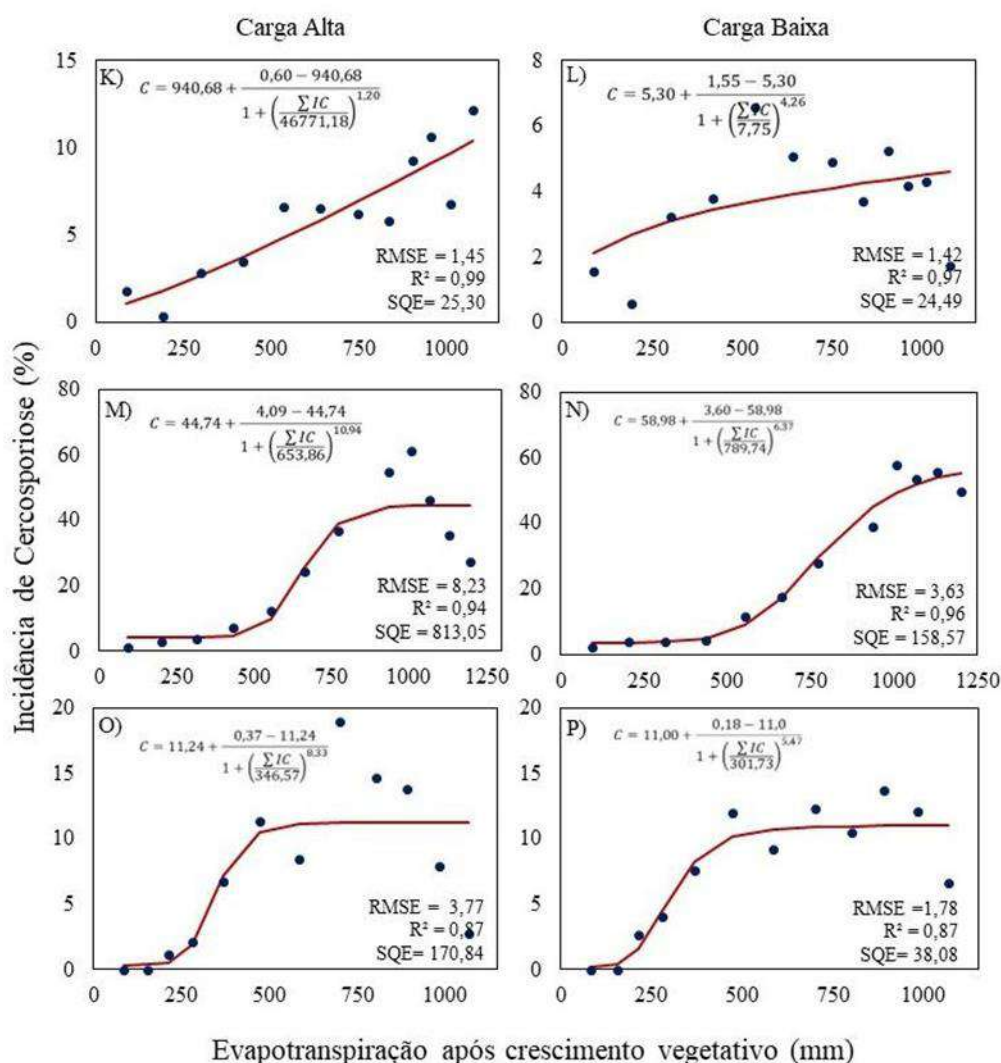
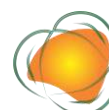


Figura 9. Lâmina de gráficos de regressão não linear da incidência de cercosporiose sobre influência da evapotranspiração potencial. K – Carga alta, Patrocínio, L – Carga baixa, Patrocínio, M – Carga alta, Araguari, N – Carga baixa, Araguari, O – Carga alta, Franca, P – Carga baixa, Franca.

CONCLUSÃO

Em conclusão, a análise realizada sobre a incidência da cercosporiose e sua relação com variáveis climáticas apresentou resultados significativos. A doença ocorre com maior frequência nos meses de maio a julho, corroborando estudos anteriores. Além disso, foi observado que plantações de café com alta carga produtiva são mais suscetíveis à doença. A análise da equação do modelo para a localidade de Varginha em anos de carga alta permitiu compreender o comportamento da doença em relação à evapotranspiração potencial (ETP). Verificou-se que, durante um período com alta ETP, houve um aumento significativo na incidência da doença.



É possível prever com precisão a incidência de uma doença por meio de modelos não lineares baseados nas condições climáticas. Esses modelos permitem que os produtores antecipem o surgimento da doença e adotem medidas de controle alternativas, tais como a aplicação de cobre.

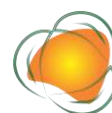
Para mais os resultados obtidos fornecem subsídios para ações direcionadas ao controle da cercosporiose, permitindo aos produtores tomar medidas preventivas com base nas variáveis climáticas e, assim, mitigar os impactos da doença em suas plantações, tanto em termos de produtividade quanto de custos de produção.

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos a todos envolvidos que contribuíram para que esse trabalho fosse escrito, e ao apoio do IFSULDEMINAS e a Cooperativa Escola dos Alunos (COOPAM). Agradecemos a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa do professor Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido – Processo: 313342/2020-2.

REFERÊNCIAS

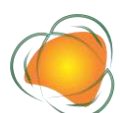
- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S. Forecasting of the annual yield of Arabic coffee using water deficiency. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.53, n.12, p.1299-1310, 2018.
- APARECIDO, L. E. de O. Modelos agrometeorológicos para previsão de pragas e doenças em *Coffea arabica* L. em Minas Gerais. 2019.
- BOER, R. et al. Managing Climate Risk in a Major Coffee-Growing Region of Indonesia. In: *Global Climate Change and Environmental Policy*. Springer, 2020. p.147–205.
- CHAVES, E. et al. Temporal analysis of brown eye spot of coffee and its response to the interaction of irrigation with phosphorus levels. *Journal of Phytopathology*, v.166, n.9, p.613–622, 2018.
- CUSTÓDIO, A. A. de P. et al. Intensidade da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro quanto à face de exposição das plantas. 2010.
- FUNARI, L. M. Motivações e métodos de previsão de demanda aplicados a eventos. 2021.
- JONES, R. A.; BROWN, T. A. Avanços em práticas agrícolas sustentáveis para mitigar infecções fúngicas. *Ciência e Tecnologia Ambiental*, v.55, n.8, p.4210-4223, 2021.
- MATIELLO, J. B. et al. *Cultura do café no Brasil: manual de recomendações*. ed. 2020. Varginha – MG, 2020.



MIGUEL, A. E.; MASK, Z.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Efeito de fungicidas no controle de *Cercospora coffeicola* em frutos de café. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 3, 1975, Curitiba. Anais...Curitiba, 1975.

SMITH, J. D.; GREENFIELD, A.; JOHNSON, M. Rumo à agricultura sustentável: reduzindo o uso de fungicidas por meio do manejo integrado de pragas. *Jornal de Sustentabilidade Agrícola*, v.40, n.2, p.215-230, 2022.

VALE, P. A. S. et al. Epitypification of *Cercospora coffeicola* and its involvement with two different symptoms on coffee leaves in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, v.159, n.2, p.399–408, 2021.



CARACTERIZAÇÃO DE PERCOLADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ESCALA PILOTO COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA – PARTE 1

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques¹

Luciano dos Santos Rodrigues²

Antônio Marciano da Silva³

Alisson Souza de Oliveira⁴

Fabrício dos Santos Ritá⁵

Claudimir da Silva dos Santos⁶

¹Dr^a em Recursos Hídricos, Prof^a Universidade Vale do Rio Verde - UninCor, roeflorestal@hotmail.com

²Dr em Ciência Animal, Prof. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com

³Prof. Dr. Emérito, Prof. Universidade Federal de Lavras – UFLA, amarcianos@hotmail.com

⁴Dr em Recursos Hídricos, Prof. Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Campus Monte Carmelo, alissonso@hotmail.com

⁵Dr em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com

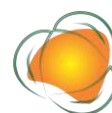
⁶Dr em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

249

INTRODUÇÃO

A crescente quantidade de resíduos sólidos gerados e a falta de informações confiáveis a respeito das características quantitativas e qualitativas destes, bem como de percolados, ocasiona maior dificuldade de um modelo adequado de gestão de resíduos pelo poder público municipal. Esse fato se agrava em municípios de pequeno e médio porte, principalmente pela falta de recursos, pessoal qualificado, conscientização da população, manejo conturbado e posterior destinação ambientalmente inadequada e sem o tratamento dos resíduos, causando danos ambientais às águas superficiais e subterrâneas, solo e ar.

Segundo a ABRELPE (2013), no Brasil, no ano de 2013 foram gerados 209.280.000 kg dia-1 de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), estes dados em relação aos de 2012 representou um aumento de 4,1%, e a média nacional de produção per capta de RSU alcançou 1,041 kg

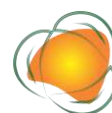


hab-1 dia. Esses valores variam de acordo com o tamanho da cidade, podendo ser ainda maiores nas grandes cidades e em capitais.

O aterro sanitário, apesar de ser atualmente a forma mais correta para dispor os resíduos sólidos urbanos há nestes sistemas, a geração do lixiviado que provoca danos à saúde humana e impactos ambientais, se não tratados, apresenta elevada carga poluidora, possui características de alta variabilidade e complexidade advindas dos resíduos sólidos urbanos sendo objeto de pesquisa dentro de aterros sanitários. Isto se deve ao fato de os tratamentos convencionais não proporcionarem eficiência na depuração, retenção e remoção dos poluentes (MORAIS et al., 2006).

A composição e concentração dos lixiviados estão intimamente relacionadas com: as características dos resíduos sólidos dispostos no aterro; as condições climáticas da região em que o mesmo se situa; e, a idade média e as condições operacionais e de projeto do aterro. Aterros cujos geradores produzam diferentes percentuais de matéria orgânica e inertes, por exemplo, poderão gerar lixiviados com diferentes características (BIDONE, 2008). E, ainda, depende das características físicas do local de disposição sendo formado pela umidade inicial contida nos resíduos, processo de decomposição biológica, água de constituição presente nos resíduos liberada pela compactação e por fontes externas de água que infiltram pela camada de cobertura, tais como precipitação, águas subterrâneas e recirculação do próprio lixiviado. Os resíduos sólidos orgânicos depositados em aterros proporcionam a geração de um lixiviado com altas concentrações de matéria orgânica, alcançando concentrações de demanda bioquímica de oxigênio da ordem de 30 a 100 vezes mais concentrada que a do esgoto doméstico (NÓBREGA et al., 2008).

De acordo com Hamada e Matsunaga (2000), a composição química do chorume varia muito dependendo da idade do aterro e dos eventos que ocorreram antes da amostragem. Em termos gerais, os processos de reação bioquímica que ocorrem num aterro podem ser aeróbios e/ou anaeróbios. A cobertura diária do lixo promove processos aeróbios, que pode variar de um dia a várias semanas, após o consumo de todo oxigênio, tem-se o início da degradação anaeróbia que se divide em duas fases: Fermentação ácida e fermentação metanogênica. Na fermentação ácida, os organismos facultativos ou anaeróbios decompõem as substâncias orgânicas iniciais, proteínas, graxas e hidratos de carbono em CO₂, H₂ e ácidos graxos menores. Na fermentação metanogênica, organismos estritamente anaeróbios decompõem os produtos da fermentação ácida e os convertem em CH₄, substâncias húmicas (responsáveis pela coloração escura do lixiviado) e água.



Tchobanoglous et al. (1993), estudando a caracterização do chorume produzido em aterros sanitários apresentaram, os parâmetros físico-químicos dentro de uma faixa de variação que oscila de acordo com a idade do aterro sanitário, classificando em aterros novos e antigos.

Neste contexto, a pesquisa torna-se relevante por caracterizar percolados de RSU's contendo diferentes porcentagens de matéria orgânica, o que permite representar situações presentes em diferentes tipos de disposição de resíduos aterrados (aterro sanitário, usina de triagem e compostagem e aterro sanitário de pequeno porte) visando o fornecimento de informações técnicas e subsídios para uma gestão adequada dos RSU's.

Assim objetivou-se caracterizar a matéria orgânica por meio dos parâmetros pH, Alcalinidade Total (AT) e Ácidos Voláteis Totais (AVT), Demanda Química de oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos (SS) e Sólidos suspensos voláteis (SSV) em duas fases, por meio de quantidade de água aplicada, de diferentes composições de resíduos sólidos urbanos

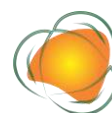
METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Núcleo Didático e Científico de Engenharia de Água e Solo, do Departamento de Engenharia, no município de Lavras-MG. O local situa-se da nas coordenadas geográficas de 21°13'41,57" de Latitude Sul e 44°59'27,34" de Longitude Oeste, a 909 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwb, caracterizado por uma estação seca entre abril e setembro e uma estação chuvosa de outubro a março. A precipitação e a temperatura média anual são de 1.460 mm e 20,4°C, respectivamente (DANTAS, 2007).

O arranjo experimental constitui-se de três sistemas tendo como referência a porcentagem de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos: Sistema 1 (S1): recipientes de RSU's com 0% de matéria orgânica; Sistema 2 (S2): recipientes de RSU's com 60% de matéria orgânica (601, 602 e 603) e Sistema 3 (S3): recipientes de RSU's com 30% de matéria orgânica (301, 302 e 303), todos com 3 repetições (R1, R2 e R3).

Os recipientes utilizados para o depósito dos resíduos sólidos urbanos foram cilíndricos com 0,52 m de diâmetro e 1,0 m de altura, totalizando um volume de 212 litros.

Os resíduos sólidos urbanos utilizados no presente estudo foram coletados na Usina de Triagem e Compostagem do município de Nazareno - MG, os quais foram segregados de acordo com as tipologias: rejeito, matéria orgânica e material reciclável.



Os resíduos foram pesados separadamente e misturados posteriormente, na proporção das porcentagens de matéria orgânica, rejeito e reciclável seguindo uma ordem para um conjunto de três recipientes. Para o enchimento dos recipientes, foram consideradas as densidades de resíduos compactados com base em literatura: 500 kg.m⁻¹ para matéria orgânica; 300 kg.m⁻¹ para rejeito e 300 kg.m⁻¹ para recicláveis.

Assim, para o Sistema 1, foram utilizados 60 kg de resíduos (somente rejeito) por recipiente, ou seja, 0% de matéria orgânica, situação que se assemelha a Usina de Triagem e compostagem. Para o Sistema 2 um total médio de 78 kg de RSU por recipiente, sendo 30% de matéria orgânica com 35% de material reciclável e 35% de rejeito, situação que se assemelha à de um aterro sanitário de pequeno porte, segundo a NBR 15849 (ABNT, 2010) que estabelece que até 30% de matéria orgânica pode ser aterrado. Para o Sistema 3, recipientes com um total médio de 87 kg de RSU por recipiente, sendo 60% de matéria orgânica, 20% de rejeito e 20% de material reciclável, situação que se assemelha à disposição em “lixões” ou disposição a céu aberto, ou ainda a um aterro sanitário com base na caracterização gravimétrica realizada por FRANCO (2012).

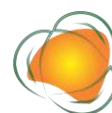
Os recipientes contendo os resíduos foram tampados para que não houvesse interferência de chuva.

O experimento foi dividido em duas fases, sendo que a Fase 1 ocorreu no período de 14/01/2014 a 20/03/2014, totalizando 66 dias, onde foram aplicados 4 litros de água a cada dois dias em cada recipiente de RSU's, totalizando uma lâmina de água de 29,1 mm mensal. A Fase 2 ocorreu no período 21/03/2014 a 20/05/2014, ou seja, 61 dias com aplicação de 8 litros de água em cada recipiente a cada 2 dias, sendo a Lâmina de água mensal de 58,2 mm.

Para a avaliação do potencial poluidor da composição de resíduos sólidos foram coletadas, amostras simples do percolado na saída dos recipientes contendo os RSU's visando sua caracterização por meio de análises físicas e químicas. Os procedimentos de coleta e preservação de amostras obedeceram às normas estabelecidas (CETESB, 2011).

As coletas foram realizadas semanalmente, no período de 7h00 e 9h00 da manhã, totalizando 9 amostras/coletas por vez, sendo o período de monitoramento de 14 de janeiro a 20 de maio de 2014, ou seja, 127 dias, perfazendo um total de 20 coletas.

As variáveis avaliadas foram DQO total, DQO filtrada, sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos (SS), alcalinidade total (AT), ácidos voláteis totais (AVT), pH, temperatura. Os parâmetros DQO filtrada, sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos (SS), foram processados no laboratório de Saneamento Ambiental da Escola de Veterinária da



Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e os demais parâmetros processados no Laboratório de Água –Solo- Planta do Núcleo didático e científico do Setor de Engenharia de Água e Solo do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

As análises físico-químicas de rotina foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 2005).

Na avaliação dos resultados das análises laboratoriais foram utilizadas análises estatísticas para comparação dos tratamentos por meio da análise de variância, e, quando necessário, dos testes de médias Scott-Knott ao nível de significância de 5% de probabilidade, empregando-se o software SISVAR 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2011). O delineamento experimental considerado foi de parcelas subdivididas no tempo, sendo a parcela = nível de tratamento - Fases (1 e 2), as sub-parcelas, os 3 três níveis de matéria orgânica: 0, 30 e 60%, e, as 10 coletas no tempo as repetições.

Os valores das concentrações dos percolados foram cotejados com os constantes na Deliberação Normativa COPAM-CERH 01/2008 e comparados à classificação realizada por TCHOBANOGLIOUS et al. (1993) quanto à idade dos aterros e Pohland e Harper (1986) em relação às fases de decomposição dos resíduos.

253

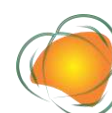
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para o pH dos percolados produzidos nos diferentes sistemas com diferentes composições de matéria orgânica (Tabela 1), apresentaram diferenças significativas na Fase 1, sendo que os menores valores foram observados para o percolado com 30 % de matéria orgânica. Não foram observadas diferenças significativas para a Fase 2 entre os tratamentos e nem entre as Fases ($P>0,05$).

Tabela 1. Estatística descritiva para os valores de pH, alcalinidade total (AT) e Ácidos Voláteis Total (AVT) nas Fases 1 e 2

		pH	AT (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	AVT (mg L ⁻¹ HAc)
S1 (0% de MO)	1	6,8aA	13446,7bA	13920,0bA
	2	6,7aA	5453,3aB	6960,0aB
S2 (30% de MO)	1	6,6bA	13000,0bA	20352,0aA
	2	6,7aA	6500,0aB	8936,0aB
S3 (60% de MO)	1	6,8aA	18533,3aA	21360,0aA
	2	6,8aA	9480,0aB	7952,0aB

S= Desvio padrão; Valores seguidos mesma letra minúscula na vertical, divididos em Fase 1 e Fase 2 para ST e mesma letra maiúscula na vertical (TDH) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

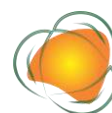


De acordo com a Tabela 1 os valores do pH na Fase 1, variaram de 6,7 a 7,2 com valor médio de 6,8 para os percolados oriundos do S1 (0% de matéria orgânica), de 6,4 a 7,0 com valor médio de 6,6 para os percolados oriundos do S2 (30 % de matéria orgânica), e variaram de 6,3 a 7,3 com valor médio de 6,8 para os percolados oriundos do S3 (60 % de matéria orgânica). Observa-se, ainda que o percolado oriundo do S1 na Fase 1, apresenta-se basicamente dentro da fase metânica instável (valores de 6,8 a 7,2), baseado na composição do gás ao longo do tempo, segundo Tabasaran (1975) ou fase de fermentação (POHLAND & HARPER, 1986) enquanto os demais percolados oriundos de sistemas com maiores porcentagens de matéria orgânica se apresentam na fase ácida. Já na Fase 2, os valores pH variaram de 6,3 a 7,3 para percolados oriundos do S1; de 6,3 a 7,2 para percolados oriundos do S2; e variaram de 6,5 a 7,0 para percolados oriundos do S3, com valores médios de 6,7, 6,7 e 6,8 respectivamente. Quanto à fase de degradação para todos os 3 sistemas até a sétima coleta os valores de pH correspondem à fase ácida, somente a partir da oitava coleta observa-se um aumento do pH caracterizando uma fase metânica instável.

Na Fase 1, observou-se uma variação de 5933 a 25200 mg L⁻¹ CaCO₃, de 10667 a 19600 mg L⁻¹ CaCO₃ e de 14200 a 30667 mg L⁻¹ CaCO₃ para S1, S2 e S3 respectivamente. Estes valores encontram-se bem elevados se comparados com os apresentados por Tchobanoglous et al. (1993), cuja faixa de variação, para aterros com idade de até dois anos de operação, está entre 1.000 e 10.000 mg L⁻¹ CaCO₃, indicando maior capacidade do meio em resistir a mudanças do pH, tornando, portanto, o pH próximo da neutralidade, fato comprovado pelos valores médios apresentados, nesta fase. Já para a Fase 2, houve uma variação de 2933 a 10000 mg L⁻¹ CaCO₃ para S1; de 4000 a 10867 mg L⁻¹ CaCO₃ para S2, e, de 2200 a 18867 mg L⁻¹ CaCO₃ para S3, com valores de alcalinidade total dentro da faixa para os percolados de S1 e S2. Segundo Pohland e Harper (1986) os valores de AT tanto da Fase 1 como da Fase 2 estão dentro da fase da formação de ácidos.

As concentrações médias de AVT nos percolados oriundos dos Sistemas S1, S2 e S3 foram de 13920,0 mg L⁻¹ de HAc, 20352,0 mg L⁻¹ de HAc e 21360,0 mg L⁻¹ de HAc respectivamente, sendo que menores valores significativos são observados para o S1 (P<0,05). A análise da AVT dos percolados entre as fases, sinaliza que a Fase 2 apresentou melhor desempenho, com menores valores para os três Sistemas, sem, entretanto, permitir identificar diferença significativa entre os mesmos, (P>0,05).

De acordo com os critérios de Pohland e Harper (1986) somente para a Fase 2 todos os valores de AVT para todos os 3 sistemas enquadram-se dentro da fase de formação de ácidos.



A Tabela 2 apresenta a análise estatística para as variáveis DQOt, DQOf, DQOp, SS e SSV dos percolados oriundos dos 3 sistemas. Na Fase 1, observa-se que menores valores foram obtidos para os percolados oriundos do S1 para as variáveis DQOt, DQOp, SS, diferindo-se estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, corroborando com a perspectiva de que quanto maior a porcentagem de matéria orgânica, maiores concentrações são obtidas. Para a variável SSV menores valores foram obtidos para os percolados oriundos de S1 e S2. Para a variável DQOf, não foram observadas diferenças estatísticas entre os percolados oriundos dos 3 sistemas. Na Fase 2, não foram observadas diferenças estatísticas ($P>0,05$) para as variáveis (DQOt, DQOf, DQOp, SS e SSV).

Tabela 2. Estatística descritiva da concentração de matéria orgânica e sólidos nas Fases 1. e 2.

	Fase	DQO _t	DQO _f	DQO _p (mg L ⁻¹)	SS	SSV
S1 (0% de MO)	1	3062,8bA	1460,2aA	1702,42bA	1069,0bA	751,0bA
	2	438,3aB	232,1aA	234,03aB	400,1aA	290,0aB
S2 (30% de MO)	1	4760,1aA	1337,7aA	3460,25aA	1917,0aA	1205,0bA
	2	759,4aB	667,9aB	164,06aB	580,0aB	364,0aB
S3 (60% de MO)	1	5624,7aA	1607,3aA	4044,32aA	2044,0aA	1692,0aA
	2	673,6aB	608,8aB	258,77aB	1064,0aB	756,0aB
Padrão de lançamento		180,0			100,0	

S= Desvio padrão; Valores seguidos mesma letra minúscula na vertical, divididos em Fase 1 e Fase 2 para ST e mesma letra maiúscula na vertical (TDH) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; Valores em negrito superam o os padrões de lançamento da DN COPAM-CERH 01/2008.

Entre as Fases, menores valores foram verificados para a Fase 2, diferindo-se estatisticamente entre si ($P<0,05$). A Fase 1 é caracterizada por uma matéria orgânica de fácil degradação e Fase 2 a uma matéria orgânica recalcitrante. Também está de acordo com a cinética de degradação de matéria orgânica, onde as maiores remoções são obtidas nas etapas iniciais do processo, quando a DQO é mais facilmente degradável, restando para etapas posteriores os materiais mais resistentes à degradação. Esta análise também se sustenta pelo fato de que só houve colocação de resíduos no início do experimento.

As concentrações de DQO apresentaram significativas variações, oscilando entre 1252 a 6696 mg L⁻¹, de 2365 a 9630 mg L⁻¹ e de 2504 a 12175 mg L⁻¹ para os percolados oriundos dos sistemas S1, S2 e S3 respectivamente. Na Fase 2 a variação das concentrações de DQO foi de 55 a 1017 mg L⁻¹, de 311 a 1695 mg L⁻¹ e de 74 a 1455 mg L⁻¹, para os sistemas S1, S2 e S3 respectivamente, e de acordo com Pohland e Harper (1986) esses valores correspondem à Fase de formação de ácidos. Essas concentrações não condizem com as sugeridas por



Tchonobanoglous et al. (1994), que afirmam que as concentrações de DQO podem variar desde 3.000 mg L⁻¹ até 60.000 mg L⁻¹, com valores típicos por volta dos 18.000 mg L⁻¹ para aterros considerados jovens com idade de aterramento de até dois anos. O valor médio de DQOt encontrado foi inferior aos encontrados por Luna et al (2008) no tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com baixa concentração de sólidos em reator anaeróbio compartimentado com concentrações de 11914 a 31350 mg L⁻¹, Reis (2013) com avaliação do afluente de resíduos sólidos orgânicos provenientes da cozinha de um restaurante universitário, com concentração média entre 18.309 a 29.909 mg L⁻¹, Amaral et al. (2007) com caracterização de lixiviado do Aterro Sanitário da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS) da cidade de Belo Horizonte – MG - Brasil, em operação desde 1975, e Felici et al (2013) com percolado bruto de 2973 mg L⁻¹ do aterro controlado de Londrina (PR) em operação há 30 anos.

Observou-se também que os valores de DQOp são maiores que os valores de DQOf seguindo, portanto, comportamento semelhante à DQOt. Cabe ressaltar, que a DQOp é devida à maior presença de sólidos fixos que ficou retida no fundo dos recipientes e a DQOf é representada pela parcela de DQOt que pode ser degradada biologicamente em condições anaeróbias.

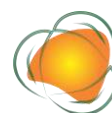
Observou-se que quanto maior a porcentagem de matéria orgânica maior é a concentração de SS e SSV. Os SS são constituídos de mais de 50% SSV, indicando que o eles são constituídos de fração orgânica, que pode ser volatilizada. Diferentemente do estudo de QUEIROZ et al (2011) com caracterização do lixiviado bruto com concentração de 18155 mg L⁻¹ para SS e 92 mg L⁻¹ para SSV do aterro de São João em São Paulo em operação durante 15 anos.

Os valores de DQOt e SS presentes nos percolados oriundos de todos os sistemas apresentaram-se bastante elevados, tanto na Fase 1 e como na 2, em relação ao padrão estabelecido pela DN COPAM-CERH 01/2008 que é de 180 mg L⁻¹, para DQOt e 100 mg L⁻¹ para SS, sinalizando que antes do lançamento do percolado no curso d'água há necessidade de tratá-lo.

CONCLUSÕES

As concentrações dos parâmetros avaliados apresentaram potencial poluidor diretamente proporcional ao teor de Matéria Orgânica presente nos resíduos sólidos.

256

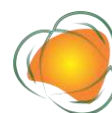


Todos os parâmetros avaliados (pH, AVT, alcalinidade, SS, SSV e DQO) corresponderam a fase de formação de ácidos, característica de áreas de disposição de resíduos relativamente novas.

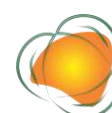
Em relação às fases de monitoramento, a Fase 2 foi considerada de matéria orgânica recalcitrante devido ao processo de degradação dos resíduos e lixiviação.

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard methods: for examination of water and wastewater. 21th ed. Baltimore: APHA, AWWA, WPCP, 2005.
- AMARAL, M. C. S.; FERREIRA, C. F. A.; LANGE, L. C.; AQUINO, S. F. AVALIAÇÃO DA Biodegradabilidade Anaeróbia de Lixiviados de Aterro Sanitários. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.13, n.1, p.38-45, 2008.
- ABELPRE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em: 22 set. 2014.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15849: Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro, 2010.
- BIDONE, R. F. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos: Estudo de caso - Central de Resíduos do Recreio, em Minas do Leão/RS. v.1. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. 153p.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 21 jan. 2011.
- COTESA. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e percolados líquidos. (Orgs) BRANDÃO, C. J.; BOTELHO, M. J. C.; SATO, M. I. Z.; ZAMPARELLI, M. C. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326p.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia, v.31, n.6, p.1862-1866, 2007.
- EHRIG, H. J. Quality and Quantity of Sanitary Landfill Leachate. Waste Management & Research I, p.53-68, 1989.



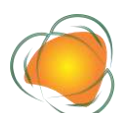
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FRANCO, C. S.; SILVA, A. M.; OLIVEIRA, L. F. C. Resíduos sólidos domiciliares, panorama no sul de Minas: geração e hábitos. Lavras: Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2012. 22p.
- FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2013. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais em 2013. Belo Horizonte: FEAM, 2014. 45p.
- HAMADA, J.; MATSUNAGA, I. Concepção do Sistema de Tratamento de Chorume para Aterro Sanitário de Ilhéus - BA. In: Simpósio Luso- Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9, 2000. Anais... 2000.
- KAWAHIGASHI, F.; MENDES, M. B.; ASSUNÇÃO JÚNIOR, V. G.; GOMES, V. H.; FERNANDES, F.; HIROOKA, E. Y.; KURODA, E. K. Pós tratamento de lixiviado de aterro sanitário com carvão ativado. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.19, n.3, p.235-244, 2014.
- LUNA, M. L. D. de; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. V. N. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos para pequenas comunidades. *Agropecuária Técnica*, v.29, n.1-2, 2008.
- MINAS GERAIS. Deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG, nº01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de percolados, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 22 jan. 2011.
- MORAIS, J. L.; SIRTORI, C.; PERALTA-ZAMORA, P. G. Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional. *Revista Química Nova*, v.29, n.1, p.20-23, 2006.
- NÓBREGA, C. C. et al. Monitoramento de chorume no antigo Lixão do Roger em João Pessoa – Paraíba – Brasil. In: Simpósio Iberoamericano de Engenharia de Resíduos, 1, 2008, Castellón. Anais... Castellón: 2008.
- POHLAND, F. G.; HARPER, S. R. Critical review and summary of leachate and gas production from landfills. EPA/600/2-86/073. Hazardous Waste Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency, 1985. 165p. (U.S. EPA Cooperative Agreement CR-809997, Georgia Tech Project nº E-20-G01).
- QUEIROZ, L. M.; AMARAL, M. S.; MORITA, D. M.; YABROUDI, S. C.; SOBRINHO, P. A. aplicação de processos físico-químicos como alternativa de pré e pós tratamento de lixiviados de aterros sanitários. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.16, n.4, p 40-410, 2011.



REIS, A. S Start-up and operation of an anaerobic digester used for treatment of organic solid waste In: World Congress on Anaerobic Digestion, 13, 2013, Santiago de Compostela. Anais... Santiago de Compostela, 2013.

TABASARAN, O. Überlegungen zum Problem Deponiegas, Mull und Abfall, General Electric Series Solid Waste Management Technology Assessment, Van Nordstrand Reinhold Co., 1975.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, A. S. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill International Editions. Civil Engineering Series, 1993. 978p.



CARACTERIZAÇÃO DE PERCOLADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ESCALA PILOTO COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA – PARTE 2

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques¹

Luciano dos Santos Rodrigues²

Antônio Marciano da Silva³

Alisson Souza de Oliveira⁴

Fabrício dos Santos Ritá⁵

Claudimir da Silva dos Santos⁶

¹Dr^a em Recursos Hídricos, Prof^a Universidade Vale do Rio Verde - UninCor, roeflorestal@hotmail.com

²Dr em Ciência Animal, Prof. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com

³Prof. Dr. Emérito, Prof. Universidade Federal de Lavras – UFLA, amarcianos@hotmail.com

⁴Dr em Recursos Hídricos, Prof. Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Campus Monte Carmelo, alissonso@hotmail.com

⁵Dr em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com

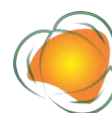
⁶Dr em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

260

INTRODUÇÃO

A crescente quantidade de resíduos sólidos gerados e a falta de informações confiáveis a respeito das características quantitativas e qualitativas destes, bem como de percolados, ocasiona maior dificuldade de um modelo adequado de gestão de resíduos pelo poder público municipal. Esse fato se agrava em municípios de pequeno e médio porte, principalmente pela falta de recursos, pessoal qualificado, conscientização da população, manejo conturbado e posterior destinação ambientalmente inadequada e sem o tratamento dos resíduos, causando danos ambientais às águas superficiais e subterrâneas, solo e ar.

Segundo a ABRELPE (2013), no Brasil, no ano de 2013 foram gerados 209.280.000 kg dia-1 de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), estes dados em relação aos de 2012 representou um aumento de 4,1%, e a média nacional de produção per capta de RSU alcançou 1,041 kg



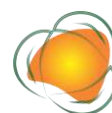
hab-1 dia. Esses valores variam de acordo com o tamanho da cidade, podendo ser ainda maiores nas grandes cidades e em capitais.

O aterro sanitário, apesar de ser atualmente a forma mais correta para dispor os resíduos sólidos urbanos há nestes sistemas, a geração do lixiviado que provoca danos à saúde humana e impactos ambientais, se não tratados, apresenta elevada carga poluidora, possui características de alta variabilidade e complexidade advindas dos resíduos sólidos urbanos sendo objeto de pesquisa dentro de aterros sanitários. Isto se deve ao fato de os tratamentos convencionais não proporcionarem eficiência na depuração, retenção e remoção dos poluentes (MORAIS et al., 2006).

A composição e concentração dos lixiviados estão intimamente relacionadas com: as características dos resíduos sólidos dispostos no aterro; as condições climáticas da região em que o mesmo se situa; e, a idade média e as condições operacionais e de projeto do aterro. Aterros cujos geradores produzam diferentes percentuais de matéria orgânica e inertes, por exemplo, poderão gerar lixiviados com diferentes características (BIDONE, 2008). E, ainda, depende das características físicas do local de disposição sendo formado pela umidade inicial contida nos resíduos, processo de decomposição biológica, água de constituição presente nos resíduos liberada pela compactação e por fontes externas de água que infiltram pela camada de cobertura, tais como precipitação, águas subterrâneas e recirculação do próprio lixiviado. Os resíduos sólidos orgânicos depositados em aterros proporcionam a geração de um lixiviado com altas concentrações de matéria orgânica, alcançando concentrações de demanda bioquímica de oxigênio da ordem de 30 a 100 vezes mais concentrada que a do esgoto doméstico (NÓBREGA et al., 2008).

Chian e Dewalle (1977) relatam que geralmente os chorumes de aterros novos terão alta DBO5 e DQO e irá diminuir constantemente, estabilizando depois de aproximadamente 10 anos. Todos os contaminantes não atingem o pico ao mesmo tempo. Devido ao início da biodegradabilidade natural, a concentração de compostos orgânicos no chorume diminui enquanto que os compostos inorgânicos aumentam com a idade do aterro. Os compostos inorgânicos são removidos apenas pelo resultado da infiltração da água de chuva.

De acordo com Hamada e Matsunaga (2000), a composição química do chorume varia muito dependendo da idade do aterro e dos eventos que ocorreram antes da amostragem. Em termos gerais, os processos de reação bioquímica que ocorrem num aterro podem ser aeróbios e/ou anaeróbios. A cobertura diária do lixo promove processos aeróbios, que pode variar de um dia a várias semanas, após o consumo de todo oxigênio, tem-se o início da



degradação anaeróbia que se divide em duas fases: Fermentação ácida e fermentação metanogênica. Na fermentação ácida, os organismos facultativos ou anaeróbios decompõem as substâncias orgânicas iniciais, proteínas, graxas e hidratos de carbono em CO_2 , H_2 e ácidos graxos menores. Na fermentação metanogênica, organismos estritamente anaeróbios decompõem os produtos da fermentação ácida e os convertem em CH_4 , substâncias húmicas (responsáveis pela coloração escura do lixiviado) e água.

Tchobanoglous et al. (1993), estudando a caracterização do chorume produzido em aterros sanitários apresentaram, os parâmetros físico-químicos dentro de uma faixa de variação que oscila de acordo com a idade do aterro sanitário, classificando em aterros novos e antigos.

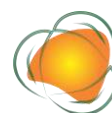
Neste contexto, a pesquisa torna-se relevante por caracterizar percolados de RSU's contendo diferentes porcentagens de matéria orgânica, o que permite representar situações presentes em diferentes tipos de disposição de resíduos aterrados (aterro sanitário, usina de triagem e compostagem e aterro sanitário de pequeno porte) visando o fornecimento de informações técnicas e subsídios para uma gestão adequada dos RSU's. Assim objetivou-se caracterizar os nutrientes e parâmetros microbiológicos de diferentes composições de resíduos sólidos urbanos.

262

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Núcleo Didático e Científico de Engenharia de Água e Solo, do Departamento de Engenharia, no município de Lavras-MG. O local situa-se nas coordenadas geográficas de $21^\circ 13' 41,57''$ de Latitude Sul e $44^\circ 59' 27,34''$ de Longitude Oeste, a 909 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwb, caracterizado por uma estação seca entre abril e setembro e uma estação chuvosa de outubro a março. A precipitação e a temperatura média anual são de 1.460mm e $20,4^\circ\text{C}$, respectivamente (DANTAS, 2007).

O arranjo experimental constitui-se de três sistemas tendo como referência a porcentagem de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos: Sistema 1 (S1): recipientes de RSU's com 0% de matéria orgânica; Sistema 2 (S2): recipientes de RSU's com 60% de matéria orgânica (601, 602 e 603) e Sistema 3 (S3): recipientes de RSU's com 30% de matéria orgânica (301, 302 e 303), todos com 3 repetições (R1, R2 e R3).



Os recipientes utilizados para o depósito dos resíduos sólidos urbanos foram cilíndricos com 0,52 m de diâmetro e 1,0 m de altura, totalizando um volume de 212 litros.

Os resíduos sólidos urbanos utilizados no presente estudo foram coletados na Usina de Triagem e Compostagem do município de Nazareno-MG, os quais foram segregados de acordo com as tipologias: rejeito, matéria orgânica e material reciclável.

Os resíduos foram pesados separadamente e misturados posteriormente, na proporção das porcentagens de matéria orgânica, rejeito e reciclável seguindo uma ordem para um conjunto de três recipientes. Para o enchimento dos recipientes, foram consideradas as densidades de resíduos compactados com base em literatura: 500 kg.m⁻¹ para matéria orgânica; 300 kg.m⁻¹ para rejeito e 300 kg.m⁻¹ para recicláveis.

Assim, para o Sistema 1, foram utilizados 60 kg de resíduos (somente rejeito) por recipiente, ou seja, 0% de matéria orgânica, situação que se assemelha a Usina de Triagem e compostagem. Para o Sistema 2 um total médio de 78 kg de RSU por recipiente, sendo 30% de matéria orgânica com 35% de material reciclável e 35% de rejeito, situação que se assemelha à de um aterro sanitário de pequeno porte, segundo a NBR 15849 (ABNT, 2010) que estabelece que até 30% de matéria orgânica pode ser aterrado. Para o Sistema 3, recipientes com um total médio de 87 kg de RSU por recipiente, sendo 60% de matéria orgânica, 20% de rejeito e 20% de material reciclável, situação que se assemelha à disposição em “lixões” ou disposição a céu aberto, ou ainda a um aterro sanitário com base na caracterização gravimétrica realizada por Franco (2012).

Os recipientes contendo os resíduos foram tampados para que não houvesse interferência de chuva.

O experimento foi dividido em duas fases, sendo que a Fase 1 ocorreu no período de 14/01/2014 a 20/03/2014, totalizando 66 dias, onde foram aplicados 4 litros de água a cada dois dias em cada recipiente de RSU's, totalizando uma lâmina de água de 29,1mm mensal. A Fase 2 ocorreu no período 21/03/2014 a 20/05/2014, ou seja, 61 dias com aplicação de 8 litros de água em cada recipiente a cada 2 dias, sendo a Lâmina de água mensal de 58,2mm.

Para a avaliação do potencial poluidor da composição de resíduos sólidos foram coletadas, amostras simples do percolado na saída dos recipientes contendo os RSU's visando sua caracterização por meio de análises físicas e químicas e microbiológicas. Os procedimentos de coleta e preservação de amostras obedeceram às normas estabelecidas (CETESB, 2011).

As coletas foram realizadas semanalmente, no período de 7h00 e 9h00 da manhã, totalizando 9 amostras/coletas por vez, sendo o período de monitoramento de 14 de janeiro a 20 de maio de 2014, ou seja, 127 dias, perfazendo um total de 20 coletas.

As variáveis avaliadas foram nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), fosfato, nitrogênio amoniacal (NH_3), coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*. nitrato, nitrito, fosfato, amônia, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* foram processados no laboratório de Saneamento Ambiental da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

As análises físico-químicas de rotina foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 2005).

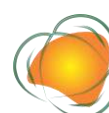
Na avaliação dos resultados das análises laboratoriais foram utilizadas análises estatísticas para comparação dos tratamentos por meio da análise de variância, e, quando necessário, dos testes de médias Scott-Knott ao nível de significância de 5% de probabilidade, empregando-se o software SISVAR 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2011). O delineamento experimental considerado foi de parcelas subdivididas no tempo, sendo a parcela = nível de tratamento - Fases (1 e 2), as sub-parcelas, os 3 três níveis de matéria orgânica: 0, 30 e 60%, e, as 10 coletas no tempo as repetições.

Os valores das concentrações dos percolados foram cotejados com os constantes na Deliberação Normativa COPAM-CERH 01/2008 e comparados à classificação realizada por Tchobanoglous et al. (1993) quanto à idade dos aterros e Pohland e Harper (1986) em relação às fases de decomposição dos resíduos.

264

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Tabela 1 observou-se que para o fosfato não foram identificadas diferenças significativas entre os percolados dos 3 sistemas em nenhuma das fases e nem entre elas. Na Fase 1, observou-se uma variação de 0,3 a 2,07 mg L⁻¹, de 0,45 a 1,81 mg L⁻¹ e de 0,45 a 2,37 mg L⁻¹ para os percolados oriundos dos sistemas S1, S2 e S3 respectivamente. Ressalta-se que os valores máximos de S1 e S2 foram observados na primeira coleta, podendo estar associado à colocação de resíduos no início do experimento, liberando consigo maior aporte de nutrientes, juntamente com a matéria orgânica. Houve um incremento da Fase 1 para a Fase 2 havendo um pico na segunda coleta da Fase 2 elevando-se esses valores médios. Na Fase 2 a variação foi de 0,45 a 2,40 mg L⁻¹, de 0,2 a 2,30mg L⁻¹ e de 0,20 a 2,45 mg L⁻¹ para os percolados de S1, S2 e S3 respectivamente. Segundo Pohland e Harper (1986) os valores das



Fases 1 e 2 enquadram-se na fase da formação de ácidos e são considerados de aterros sanitários novos (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993).

Não foi verificada diferenças estatísticas entre os tratamentos nas Fases 1 e 2 ($P > 0,05$) para a variável nitrogênio amoniacal. Já a análise entre as fases, permitiu constatar que a Fase 2 apresentou os menores valores pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 1).

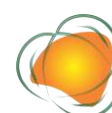
Tabela 1. Estatística descritiva da concentração de nutrientes nas Fases 1 e 2

	Fase	Fosfato	N-amoniacal	Nitrito	Nitrato
			(mg L ⁻¹)		
S1 (0% M.O)	1	1,15	174,5aA	6,56	4,49aA
	2	1,32	51,1aB	2,96	3,56bA
S2 (30% M.O)	1	0,99	157,1aA	5,39	4,01aA
	2	1,20	21,8aB	2,97	2,36bA
S3 (60% M.O)	1	1,29	126,7aA	3,58	4,76aA
	2	1,06	35,3aB	3,70	5,90aA
Padrão de lançamento			20,0		

S= Desvio padrão; Valores seguidos mesma letra minúscula na vertical, divididos em Fase 1 e Fase 2 para ST e mesma letra maiúscula na vertical (TDH) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; Valores em negrito superam o os padrões de lançamento da DN COPAM-CERH 01/2008.

Na Fase 1, observou-se uma variação nas concentrações de nitrogênio amoniacal de 24,0 a 353,8 mg L⁻¹, de 14,0 a 240,0 mg L⁻¹ e de 22,4 a 235,2 mg L⁻¹ para os percolados oriundos de S1, S2 e S3 respectivamente. Ressalta-se que o percolado contendo maior porcentagem de matéria orgânica (60%) foi o que apresentou menores concentrações. O acréscimo na concentração de nitrogênio amoniacal, pode ser devido a transformação do Nitrogênio orgânico em N-amoniacal pelo processo de amonificação, e, também pode estar associado a fase da hidrólise ter sido bem sucedida. Na Fase 2 a variação nas concentrações para o percolado de S1, S2 e S3 foi de 14,0 a 229,6 mg L⁻¹, de 8,4 a 39,2 mg L⁻¹ e de 5,6 a 126,0 mg L⁻¹, respectivamente. De acordo com Tchobanoglous et al. (1993) a faixa de variação das fases 1 e 2 são considerados como de aterros sanitários novos, e, Segundo Pohland e Harper (1986) enquadram-se na fase da formação de ácidos.

Observou-se redução da Fase 1 para a Fase 2 para os percolados das diferentes composições de matéria orgânica podendo o mesmo estar associado à conversão do nitrogênio amoniacal em nitrito pelo processo de nitrificação, podendo esse comportamento ser observado mesmo em aterros jovens.



Com relação ao padrão de lançamento estabelecido pela DN COPAM CERH 01/2008, as concentrações médias de nitrogênio amoniacal no percolado das Fases 1 e 2 foram superiores ao limite para o lançamento de percolados em corpos d'água (20 mg L^{-1}).

Dentre as formas de nitrogênio apresentadas (nitrito e nitrato), o nitrito foi detectado em maior quantidade para os percolados de S1 e S2 na Fase 1, e, na Fase 2 para os percolados de S1 e S3 (Tabela 3), muito possivelmente devido a fatores que podem ter inferido, como algum tipo de material presente nos RSU's liberando maiores concentrações de nitrito, ou concentração de nitrito presente na água que foi aplicada nos recipientes contendo RSU's. Para o nitrito não se observaram diferenças estatísticas. Na Fase 1 a faixa de variação apresentada pelo nitrito foi de $1,2$ a $15,88 \text{ mg L}^{-1}$, de $2,5$ a $12,35 \text{ mg L}^{-1}$ e de $0,25$ a $8,41 \text{ mg L}^{-1}$ para os percolados oriundos de S1, S2 e S3 respectivamente. Na Fase 2 a variação para os percolados oriundos de S1, S2 e S3 foram respectivamente de $2,1$ a $8,4 \text{ mg L}^{-1}$, de $0,6$ a $6,05 \text{ mg L}^{-1}$ e de $0,95$ a $13,75 \text{ mg L}^{-1}$. De acordo com Ehrig (1989), o nitrito não varia com as fases do aterro e possui uma faixa de variação de 0 a 25 mg L^{-1} . Cabe ressaltar que as maiores concentrações foram observadas no início da Fase 2, podendo estar associada a remanescente da Fase 1. Destaque deve ser dado ao percolado oriundo do S3, resíduo com maior porcentagem de matéria orgânica (60%), que apresentou as menores concentrações nas Fases 1 e 2, podendo estar associado ao processo de nitrificação com conversão rápida do nitrito a nitrato.

Para a variável nitrato, não foi constatado diferenças significativas entre os tratamentos na Fase 1, e nem entre as fases ($P > 0,05$). Para a Fase 2 verificou-se diferenças significativas, sendo que os menores valores foram observados para os percolados oriundos de S2 pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 3). Na Fase 1, a variação foi de $0,49$ a $7,34 \text{ mg L}^{-1}$, de $0,91$ a $7,35 \text{ mg L}^{-1}$ e de $0,64$ a $8,23 \text{ mg L}^{-1}$ para os percolados de S1, S2 e S3 respectivamente. Na Fase 2 a variação foi de $0,51$ a $7,47 \text{ mg L}^{-1}$, de $0,64$ a $6,47 \text{ mg L}^{-1}$ e de $0,93$ a $11,13 \text{ mg L}^{-1}$ para S1, S2 e S3 respectivamente. As Fases 1 e 2 de acordo com Tchobanoglous et al. (1993) são consideradas como de aterros sanitários novos.

As concentrações de nitrito e nitrato mostram-se superiores as observadas por KAWAHIGASHI et. al (2014) com lixiviado bruto de aterro sanitário de Rolândia (PR) em operação desde 2003, sendo caracterizado como recalcitrante onde as concentrações de nitrito e nitrato são de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,0 \text{ mg L}^{-1}$ respectivamente.

As variáveis Coliformes termotolerantes e *E. coli* não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 2).

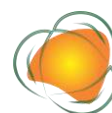


Tabela 2. Estatística descritiva da concentração de coliformes termotolerantes e *E. coli* nas Fases 1 e 2

		S1 (0% M.O)		S2 (30% M.O)		S3 (60% M.O)	
		(NMP 100 mL ⁻¹)					
		Fase					
	Média	1	2	1	2	1	2
CTerm	*	21,9x10 ⁴	6,91x10 ⁴	17,1x10 ⁴	2,47x10 ⁴	6,2x10 ⁴	12,9x10 ⁴
<i>E. coli</i>		4.4x10 ³	2.3x10 ³	12,1x10 ³	10.3x10 ³	29.3x10 ³	3.3x10 ³

CTerm = Coliformes termotolerantes; CTerm e *E. coli* = (NMP.100mL⁻¹); * Média=média geométrica; S= Desvio padrão.

Tanto para os Coliformes termotolerantes como para *E. coli* observou-se uma redução da Fase 1 para a Fase 2, quando a vazão dobrou. Apenas para o coliforme do percolado de S3 verificou-se um aumento. Os coliformes apresentaram uma variação para os percolados, na Fase 1, da ordem de 10⁵ para os percolados de S1 e S2 e de 10⁴ a 10⁵ para S3 e na Fase 2, variação da ordem de 10⁴ a 10⁵ para S1 e S3 e para o percolado de S2 da ordem de 10³ a 10⁴. Para a *E. coli* na Fase 1, observou-se variação da ordem de 10³ para S1 e para os percolados de S2 e S3 da ordem de 10³ a 10⁴ e na Fase 2, a variação foi da ordem de 10³ S1 e de 10³ a 10⁴ para o percolado de S2 e de 10² a 10³ para o percolado oriundo de S3. A faixa de variação para os coliformes termotolerantes, de acordo com Pohland e Harper (1986) encontra-se na fase de formação dos ácidos.

267

CONCLUSÕES

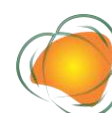
Os percolados gerados apresentaram potencial poluidor diretamente proporcional ao teor de Matéria Orgânica presente nos resíduos sólidos.

Em relação aos nutrientes e parâmetros microbiológicos, nas duas fases de monitoramento foram considerados de aterros novos, portanto na fase de formação de ácidos, o que efetivamente ocorreu, porém com elevado potencial poluidor.

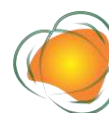
Os nutrientes e coliformes decaíram de forma significativa no decorrer do tempo de monitoramento, como consequência do processo de degradação e de lixiviação.

REFERÊNCIAS

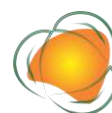
APHA. Standard methods: for examination of water and wastewater. 21 ed. Baltimore: APHA, AWWA, WPCP, 2005.



- AMARAL, M. C. S.; FERREIRA, C. F. A.; LANGE, L. C.; AQUINO, S. F. AVALIAÇÃO DA Biodegradabilidade Anaeróbia de Lixiviados de Aterro Sanitários. Engenharia sanitária e ambiental. v.13, n.1, p.38-45, 2008.
- ABELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em: 22 set. 2014.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15849: Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro, 2010.
- BIDONE, R. F. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos: Estudo de caso - Central de Resíduos do Recreio, em Minas do Leão/RS. v. 1. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. 153p.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 21 jan. 2011.
- CHIAN, E. S. K.; De WALLE, F. B. Characterization of soluble organic matter in leachate. Environmental Science and Technology, v.11, p.158-162, 1977.
- CETESB. Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e percolados líquidos. (Org). BRANDÃO, C. J.; BOTELHO, M. J. C.; SATO, M. I. Z.; ZAMPARELLI, M. C. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326p.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia, v.31, n. 6, p.1862-1866, 2007.
- EHRIG, H. J. Quality and Quantity of Sanitary Landfill Leachate. Waste Management & Research I, p.53-68. 1989.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FRANCO, C. S.; SILVA, A. M.; OLIVEIRA, L. F. C. Resíduos sólidos domiciliares, panorama no sul de Minas: geração e hábitos. Lavras: Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2012. 22p.
- FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais em 2013. Belo Horizonte: FEAM, 2014. 45p.



- HAMADA, J.; MATSUNAGA, I. Concepção do Sistema de Tratamento de Chorume para Aterro Sanitário de Ilhéus - BA. In: Simpósio Luso- Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9, 2000. Anais... 2000.
- KAWAHIGASHI, F.; MENDES, M. B.; ASSUNÇÃO JÚNIOR, V. G.; GOMES, V. H.; FERNANDES, F.; HIROOKA, E. Y.; KURODA, E. K. Pós tratamento de lixiviado de aterro sanitário com carvão ativado. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.19, n.3, p.235-244, 2014.
- LUNA, M. L. D. de; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. V. N. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos para pequenas comunidades. Agropecuária Técnica, v.29, n.1-2, 2008.
- MINAS GERAIS. Deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG, nº01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de percolados, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 22 jan. 2011.
- MORAIS, J. L.; SIRTORI, C. PERALTA-ZAMORA, P. G. Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional. Revista Química Nova, v.29, n.1, p.20-23, 2006.
- NÓBREGA, C. C. et al. Monitoramento de chorume no antigo Lixão do Roger em João Pessoa – Paraíba – Brasil. In: Simpósio Iberoamericano de Engenharia de Resíduos, 1, 2008, Castellón. Anais... Castellón, 2008.
- POHLAND, F. G.; HARPER, S. R. Critical review and summary of leachate and gas production from landfills. EPA/600/2-86/073. Hazardous Waste Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency, 1985. 165p. (U.S. EPA Cooperative Agreement CR-809997, Georgia Tech Project nº E-20-G01).
- QUEIROZ, L. M.; AMARAL, M. S.; MORITA, D. M.; YABROUDI, S. C.; SOBRINHO, P. A. aplicação de processos físico-químicos como alternativa de pré e pós tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n.4, p.40-410, 2011.
- REIS, A. S Start-up and operation of an anaerobic digester used for treatment of organic solid waste In: 13th World Congress on Anaerobic Digestion, 13, 2013, Santiago de Compostela. Anais... Santiago de Compostela, 2013.
- TABASARAN, O. Überlegungen zum Problem Deponiegas, Mull und Abfall, General Electric Series Solid Waste Management Technology Assessment, Van Nordstrand Reinhold Co., 1975.



TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, A. S. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill International Editions. Civil Engineering Series, 1993. 978p.



EMPREGO DE BIOAUMENTAÇÃO NA EFICIÊNCIA DE BIODIGESTORES NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUINOCULTURA

Luciano dos Santos Rodrigues¹

Ivan Louzada Júnior²

Gisele Pessi Legramanti³

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques⁴

Claudiomir da Silva Santos⁵

Ariane Mística Rodrigues⁶

¹Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Seleplant Biocontrole Ltda-EPP, ivan@seleplant.com.br

³Engenheira de Bioprocessos, Millennium Tecnologia Ambiental Ltda, gisele.tecnico@enzilimp.com.br

⁴Prof. Dra., Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com

⁵Prof. Dr. Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

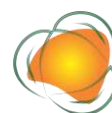
⁶Bióloga. Aluna de pós-graduação em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, arianemisticarodrigues@gmail.com

271

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades econômicas de maior impacto ambiental em função do grande volume de dejetos produzido e de suas características como alto teor de matéria orgânica, sólidos e nutrientes.

O processo de digestão anaeróbica consiste na atuação de diversos microrganismos que transformam compostos orgânicos mais complexos (proteínas, carboidratos e lipídios) em produtos mais simples como o gás metano e carbônico (SANTOS, 2016). Esse é o processo fermentativo no qual a matéria orgânica é transformada em biogás e biofertilizante na ausência de oxigênio, alcançando níveis entre 60 % e 70 % de metano e 30 % e 40 % de dióxido de carbono (SIQUEIRA, 2008). É um sistema que acontece de forma equilibrada, envolvendo processos sequenciais onde 3 (três) grupos de bactérias atuam: as bactérias fermentativas (acidogênicas), as bactérias sintróficas (acetogênicas) e as arqueas metanogênicas. Sua ação é dividida em 5 estágios (SANTOS, 2016.): Hidrólise, Acidogênese, Acetogênese, Metanogênese e Sulfetogênese.



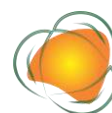
As metanogênicas acetoclásticas são os microrganismos predominantes na digestão anaeróbia, responsáveis por cerca de 60 a 70% de toda a produção de metano. Pertencem a dois gêneros principais: *Methanosarcina* e *Methanosaeta*. As metanogênicas hidrogenotróficas praticamente todas as espécies conhecidas de bactérias metanogênicas são capazes de produzir metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono. Os gêneros mais frequentemente isolados em reatores anaeróbios são: *Methanobacterium*, *Methanospirillum* e *Methanobrevibacter*. Os microrganismos metanogênicos desempenham um papel fundamental na posição final no ambiente anaeróbio, durante a degradação de compostos orgânicos, e a sua baixa taxa de crescimento, normalmente, representa um fator limitante no processo de digestão como um todo. Dessa forma, a avaliação da atividade microbiana anaeróbica, a partir da caracterização da Atividade Metanogênica Específica – AME, tem se mostrado importante no sentido de classificar o potencial da biomassa na conversão de substratos solúveis em metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂) (CHERNICHARO, 2007).

Os avanços recentes em modelos de reatores têm aumentado a utilização da digestão anaeróbia como forma de tratamento. Este sistema de tratamento traz vantagens quando comparado aos processos aeróbios, principalmente devido ao baixo consumo energético e a baixa produção de biomassa residual (KHALID et al., 2011).

O inóculo é o meio líquido utilizado para garantir condições ideais de degradação da matéria orgânica. Sendo assim, o inóculo utilizado nos testes de PBM deve apresentar características específicas para que o resultado seja confiável, caso contrário não se pode determinar se há limitação no potencial de produção de biogás de um substrato, ou se a limitação está na capacidade das bactérias presentes no inóculo em realizar tal degradação. A técnica de bioaugmentação consiste na introdução de uma cepa específica ou de um consórcio de organismos para aumentar a atividade biológica de um sistema (HERRERO & STUCKEY, 2015; SHAH, 2017; SZAJA, 2018) facilitando assim o processo de remediação.

A bioaugmentação vem provando ser um método valioso para melhorar o desempenho no tratamento (ZHANG et al., 2017). Além disto, pode otimizar o catabolismo de compostos específicos (por exemplo, orgânicos refratários ou demanda química de oxigênio - DQO geral) (HERRERO & STUCKEY, 2015), melhorar a remoção de contaminantes, reduzir o tempo e os custos (SPEIGHT & EL-GENDY, 2018; SKINDER et al., 2020) do tratamento.

Este trabalho avaliou em escala real o uso do aditivo ENZILIMP® no desempenho de biodigestores de lagoa coberta no tratamento de efluentes de suinocultura.



METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em uma granja suinícola localizado no centro-oeste do estado de Minas Gerais.

Todos os dejetos gerados pelo setor de recria e terminação da granja eram encaminhados por gravidade para um tanque de equalização e posteriormente bombeados para um filtro rotativo, e então encaminhados para dois biodigestores operados em paralelo, sendo que cada um recebia metade da vazão diária.

Os dois biodigestores possuíam características idênticas, como volume, relação comprimento/largura e profundidade (tabela 1).

Os dois biodigestores avaliados foram denominados de Biodigestor 1 que recebeu o aditivo ENZILIMP® e o biodigestor 2 que foi a testemunha. Semanalmente eram adicionados 2 Kg de aditivo no biodigestor 1, sendo que para aplicação o aditivo era hidratado com água durante uma hora e posteriormente lançado na entrada do biodigestor.

Tabela 1. Valores operacionais dos biodigestores 1 e 2

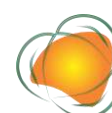
Unidade	Volume (m ³)	Vazão (m ³ d ⁻¹)	COV (kgDQO m ⁻³ .d ⁻¹)	TDH (d)
Biodigestor 1	2.500	125	0,45	20
Biodigestor 2	2.500	125	0,45	20

273

O programa de monitoramento foi realizado semanalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, alcalinidade total, parcial e intermediária, relação alcalinidade intermediária/alcalinidade parcial (relação AI/AP), ácidos voláteis totais (AVT), demanda química de oxigênio (DQO), e sólidos suspensos (SS). As amostras foram coletadas na entrada e saída dos dois biodigestores.

As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório, sendo realizadas no Laboratório de Saneamento do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da UFMG.

O pH foi determinado de acordo com APHA, AWWA, WEF (2012). Os parâmetros alcalinidade parcial (AP), obtidos com a titulação da amostra até pH 5,75 e alcalinidade intermediária (AI), com titulação até pH 4,30, foram determinados de acordo com as metodologias descritas por APHA, AWWA, WEF (2012). Esta última, com o objetivo de distinguir a contribuição relativa do efeito tampão, produzido por bicarbonatos. Por meio



desta metodologia determinou se também o valor da alcalinidade total (AT) o qual foi calculado por $AT = AP + AI$.

A determinação dos ácidos voláteis totais (AVT) por titulometria foi feita baseado no volume de hidróxido de sódio consumido para elevar o pH de 4,0 para 7,0, após ter se extraído da amostra o sistema carbônico, reduzindo se o pH para 3,4 e aquecendo se o mesmo até a fervura por 3 minutos, conforme descrito por Dilallo e Albertson (1961).

A DQO total foi determinada submetendo-se as mesmas ao método colorimétrico e digestão com refluxo fechado em tubos de cultura segundo APHA, AWWA, WPCF (2012).

Para determinação dos sólidos suspensos totais, seguiu-se a metodologia descrita por APHA, AWWA, WPCF (2012), com a filtragem da amostra em papel de filtro Gf/C 47 já previamente preparados, lavados, secos em estufa por 24h, esfriados em dessecador e pesados, tendo o peso 1. Cada papel de filtro foi pesado, identificado e colocado em cadinhos de porcelana. Para preparo das amostras, foram filtrados 10ml de cada ponto, colocadas nos devidos cadinhos e levados para estufa até a completa secagem. Então os GDF papéis de filtro após secos foram retirados, esfriados em dessecador e pesados novamente, obtendo-se o peso 2. Por último, os papéis de filtro foram levados para a mufla à 600°C (± 30 minutos), resfriados em dessecador e mais uma vez pesados, tendo o peso 3.



Figura 1. Biodigestor 2 (Testemunha). Fonte: Acervo do autor.



Figura 2. Biodigestor 1 (com adição do ENZILIMP®). Fonte: Acervo do autor.

Análise estatística

Foi realizada análise estatística dos valores obtidos por meio de média, desvio padrão, coeficiente de variação e valores máximo e mínimo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

275

Os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros físico-químicos de cada tratamento avaliado durante o período experimental estão descritos na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos do esgoto bruto e dos biodigestores 1 e 2 (B1 e B2) durante o período experimental.

Tratamentos	pH	Relação AI/AP	AVT	DQO	SST
EB	6,96±0,21	1,04±0,20	212±39	8884±3019	1716±584
B1	7,43±0,19	0,28±0,11	89±14	1043±434	657±310
B2	7,50±0,05	0,32±0,10	96±18	2056±1150	806±452

Conforme tabela 1, os valores de pH no esgoto bruto e nos efluentes do B1 e B2 ficaram na faixa de neutralidade, sem variação significativa entre os biodigestores e com valores superiores ao do esgoto bruto, o que evidencia aumento do pH ao passar pelos biodigestores mostrando estabilidade no B1 e B2, o que é o ideal para a digestão anaeróbia.

Os valores médios da relação AI/AP no B1 foi de 0,28 e no B2 de 0,32. De acordo com Ripley et al. (1986), valores da relação AI/AP superiores a 0,3 indicam a ocorrência de distúrbios no processo de digestão anaeróbia. Já de acordo com Foresti (1999), é possível

ocorrer estabilidade no processo com valores diferentes de 0,3. As relações AI/AP nos dois biodigestores foram próximas com valores abaixo de 0,30 no B1 e superior no B2, não havendo problemas com instabilidade, sendo que o uso do aditivo se mostrou com melhor resultado.

Efeito semelhante aconteceu com os ácidos voláteis totais com valores médios menores no biodigestor que usou o aditivo ENZILIMP®.

O equilíbrio dos AVT é importante no funcionamento da biodigestão anaeróbia. Altas concentrações de AVT podem afetar o processo de biodigestão anaeróbia e causar distúrbios no processo. Os valores de AVT recomendados por GERARDI (2003) variam de 50 a 500 mg L⁻¹, para que o processo anaeróbio se mantenha estável. Os valores médios dos dois biodigestores ficaram na faixa recomenda, com valores menores no B1.

Os resultados das concentrações efluentes de DQO no B1 foi significativamente inferior ao do B2 mostrando melhor desempenho do biodigestor que foi aplicado o aditivo. O valor médio de SS do efluente no B1 foi também inferior que a do B2, vcomportamento esse semelhante ao de DQO.

Na tabela 2 são mostrados os valores médios de eficiência de remoção de DQO e SS para B1 e B2.

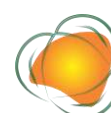
276

Tabela 2. Valores médios de eficiência de remoção de DQO e SS nos biodigestores 1 e 2 durante o período experimental

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)	
	B1	B2
DQO	88	77
SS	62,6	52,5

Observou-se altas eficiências de remoção de DQO nos dois biodigestores, com diferença significativa entre B1 e B2. O mesmo acontece com SS, evidenciando um melhor desempenho do biodigestor 1 que recebeu o aditivo ENZILIMP® mostrando que o uso do aditivo proporcionou condições bioquímicas favoráveis para o desempenho dos microrganismos responsáveis pela digestão anaeróbia.

Os resultados alcançados neste trabalho mostraram que o uso de aditivo ENZILIMP® favoreceram o processo de digestão anaeróbio promovendo estabilidade ao biodigestor e aumentado a eficiência de remoção de matéria orgânica e sólidos.



CONCLUSÕES

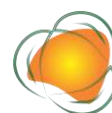
Os biodigestores com tratamento com uso do aditivo ENZILIMP® favoreceram um melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia dos biodigestores tratando efluentes de suinocultura, com destaque para o uso do aditivo ENZILIMP®.

AGRADECIMENTOS

SELEPLANT BIOCONTROLE LTDA-EPP MILLENNIUM TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA.

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed. Washington, D. C., USA: American Public Health Association, 2012.
- CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5).
- FORESTI, E. Fundamentos do tratamento anaeróbico. In: VAN HAANDEL, A. C. et. Al. Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbicos e disposição controlado no solo. Rio de Janeiro: ABES: 1999. cap2. p.31-35.
- GERARDI, M. H. The microbiology of anaerobic digesters. Jon Wiley & Sons, 2003. 130p.
- HERRERO, M.; STUCKEY, D. C. Bioaugmentation and its application in wastewater treatment: a review. Chemosphere, v.140, p.119-128, 2015.
- KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. Waste Management, v.31, p.1737-1744, 2011.
- RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. Journal Water Pollution Control Federation, v.58, n.5, p.406-411, 1986.
- SANTOS, C. A. Tratamento de Efluente de Laticínio em Reator Anaeróbico Compartimentado. Universidade Federal de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Pirassununga, 2016.
- SHAH, M. Bio-Augmentation: a fantabulous technology in waste water treatment. International Journal of Waste Resources, v.7, n.1, p.1-3, 2017.
- SKINDER, B. M.; UQAB, B.; GANAI, B. A. Bioremediation: a sustainable and emerging tool for restoration of polluted aquatic ecosystem. In: QADRI, H.; BHAT, R. A.; MEHMOOD, M. A.; DAR, G. H. (ed). Fresh water pollution dynamics and remediation. Singapore: Springer Singapore Pte Ltd., 2020. p.143-166.

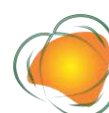


SPEIGHT, J. G.; EL-GENDY, N. S. Introduction to petroleum biotechnology. Cambridge: Gulf Professional Publishing, 2018. 566p.

SZAJA, A.; LAGÓD, G.; JAROMIN-GLÉN, K.; MONTUSIEWICZ, A. The effect of bioaugmentation with archaea on the oxygen uptake rate in a sequencing batch reactor. *Water*, v.10, n.5, p.1-11, 2018.

SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. Instituto de Pesquisa Aplicada, 2017.

ZHANG, Q.; YANG, G.; ZHANG., L; ZHANG., Z.; TIAN, G.; JIN, R. Bioaugmentation as a useful strategy for performance enhancement in biological wastewater treatment undergoing different stresses: application and mechanisms. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v.47, n.19, p.1877-1899, 2017.



DESEMPENHO DE REATORES ANAERÓBIOS EM DOIS ESTÁGIOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE PROCESSAMENTO DE CARNE

Luciano dos Santos Rodrigues¹

Rogéria Maura Pazini Xavier²

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques³

Claudimir da Silva Santos⁴

Alisson Souza de Oliveira⁵

Fabício Santos Rita⁶

¹Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com

²Engenheira de Aquicultura, Doutoranda em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, rogeriapazini@hotmail.com

³Prof. Dra., Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com

⁴Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudimirsilvasantos@gmail.com

⁵Prof. Dr., Universidade Federal de Uberlândia - UFU, campus Monte Carmelo, alissonso@hotmail.com

⁶Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com

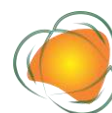
279

INTRODUÇÃO

A indústria de beneficiamento da cadeia animal composta pelos abatedouros, frigoríficos, processadoras e graxarias são extremamente importantes na economia brasileira, porém são indústrias que geram volumes elevados de águas residuárias que possuem como características, altas concentrações de matéria orgânica, sólidos e nutrientes podendo causar grande impacto ambiental no solo e nos corpos hídricos.

As águas residuárias de unidades processadoras de carne por ter característica essencialmente orgânica tendem a serem tratadas por processos biológicos como lagoas de estabilização, reatores anaeróbios ou sistemas de lodos ativados, (FORLANI et al., 2004)

Um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030, segundo a agenda de desenvolvimento sustentável da ONU é que 100% da população deve ter acesso à água potável segura e acessível. Atualmente um bilhão e 200 milhões de pessoas (35% da população mundial) não têm acesso a água tratada e um bilhão e 800 milhões de pessoas



(43% da população mundial) não contam com serviços adequados de saneamento básico (CETESB, 2020).

A biodigestão anaeróbia consiste em vários processos sequenciais no qual ocorre a atuação de diversos grupos de microrganismos que transformam compostos orgânicos mais complexos (proteínas, carboidratos e lipídios) em produtos mais simples como o gás metano e carbônico (SANTOS, 2016). É um processo complexo, que requer condições ambientais específicas e diferentes populações de microrganismos (LASTELLA et al., 2000). Nesse processo existe um delicado equilíbrio entre os grupos de processos primários (hidrólise e acidogênese) e a conversão dos produtos ácidos pelos microrganismos acetogênicos e a formação de metano e dióxido de carbono pelos metanogênicos (LEITÃO et al., 2006; LIU et al., 2008).

O reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) e filtros anaeróbios retêm a biomassa favorecendo o equilíbrio dos microrganismos. A imobilização destes organismos nos reatores é benéfica para o sistema considerando o lento crescimento dos microrganismos metanogênicos (MELIDIS et al., 2003). Nos reatores UASB a microbiota é imobilizada em grânulos e flocos na manta de lodo que é formada na parte inferior do reator, já nos filtros anaeróbios o meio suporte imobiliza a biomassa por meio da formação dos biofilmes, o que promovem um alto contato do efluente a ser tratado com o lodo retido e um maior valor para a idade do lodo (PANDEY & SARKAR, 2017). Obtendo assim resultados satisfatórios quanto à remoção de matéria orgânica e produção de metano em efluentes com elevadas cargas orgânicas (RODRIGUES et al., 2009; OLIVEIRA & SANTANA, 2011; URBINATI, et al., 2013).

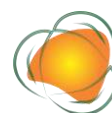
Os reatores de alta taxa são considerados robustos por suportarem altas cargas orgânicas e sobrecargas hidráulicas além de requerer pequenas áreas e apresentarem baixa produção de lodo (DUDA & OLIVEIRA, 2011).

Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a eficiência em escala real de uma estação de tratamento de águas residuária de uma indústria processadora de carne.

METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria processadora de carne bovina e suína localizado no sul do estado de Minas Gerais.



O empreendimento possui uma estação de tratamentos de efluentes composta por tratamento primário (TP), que engloba peneira estática e caixa de gordura, e tratamento secundário composto por reator anaeróbio UASB seguido de Filtro anaeróbio. O efluente é encaminhado para todas as fases de tratamento por gravidade por meio de tubos e conexões.

Monitoramento

O programa de monitoramento foi realizado mensalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, DQO, DBO, sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos, sólidos suspensos voláteis, sólidos sedimentáveis. As amostras foram coletadas na entrada e saída da ETE.

As análises físico-químicas foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 1998)

As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório, sendo realizadas no Laboratório de Saneamento do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da UFMG.



281

Figura 1. Sistema de Tratamento de Águas Residuárias composta por reator UASB seguido de Filtro Anaeróbio. Fonte: Acervo do autor.



Figura 2. Efluente do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias. Fonte: Acervo do autor.

Análise estatística

Foi realizada análise estatística dos valores obtidos por meio de média, desvio padrão, coeficiente de variação e valores máximo e mínimo.

282

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 3, 4 e 5 são mostrados as variações dos parâmetros pH, DBO e DQO do esgoto e tratado durante o período experimental. Na tabela 1 são apresentados os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros avaliados durante o período experimental do sistema de tratamento, e os parâmetros operacionais na tabela 2.

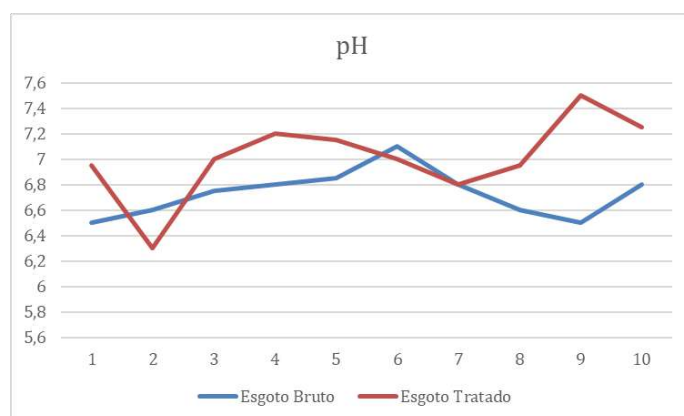
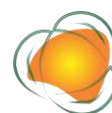


Figura 3. Variações de pH no esgoto bruto e tratado do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias durante o período experimental.

Os valores médios de pH do esgoto bruto variaram de 6,5 a 7,1 e tratado de foram respectivamente de 6,30 e 7,50, mostrando que houve um aumento do pH ao passar pelo



sistema de tratamento, evidenciando valores de neutralidade o que mostra que o conjunto reator UASB-filtro anaeróbio, foi operado de forma estável durante o período experimental. O controle de pH tem como objetivo principal a eliminação do risco de inibição das arqueias metanogênicas evitando assim, a falha do processo.

Os resultados das concentrações de DBO do esgoto bruto variaram de 550 a 900 mg L⁻¹ com reduções significativas ao passar pelo sistema de tratamento com efluente variando na faixa de 45 a 75 mg L⁻¹.

Os valores de DQO do esgoto bruto tiveram comportamento semelhante ao de DBO com valores variando de 750 a 1150 mg⁻¹ para o esgoto bruto e de 100 a 180 mg L⁻¹ para o esgoto tratado.

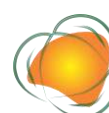
Massé e Masse (2000) avaliando reatores anaeróbios no tratamento de efluentes de frigorífico com DQO variando de 6.908 mg/L a 11.500 mg/L, verificaram redução de 90% a 96% para COV na faixa de 2,07 a 4,93 kg DQO/m³.d e tempo de detenção hidráulico de 48 horas.

Torkian e Hashemian (2003) utilizando reator UASB com COV aplicada variando de 13 a 39 kg DQO/m³.d e tempo de detenção hidráulico de 2 a 7 horas, e observaram remoções de DQO de 75% a 90% para afluentes de 3000 mg/L a 4500 mg/L, respectivamente.

283



Figura 4. Variações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no esgoto bruto e tratado do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias durante o período experimental.



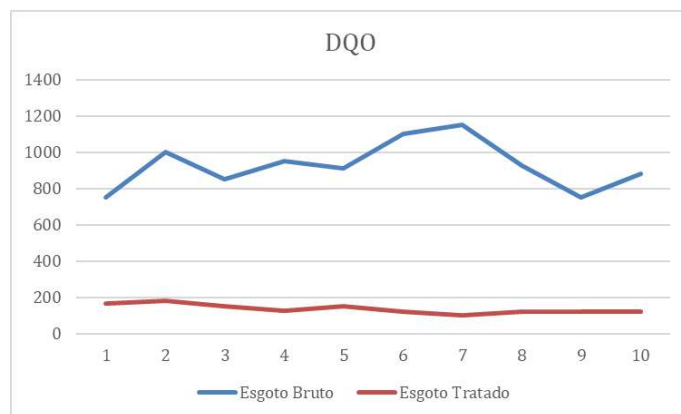


Figura 5. Variações de Demanda Química de Oxigênio (DQO) no esgoto bruto e tratado do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias durante o período experimental.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros pH, DBO, DQO e SST do esgoto bruto e tratado durante o período experimental

Parâmetro	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
pH	6,73±0,18	7,01±0,32
DBO	695±111	65±8
DQO	927±132	135±25
SST	256±62	85±47

284

Tabela 2. Valores operacionais do sistema de tratamento composto por reator UASB e FA, durante o período experimental.

Unidade	Volume (m³)	Vazão (m³ d⁻¹)	COV (kg DQO m⁻³.d⁻¹)	TDH (d)
Reator UASB	20	15	0,69	1,33
Filtro Anaeróbio	20	15	0,3	1,33

Observa-se valores de COV baixos tanto no reator UASB como nos filtros anaeróbios, com tempo de detenção hidráulico de 1,33 dias. As eficiências de remoção para DBO e DQO foram de 90% e 85% respectivamente, valores esses semelhantes aos encontrados por Torkian e Hashemian (2003).

CONCLUSÕES

O emprego de reatores anaeróbios de alta carga em dois estágios se mostraram eficientes no tratamento de efluente da indústria de processamento de carne.

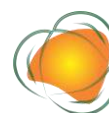
O sistema apresentou estabilidade operacional durante todo o período operacional o que confere confiabilidade ao sistema.

AGRADECIMENTOS

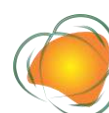
Ao Laboratório de Saneamento da Escola de Veterinária da UFMG.

REFERÊNCIAS

- APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20 ed. Washington, D. C. 1998.
- CETESB. O problema da escassez de água no mundo. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 24 de jan de 2020.
- CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5).
- DUDA, R.M.; OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, p.91–100, 2011.
- FORLANI, J. P. M.; MEDEIROS, M.; LÉO, L. F. R. O Potencial de Reuso de Água (Efluentes Tratados) em um Matadouro-Frigorífico. In: Simpósio de Engenharia Ambiental, 1, 2004, São Carlos. Anais... São Paulo: USP, 2004.
- LASTELLA G.; TESTA C.; CORNACCHIA G.; NOTORNICOLA M.; VOLTASIO F.; SHARMA K. V. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. Energy Conversion and Management, v.43, p.63-75, 2000.
- LEITÃO, R. C.; VAN HAANDEL, A. C.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. Bioresource Technology, v.97, p.1105–1118, 2006.
- LIU, C.; YUAN, X.; ZENG, G.; LI, W.; LI, J. Prediction of methane yield at optimum pH for anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. Bioresource Technology, v.99, p.882–888, 2008.
- MASSE, D. I.; MASSE, L. Treatment of slaughterhouse wastewater in anaerobic sequencing batch reactors. Canadian Agricultural Engineering, v.42, p.131-137, 2000.
- MELIDIS P.; GEORGIU D.; AIVASIDIS A. Scale-up and design optimization of anaerobic immobilized cell reactors for wastewater treatment. Chemical Engineering Processing Process Intensification, v.42, p.897-908, 2003.



- OLIVEIRA R. A.; SANTANA A. M. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios seguidos de reator operado em batelada sequencial (RBS). *Engenharia Agrícola*, v.31, p.178-192, 2011.
- PANDEY, S.; SARKAR, S. Anaerobic treatment of wastewater using a two-stage packed-bed reactor containing polyvinyl alcohol gel beads as biofilm carrier. *Journal Environmental Chemical Engineering*, p.5, p.1575–1585, 2017.
- RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; SANTOS, R. L. H.; GOULART, D. B.; OLIVEIRA, P. R.; VON SPERLING, M.; FONTES, D. O. Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, p.142-1433, 2009.
- TORKIAN, A.; EQBALI, S. J.; HASHEMIAN, S. J. The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent. *Resources Conservation and Recycling*, v.40, p.1-11, 2003.
- URBINAT, I. E.; DUDA, M. R.; OLIVEIRA R. A. Performance of UASB Reactors in Two Stages Under Different Hrt. *Engenharia Agrícola*, v.23, p.367-378, 2013.



AVALIAÇÃO DE WETLANDS NO TRATAMENTO TERCIÁRIO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO DE SUÍNOS

Ariane Mística Rodrigues¹

Bruna Barçante²

Daniele Salgueiro de Melo³

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques⁴

Claudiomir da Silva Santos⁵

Luciano dos Santos Rodrigues⁶

¹*Bióloga. Aluna de pós-graduação em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, arianemisticarodrigues@gmail.com*

²*Engenheira de Aquicultura, Doutoranda em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, brunabarcante94@gmail.com*

³*Engenheira de Aquicultura, Doutoranda em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, danielosalgueiro08@hotmail.com*

⁴*Prof. Dra., Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com*

⁵*Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com*

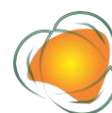
⁶*Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com*

287

INTRODUÇÃO

A exigência pelo uso da água está cada dia crescendo mais à medida que a população mundial cresce, as atividades agrícolas e industriais vêm tomando conta de boa parte desse uso. Os processos industriais por menor que sejam e que ocupam a segunda posição em relação ao consumo de água mundial, são os que mais poluem as mesmas, devido ao seu lançamento nos corpos receptores sem o tratamento adequado, em muitos casos sem tratamento nenhum.

Os empreendimentos industriais ganham destaque, principalmente as agroindústrias, devido as suas elevadas vazões com resíduos com alta concentração de matéria orgânica, principalmente com nitrogênio amoniacal, fosforo, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas. Nestes setores encaixam os frigoríficos e matadores, que são caracterizados pelo seu elevado potencial poluidor.



Esses nutrientes presentes nos efluentes líquidos desses empreendimentos, quando gerados em excesso, podem causar inúmeros problemas, como o fenômeno de eutrofização das lagoas, corpos receptores e represas.

Uma forma que as empresas encontraram para amenizar esses impactos causados pelo lançamento de efluentes ricos em poluentes, são os investimentos em tratamentos avançados principalmente físicos e químicos, efetuando um polimento final em seu sistema de tratamento. Hoje em dia esses tratamentos estão sendo considerados e muitas vezes substituídos por sistemas alternativos mais econômicos, como a remoção biológica através do uso de macrófitas aquáticas como os aguapés.

Levando em conta esse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar o uso das macrófitas aguapés (*Echhornia crassipes*) na redução de nutrientes e de matéria orgânica no sistema de tratamento de efluentes no frigorífico.

A *Echhornia crassipes* popularmente conhecida como aguapé, é uma planta aquática que tem origem na região tropical da América central. Sua classificação morfológica é monocotiledônea, flutuante, pertencente à família das Pontederiaceae, planta suculenta, formada por cerca de 95% de água. Sua estrutura é composta por raízes, rizomas, estalões, pecíolos, folhas e inflorescências, com altura que podem variar de alguns centímetros a um metro, suspensos em água. Toda a planta, tem peso inferior a 1(um) quilo, devido essa condição de leveza são flutuantes.

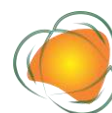
288

A atividade agroindustrial tornou-se um importante segmento da atividade mundial e vem crescendo consideravelmente no decorrer dos anos.

Os processos industriais que são utilizados hoje são os principais causadores da poluição das águas, quando os efluentes são lançados sem um tratamento prévio e/ou adequado, podem causar uma série de danos ao meio ambiente e ao homem. Segundo Braile e Cavalcanti (1993) os principais despejos agroindustriais que precisam de atenção para evitar a poluição são os lançados pelos matadores e frigoríficos.

Os componentes principais orgânicos presentes nas águas residuais desses empreendimentos são as proteínas, os fenóis, a ureia, os óleos e as gorduras, que podem variar para maiores quantidades ou menores quantidades dependendo do processo industrial que é utilizado.

Os efluentes são compostos principalmente por sangue da lavagem das carcaças, pedaços de carne, pedaços de vísceras brancas e vermelhas, gorduras entre outros. Devido a esse grande volume de matéria orgânica a sua carga de sólidos em suspensão, nitrogênio



amoniaco, óleos e graxas são muito elevados, necessitando uma atenção maior para o seu reaproveitamento em alguns casos quando é viável e posteriormente o descarte.

Nitrogênio e Fósforo são os principais nutrientes encontrados e são essenciais para o desenvolvimento de microorganismos, animais e plantas. Porém, quando encontrados em excesso, podem causar diversos problemas no meio ambiente, como por exemplo a eutrofização de corpos receptores, represas, lagos e lagoas de tratamento.

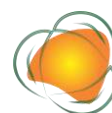
Outro parâmetro que é utilizado e torna-se o principal para o tratamento do efluente é o pH (potencial hidrogeniônico). Segundo Metcalf e Eddy (2003) a concentração mais indicada para a existência da maioria da vida aquática está entre 6 e 9. Nos efluentes industriais a concentração inadequada do íon hidrogênio são difíceis de se tratar por método biológico. Porém com o uso das macrófitas nas lagoas a média do pH fica entre 6,83 e 7,11, tornando assim fácil a remoção da matéria orgânica em excesso.

Além da alta carga de matéria orgânica e nutriente, o conteúdo de sólidos totais como característica física é muito importante, os quais são compostos por materiais sedimentáveis, em suspensão, coloidal e em solução. Esses parâmetros em elevação, causam um desequilíbrio na lagoa de tratamento, tornando-a um alto potencial poluidor para o curso d'água que irá receber o efluente. Com o uso das macrófitas, esses sólidos se dissolvem, pois são a principal fonte de alimento das plantas.

O frigorífico analisado conta com o abate diário de 700 suínos com autorização para 1.200/dia, com consumo de água em média de 0,369 litros por animal. Tornando assim a categoria dos frigoríficos e matadouros como um grande consumidor de água, lançando diariamente grandes quantidades de efluentes no corpo receptor.

De acordo com Vilas Boas et al. (2001) uma medida preventiva para reduzir o volume dos despejos gerados durante o processo de abate e industrialização é o aproveitamento de subprodutos, como também a decantação preliminar dos resíduos que antecedem o tratamento final dos efluentes com as macrófitas na lagoa de polimento.

Conforme Grady et al. (1999), o objetivo do tratamento de águas utilizadas no abate é remover os poluentes que prejudicam o ambiente aquáticos quando são descartados, reduzindo a quantidade de oxigênio dissolvido nesse ambiente. A grande maioria dos poluentes que necessitam de oxigênio são os compostos orgânicos, porém os inorgânicos como por exemplo o nitrogênio amoniacal e outros compostos químicos orgânicos tóxicos são motivos de preocupação também.



O uso de plantas aquáticas e sua microbiota tornou-se uma alternativa, com a finalidade de remover, degradar ou isolar substâncias tóxicas ao meio ambiente, mas especificamente nessas lagoas o nitrogênio amoniacal e fósforo, devido esses nutrientes serem umas das principais fontes de energia dos aguapés.

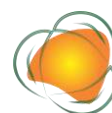
Como a maioria dos sistemas de tratamento de águas residuais são compostas por unidades de tratamento sequencialmente direcionados, os quais ocorrem processos de separação e transformação dos efluentes. A utilização dos aguapés pode ser considerada vantajosa na parte de depuração, para se ter uma melhor lapidação do efluente na parte final.

De acordo com Oliveira et.al. (2000), enfatizam que a utilização dos aguapés em lagoas de estabilização proporciona uma forma não só economicamente falando, mas ecológica para o tratamento de efluente. O sistema biológico conta com uma alta eficiência e um baixo investimento, não sendo necessário o consumo energético alto e nem uma mão de obra específica. Atualmente essa técnica está sendo mais preferida, por perturbarem menos o meio ambiente e apresentarem a facilidade na sua aplicação. Nesse contexto, a fitorremediação vem surgindo como uma alternativa capaz de aproveitar sistemas vegetais com a finalidade de desintoxicar ambientes degradados e/ou poluídos.

Essas plantas são mais consideradas devido a sua capacidade de acumulação de poluentes, além do que, sua aplicação em lagoas forma uma cobertura fechada e flutuante que reduz a quantidade de oxigênio dissolvido nas outras porções inferiores, abaixo dessas plantas, produzindo condições anaeróbicas. Essas condições ajudam na desnitrificação, aumentando a remoção de nitratos. Com as macrófitas a decantação que ocorre na lagoa torna-se mais eficiente devido ao escudo de proteção ao movimento das águas pela cobertura densa dos aguapés.

Nas estações de temperaturas mais altas, como o verão e a primavera, em torno de 25 a 30°C, são as ideais para que as plantas tenham um melhor rendimento de biomassa. Já as temperaturas na faixa de 20 a 25°C há uma diminuição da produção. Quando a temperatura fica inferior a 10°C, em vários dias consecutivos, como ocorre no inverno a sua produção se anula, causando a morte das plantas. Dessa forma, a temperatura torna-se um fator limitante para o desenvolvimento dos aguapés, o que torna viável seu crescimento em alguns casos excessivos em climas tropicais.

A reprodução na grande maioria das vezes ocorre por processo reprodutivo que são novas plantas produzidas por estalões (estolhos) e o seu crescimento se faz a partir do rizoma. O tempo médio estimado para a duplicação gira em torno de duas semanas. Segundo



Rubio et.al. (2004) a taxa de crescimento é muito variável, em boas condições a média chega a 5% ao dia.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido em um abatedouro de suínos localizado no sul do Estado de Minas Gerais, e as análises físico-químicas realizadas no Laboratório Saneamento Ambiental do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva- DMVP da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG.

O sistema de tratamento era composto por tratamento primário (peneira estática, caixa de gordura) seguido de tratamento secundário composto por lagoa aerada facultativa, e duas lagoas facultativas.

Foram coletadas amostras afluentes e efluentes da lagoa com os wetlands (lagoa de polimento) e realizadas análises físico-químicas dos seguintes parâmetros: pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos em Suspensão Total (SST), nitrogênio amoniacal, Oxigênio Dissolvido e Alcalinidade Total, de acordo com APHA, AWWA, WEF (2012) no início da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) o esgoto bruto e na parte final.

Na figura 1 podemos observar o desenvolvimento dos aguapés durante o período experimental.

Após atingir maturação suficiente, as plantas que morrerem e/ou ficaram em excesso na lagoa foram retiradas e encaminhadas para a área de compostagem do abatedouro, no qual juntamente com outros resíduos orgânicos oriundos do processo produtivo, passaram pelo processo de compostagem e utilizadas posteriormente como adubo orgânico no próprio empreendimento. Esse controle de retirada foi realizado quinzenalmente quando atingido a ocupação da lagoa, começando pelas plantas pioneiras e posteriormente as demais, renovando assim toda biomassa utilizada no tratamento, tendo sempre plantas novas e com o potencial despoluidor alto.

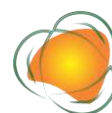




Figura 1. Desenvolvimento e Ocupação dos Aguapés na Lagoa de Polimento (Wetlands)

Fonte: Arquivo pessoal.

292

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são mostrados os valores médio afluentes e efluentes a lagoa de aguapés durante o período experimental.

Tabela 1. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos

Parâmetro	Afluente	Efluente
pH	6,67	6,86
Alcalinidade Total	2.717	1.965
DBO Total	3.188	641
DQO Total	11.039	3.415
Sólidos em Suspensão Totais	1.259	47,15
Nitrogênio amoniacal	118	30,32
Oxigênio Dissolvido	0	1,2

Os valores de pH no afluente e efluente da lagoa tiveram pouca variação ficando próximo da neutralidade, já alcalinidade apresentou redução significativa ao passar pela lagoa, o que indica que houve processo de nitrificação, com conversão de nitrogênio amoniacal em nitrito e nitrato, o que pode ser constatado pela redução do nitrogênio

amoniacoal na Lagoa. A eficiência de remoção de Nitrogênio amoniacoal foi de 74%. É bom salientar que além do processo de nitrificação, a absorção de nitrogênio pelas plantas também foi significativo para essa eficiência.

Os valores de DBO e DQO afluentes foram elevados devido a característica do efluente, com valores dez vezes maior do que do esgoto sanitário. A relação DQO/DBO média foi de 3,5 no afluente o que caracteriza o afluente como de alta degradabilidade biológica.

A eficiência de remoção de DBO e DQO foram respectivamente de 80% e 69%. Quanto aos sólidos suspensos a eficiência de remoção foi de 96%.

Conforme constatado por Branco e Bernardes (1983) a eficiência da remoção dos poluentes está associando ao crescimento das plantas, logo, quanto maior a taxa de crescimento, maior a remoção. Quando há a diminuição do crescimento das plantas, a remoção de poluentes também cai, tornando-se altamente benéfico e economicamente o uso desse tipo de tratamento.

De acordo com Beyruth (2004), as plantas aquáticas sofrem com as variações sazonais, e constataram uma fase de mortandade mais intensa entre o outono e o inverno. A influência das variações sazonais sobre a remoção de poluentes também foi comprovada por Gwenaelle et al. (2001) em sistemas de Wetlands.

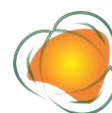
Kawai e Grieco (1983), em lagoas piloto com aguapé obtiveram remoção de 52% de nitrogênio total e 58% de fósforo, com tempo de detenção hidráulico de 10 dias; de 12% de nitrogênio e 14% de fósforo com tempo de detenção de 2,5 dias.

Moraes e Rodrigues (2002) obtiveram eficiência média de remoção em efluente de matadouro e frigorífico, de 60% para fósforo total e 55% para DQO, com tempo de detenção de 15 dias, com a utilização das macrófitas *E. crassipes*, *Salvinia sp.* e *Pistia estratiotes*.

Reidel (2004), aplicando *E. crassipes* como pós-tratamento de efluentes de abatedouro de aves, obteve remoções máximas de DQO de 73%, de nitrogênio total: 80% e de fósforo total: 39,2%, para um tempo de detenção de 5 dias.

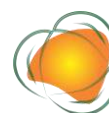
CONCLUSÕES

Os resultados encontrados nesse estudo com o uso das macrófitas aguapés, se mostrou bastante viável, principalmente nos meses de verão, devido as plantas se reproduzirem e removerem com maior eficiência os poluentes.



REFERÊNCIAS

- APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20 ed. Washington, D. C. 1998.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de tratamento e águas residuais industriais. São Paulo: CETESB, 1993.
- BRANCO, S. M.; BERNARDES, R. S. Culturas hidropônicas como forma de remoção e reciclagem de nutrientes minerais dos efluente de sistemas de tratamento de esgotos. Revista DAE, n.134, 1983.
- BEYRUTH, Z. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-mirim, São Paulo, Brasil. Revista Saúde Pública, v.26, n.4, 1992.
- GRADY, C. P. L. et al. Biological Wastewater Treatment. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1999.
- GWENAELLE, O. L. et al. Release of trace elements in Wetlands role of seasonal variability. Water Research, v.35, n.4, p.943-952, 2001.
- KAWAI, H.; GRIECO, V. M. Utilização do aguapé para tratamentos de esgoto doméstico. Estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. Revista DAE, n.135, p.79-90, 1983.
- METCALF, L.; EDDY, H. Wastewater engineering: Treatment and reuse. Boston: McGraw – Hill, 2003.
- MORAES, A. J.; RODRIGUES, J. B. Remoção de fósforo com uso de macrófitas em lagoa facultativa de frigorífico. 52f. Monografia (Graduação em Tecnologia Ambiental). Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Medianeira, 2002.
- OLIVEIRA, R. A. et al. Redução da demanda bioquímica de oxigênio de águas residuárias da suinocultura com o emprego da macrófita aquática. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, 2000.
- REIDEL, A. Pós-tratamento de efluentes de agroindústria em sistema com aguapé *eichhornia crassipes* (Mart. Solms) e sua utilização na piscicultura. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2004.
- RUBIO, J. et al. Plantas Aquáticas: solventes naturais. Revista Ciência Hoje, v.35, n.205, 2004.



AVALIAÇÃO DO ADITIVO ENZILIMP® NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SUINOCULTURA

Ariane Mística Rodrigues¹

Ivan Louzada Júnior²

Gisele Pessi Legramanti³

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques⁴

Claudiomir da Silva Santos⁵

Luciano dos Santos Rodrigues⁶

¹Bióloga. Aluna de pós-graduação em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, arianemisticarodrigues@gmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Seleplant Biocontrole Ltda-EPP, ivan@seleplant.com.br

³Engenheira de Bioprocessos, Millennium Tecnologia Ambiental Ltda, gisele.tecnico@enzilimp.com.br

⁴Prof. Dra., Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com

⁵Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

⁶Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com

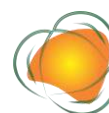
295

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades econômicas de maior impacto ambiental em função do grande volume de dejetos produzido, uma vez que o crescimento econômico se desenvolve paralelamente à grande pressão sobre os recursos naturais como relata Silva et al. (2019).

Dado seu valor e importância para o crescimento do PIB (produto interno bruto) para o país, crescimento do mercado e geração de emprego e renda, faz-se uma ressalva acerca dos impactos oriundos desse tipo de atividade produtiva. Uma vez que os resíduos da suinocultura são constituídos principalmente por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório (DIESEL et al., 2012).

Apesar de representar um problema para o meio ambiente, os dejetos resultantes da suinocultura podem ser utilizados como uma excelente fonte de energia. Através da utilização de biodigestores, a matéria orgânica pode ser transformada em biogás. O setor suinícola tem sido incentivado a reciclar os seus resíduos no sentido de obter maiores rendimentos e gerar menos resíduos a serem tratados (VALENTE et al., 2013).



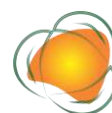
Segundo Dias et al. (2011), as análises dos componentes dos dejetos sofrem variações quantitativa e qualitativamente de acordo com fatores zootécnicos (tamanho, peso e raça do animal), a alimentação empregada levando em conta a presença de fibras e vitaminas além do teor de digestibilidade nas dietas, os fatores ambientais e os sistemas de criação em que os animais estão inseridos e com a quantidade de água ingerida, refletindo então no volume de produção. Oliveira (2007) aponta que a produção dos dejetos está ligada de forma direta ao peso do animal, sendo em torno de 7% do peso por dia.

O maior responsável por esse elevado potencial poluidor dos dejetos animais é a elevada concentração de matéria orgânica que os mesmos possuem. A concentração de matéria orgânica em dejetos de animais pode ultrapassar 50.000 mg L⁻¹, enquanto efluentes domésticos em geral dificilmente atingem 1.000 mg L⁻¹. Essa matéria orgânica é composta de carboidratos, proteínas e lipídeos, que são o principal substrato necessário para alimentação dos biodigestores. Por sinal, a utilização de biodigestores é a única dentre as tecnologias existentes que além de ambientalmente eficiente, possui um elevado potencial de agregação à matriz energética renovável brasileira.

Os avanços recentes em modelos de reatores têm aumentado a utilização da digestão anaeróbia como forma de tratamento. Este sistema de tratamento traz vantagens quando comparado aos processos aeróbios, principalmente devido ao baixo consumo energético e a baixa produção de biomassa residual (KIM et al., 2006; KHALID et al., 2011).

Edwiges et al. (2018) avaliaram o Potencial Bioquímico de Metano (PBM) de resíduos de frutas e hortaliças gerados ao longo de 12 meses na CEASA – Unidade Atacadista de Foz do Iguaçu/PR por meio de reatores anaeróbios batelada. O PBM médio obtido foi de 377±67 LN CH₄ kg SV-1 ao longo de um ano de investigações. Ao avaliar o potencial metanogênico teórico (PBMT), a partir da composição macromolecular, obteve-se média de 475±41 LN CH₄ kg SV-1, ou seja, uma taxa de bioconversão de 79%, visto que a maior parcela da matéria orgânica deste tipo de substrato é de carboidratos facilmente hidrolisáveis.

A dimensão da partícula apresenta papel fundamental na realização do teste de PBM, visto que a degradação é mais rápida em substratos com pequenas dimensões. Além disso, substratos heterogêneos como os resíduos de frutas e hortaliças, resíduos da agricultura e etc., podem gerar resultados de produção de biogás com alta variação. Visando melhor reprodutibilidade dos resultados, recomenda-se um diâmetro de partícula inferior a 10 mm (VDI 4630, 2006 e RAPOSO et al., 2011).



O inóculo é o meio líquido utilizado para garantir condições ideais de degradação da matéria orgânica. Sendo assim, o inóculo utilizado nos testes de PBM deve apresentar características específicas para que o resultado seja confiável, caso contrário não se pode determinar se há limitação no potencial de produção de biogás de um substrato, ou se a limitação está na capacidade das bactérias presentes no inóculo em realizar tal degradação.

Este trabalho avaliou em escala piloto durante 90 dias o uso de aditivo juntamente com efluente de suinocultura em uma granja localizada no centro oeste de Minas Gerais.

O princípio deste trabalho consistiu em garantir condições ideais (nutrientes, temperatura, pH e etc.) para que os microrganismos possam transformar a fração biodegradável da matéria orgânica em biogás no período de tempo proposto.

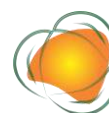
Um dos critérios adotados para o período de realização do teste é a divisão do volume de biogás produzido no dia, pelo volume total de biogás acumulado desde o início da incubação. Encerra-se o monitoramento quando esta relação for inferior à 1% (VDI 4630, 2006).

METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório Saneamento Ambiental do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva- DMVP da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. Localizada no município de Belo Horizonte. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é Cwa (tropical com estação úmida, bastante seco no inverno e quente e chuvoso no verão), com altitude de 858 metros acima do nível do mar, apresentando temperaturas médias acima de 19°C no mês mais frio e acima de 24°C no mês mais quente. Pluviosidade média anual de 1430mm (Figura 1).

A unidade experimental foi composta por biodigestores confeccionados em PVC com volume útil de 2 litros, sendo que foram utilizados três tratamentos: Tratamento 0 (T0) sendo a testemunha com dejetos de suínos; Tratamento T1 com aditivo comercial ENZILIMP®; Tratamento T2 com 50% de dejetos de suínos e 50% com água de lavagem de café. O sistema foi avaliado durante 90 dias após a partida do sistema.

As amostras efluentes de cada biodigestor foram coletadas nas torneiras de amostragem de cada unidade. Foram coletados aproximadamente 200 ml de amostra do afluente, T0, T1 e T2. O esgoto bruto de cada biodigestor foi avaliado no início do experimento, por se tratar de um trabalho em batelada.



Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: pH, alcalinidade total, parcial e intermediária, ácido voláteis, demanda química de oxigênio e sólidos suspensos voláteis, sendo realizados duas vezes por semana.

O pH foi determinado de acordo com APHA, AWWA, WEF (2012). Os parâmetros alcalinidade parcial (AP), obtidos com a titulação da amostra até pH 5,75 e alcalinidade intermediária (AI), com titulação até pH 4,30, foram determinados de acordo com as metodologias descritas por APHA, AWWA, WEF (2012). Esta última, com o objetivo de distinguir a contribuição relativa do efeito tampão, produzido por bicarbonatos. Por meio desta metodologia determinou se também o valor da alcalinidade total (AT) o qual foi calculado por $AT = AP + AI$.

A determinação dos ácidos voláteis totais (AVT) por titulometria foi feito baseado no volume de hidróxido de sódio consumido para elevar o pH de 4,0 para 7,0, após ter se extraído da amostra o sistema carbônico, reduzindo se o pH para 3,4 e aquecendo se o mesmo até a fervura por 3 minutos, conforme descrito por Dilallo e Albertson (1961).

A DQO total foi determinada submetendo-se as mesmas ao método colorimétrico e digestão com refluxo fechado em tubos de cultura segundo APHA, AWWA, WPCF (1992).

Para determinação dos sólidos suspensos totais, seguiu-se a metodologia descrita por APHA, AWWA, WPCF (1992), com a filtragem da amostra em papel de filtro Gf/C 47 já previamente preparados, lavados, secos em estufa por 24h, esfriados em dessecador e pesados, tendo o peso 1. Cada papel de filtro foi pesado, identificado e colocado em cadinhos de porcelana. Para preparo das amostras, foram filtrados 10ml de cada ponto, colocadas nos devidos cadinhos e levados para estufa até a completa secagem. Então os os papéis de filtro após secos foram retirados, esfriados em dessecador e pesados novamente, obtendo-se o peso 2. Por último, os papéis de filtro foram levados para a mufla à 600°C ($\pm$ 30 minutos), resfriados em dessecador e mais uma vez pesados, tendo o peso 3.

298

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros físico-químicos de cada tratamento avaliado durante o período experimental estão descritos na tabela 1.

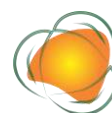


Tabela 1. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos dos tratamentos durante o período experimental.

Tratamentos	pH	Relação AI/AP	AVT	DQO	SST
T0	7,88±0,71	0,66±0,49	81±54	522±234	102±54
T1	8,10±1,02	0,43±0,35	65±42	266±78	41±37
T2	7,87±0,93	0,47±0,32	69±59	424±108	111±85

Conforme tabela 1, os valores de pH em todos os tratamentos foram superiores a 7, sem variação significativa entre os tratamentos evidenciando estabilidade dos biodigestores, o que é o ideal para a digestão anaeróbia (LETTINGA, 1995; SANTANA & OLIVEIRA, 2005).

Os valores médios da relação AI/AP no T0 foi de 0,66, no T1 de 0,43 e de 0,47 no T2. De acordo com Ripley et al. (1986), valores da relação AI/AP superiores a 0,3 indicam a ocorrência de distúrbios no processo de digestão anaeróbia. Já de acordo com Foresti (1994), é possível ocorrer estabilidade no processo com valores diferentes de 0,3. A relação AI/AP nos tratamentos T1 com o aditivo enzilimp e no T2 com resíduo do café e dejetos de suínos apresentaram valores semelhantes e inferiores ao do T0. Mesmo superiores ao recomendado por Ripley et al. (1983), no entanto, não houve problemas com instabilidade, sendo que o uso do aditivo se mostrou com melhor resultado.

Efeito semelhante aconteceu com os ácidos voláteis totais com valores médios menores no biodigestor que usou o aditivo.

O equilíbrio dos AVT é importante no estudo dos reatores anaeróbios. Altas concentrações de AVT podem afetar o processo de biodigestão anaeróbia e causar distúrbios no processo. Os valores de AVT recomendados por GERARDI (2003) variam de 50 a 500 mg L⁻¹, para que o processo anaeróbio se mantenha estável. Os valores médios dos três tratamentos ficaram na faixa recomenda.

Os resultados das concentrações efluentes de DQO do tratamento T1 foi significativamente menor que os outros dois tratamentos mostrando melhor desempenho do biodigestor que foi aplicado o aditivo.

Os valores médios de DQO do efluente bruto utilizado nos três tratamentos foi de 1992 mg L⁻¹, e de sólidos suspensos de 1080 mg L⁻¹. Na tabela 2 são mostrados os valores médios de eficiência de remoção de DQO e SS, no qual podemos observar

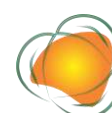


Tabela 2. Valores médios de eficiência de remoção de DQO e SS dos tratamentos durante o período experimental

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)		
	T0	T1	T2
DQO	74	87	79
SS	90	96	90

Observou-se altas eficiências de remoção de DQO e SS no tratamento T1, com valores superiores aos tratamentos T0 e T2, mostrando que o uso do aditivo enzilimp proporcionou condições bioquímicas favoráveis para o desempenho dos microrganismos responsáveis pela digestão anaeróbia.

Os resultados alcançados neste trabalho mostraram que o uso de aditivo enzilimp favoreceram o processo de digestão anaeróbio promovendo estabilidade ao biodigestor e aumentado a eficiência de remoção de matéria orgânica e sólidos.

CONCLUSÕES

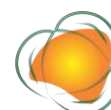
Os biodigestores com tratamento com uso do aditivo enzilimp e com a mistura com água de lavagem de café favoreceram um melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia dos biodigestores tratando efluentes de suinocultura, com destaque para o uso do aditivo enzilimp.

AGRADECIMENTOS

SELEPLANT BIOCONTROLE LTDA-EPP MILLENNIUM TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington, D. C., USA: American Public Health Association, 1992.
- EDWIGES, T.; FRARE L.; MAYER, B.; LINS, L.; TRIOLO, J. M.; FLOTATS, X.; COSTA, M. S. S. M. Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste. Waste Management, v.71, p.618-625, 2018.
- GERARDI, M. H. The microbiology of anaerobic digesters. Jon Wiley & Sons, 2003. 130p.
- LETTINGA G.; HULSHOF POL, L. W. UASB: process design for various types of wastewater. Water Science Technology, v.24, n.8, p.87-107, 1991.



RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. *Journal Water Pollution Control Federation*, v.58, n.5, p.406-411, 1986.

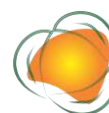
LETTINGA, G. Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. *Antonie van Leeuwenhoek, Dordrecht*, v.67, n.1, p.3-28, 1995.

KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management*, v.31, p.1737-1744, 2011.

RAPOSO, F.; DE LA RUBIA, M. A.; FERNÁNDEZ-CEGRÍ, V.; BORJA, R. Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: An overview relating to methane yields and experimental procedures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.16, p.861-877, 2011.

SANTANA, A. M. da; OLIVEIRA, R. A. de. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.817-830, 2005.

VDI 4630, 2006. Fermentation of organic materials: characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. In: Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Germany.



PROPOSIÇÃO DE PROTÓTIPOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS NO IFPB, CAMPUS SOUSA

Ana Clara Nunes Fernandes¹

Kátia Dias de Araújo²

Fernanda Carolina Monteiro Ismael³

Lúcia Mara Figueiredo⁴

Gilcean Silva Alves⁵

¹Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus Sousa-PB, clara.nunes@academico.ifpb.edu.br

²Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus Sousa-PB, katia.araujo@academico.ifpb.edu.br

³Profa M.a. Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus Sousa-PB. fernanda.ismael@ifpb.edu.br

⁴Profa Dra. Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus Sousa-PB. lucia.figueiredo@ifpb.edu.br

⁵Prof Dr. Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus Sousa-PB. gilcean.alves@ifpb.edu.br

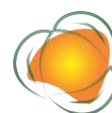
302

INTRODUÇÃO

O Saneamento Básico consiste, essencialmente, nos serviços de “abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos”, de acordo com a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007).

Essa temática é bastante discutida no Brasil, tendo em vista que, o acesso aos serviços de saneamento ainda é não é universalizado. Segundo o Instituto Trata Brasil (2020), cerca de 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água tratada e metade do país não tem coleta de esgotos.

Com relação ao eixo do esgotamento sanitário, somente 42% dos esgotos gerados no Brasil são tratados e isso pode desencadear diversos problemas, entre eles, destacam-se: a deterioração da qualidade da água dos rios, reservatórios e baías (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).



De acordo com Ferreira (2003), os cursos de água, após receberem uma carga de água poluidora, sofrem modificações em suas características, mas tendem a restabelecer as condições existentes antes do lançamento dos esgotos. Apesar disso, sabe-se que a autodepuração do corpo hídrico não é suficiente para “tratar” grandes quantidades de cargas poluidoras.

Nesse contexto, Almeida Junior, Almeida e Silva (2017) afirmam que a implantação do serviço de esgotamento sanitário e da eficiência dos sistemas de tratamentos de esgotos, proporcionam melhorias na qualidade ambiental dos corpos hídricos, reduzindo os impactos ambientais associados, assim como, beneficia diretamente o bem-estar e a saúde da população.

Dessa forma, percebe-se a necessidade de investimentos em tecnologias eficientes para o tratamento de efluentes. Nesse contexto, destacam-se aquelas desenvolvidas em instituições de ensino, tais como, os protótipos criados com a finalidade de servir de modelo ou molde para futuras Estações de Tratamento de Efluentes, como o estudo desenvolvido por Silva (2014).

Nesse sentido, cita-se o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Instituição Federal Brasileira, vinculada ao Ministério da Educação que tem entre suas missões fomentar, apoiar e acompanhar as ações que objetivem a inovação tecnológica nos diversos campos da ciência e tecnologia.

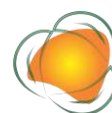
No IFPB, mais precisamente, no Campus de Sousa, não há o desenvolvimento significativo de ações de inovação tecnológica no tocante ao tratamento dos efluentes gerados na instituição. Com isso, neste trabalho, objetiva-se desenvolver protótipos para o tratamento de efluentes gerados no IFPB, campus Sousa.

METODOLOGIA

Diagnóstico dos geradores de efluentes no IFPB - Sousa

O diagnóstico dos geradores de efluentes no IFPB - Sousa foi realizado, devido à pandemia, mediante consulta aos coordenadores e/ou responsáveis por cada setor gerador de resíduos líquidos. Os mesmos receberam, por e-mail institucional, um check list contendo as informações necessárias a serem repassadas para o projeto, tais como:

Características gerais do funcionamento do setor que influenciam na quantidade e qualidade do efluente gerado;



Tipo e quantidade de efluentes gerados no setor (destacando as dinâmicas de produção de efluentes considerando horários, dias da semana e período do ano);

Informações sobre a existência ou não de devido tratamento de tais efluentes, em caso negativo, onde tais resíduos são lançados;

Fotos dos efluentes e locais de lançamento.

Elaboração do projeto técnico para a proposição de protótipos para tratamento de efluentes gerados em setores do IFPB, Campus - Sousa

O referido projeto foi elaborado mediante reuniões virtuais com os membros da equipe, por meio de aplicativos como, por exemplo, o Google Meet.

Tal projeto foi fundamentado e estruturado mediante as informações obtidas na etapa anterior, a saber: “Diagnóstico dos geradores de efluentes no IFPB - Sousa”. Foram utilizados também trabalhos técnicos e científicos como embasamento para a elaboração do citado projeto, culminando na definição dos tipos de protótipos mais adequados para realizar o tratamento (experimental) dos efluentes selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

304

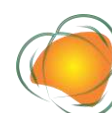
O diagnóstico ora apresentado foi dividido por setor consultado, conforme a descrição a seguir:

Avicultura

Com relação ao setor da Avicultura, no Quadro 1, apresentam-se as principais informações fornecidas pelos responsáveis do setor.

Quadro 1. Principais informações do setor da Avicultura do IFPB/Sousa

Características gerais do funcionamento do setor:	Avicultura do IFPB Campus Sousa, situado no setor avícola da Unidade São Gonçalo
Principais atividades desenvolvidas no setor:	Abrigo para aves de postura e corte; produção de ovos e cortes de frango; ambiente para estudo, pesquisa e extensão; fornecedor de alimentos para as refeições ofertadas no Restaurante Universitário Escolar
Principais insumos utilizados no setor que, após o descarte, passam a compor o efluente do local:	Ração farelada e excrementos
Tipo e quantidade de efluentes gerados no setor:	Esterco de aves, sem informações sobre a quantidade de efluente gerado no setor
Locais onde os efluentes são descartados:	Esterqueira
Informações sobre a existência ou não de devido tratamento de tais efluentes:	Não é realizado o tratamento dos efluentes produzidos no setor
Características dos efluentes:	Esterco rico em nitrogênio com potencial poluente; odor elevado; efluente propício a proliferação de pragas e parasitas



Apesar de não haver informações sobre a quantidade de efluentes gerados no setor da avicultura, mas, segundo o responsável pelo setor, sabe-se que o consumo médio de água é na ordem de 20.000 L/mês.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2018), cerca de 60 a 80% da água consumida se transforma em esgotos. Dessa forma, deduz-se que a quantidade de efluentes gerada no setor da avicultura pode variar entre 12.000 L/mês a 16.000 L/mês.

Com relação ao setor do Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos, no Quadro 2, apresentam-se a principais informações fornecidas pelos responsáveis do setor.

Quadro 2. Principais informações do setor do Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos do IFPB/Sousa

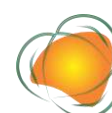
Características gerais do funcionamento do setor:	Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos do IFPB Campus Sousa, situado no setor de agroindústria da Unidade São Gonçalo.
Principais atividades desenvolvidas no setor:	Realização de aulas práticas; projetos de pesquisa e extensão; preparação de soluções e desenvolvimento de experimentos
Principais insumos utilizados no setor que, após o descarte, passam a compor o efluente do local:	Ácidos; bases; soluções salinas; materiais alimentícios e alguns reagentes
Tipo e quantidade de efluentes gerados no setor:	Efluentes líquidos das soluções para análises e efluentes da lavagem de materiais. A quantidade estimada de efluente gerado nesse setor é de 5 litros/dia
Locais onde os efluentes são descartados:	Pias e Vasos
Informações sobre a existência ou não de devido tratamento de tais efluentes:	Sem informações sobre a existência de um tratamento do efluente produzido no setor
Características dos efluentes:	Efluente escuro; odor elevado; temperatura ambiente; efluente tóxico sem presença de sólidos suspensos

Fonte: Autoria própria (2021).

Apesar de ter sido informado que é gerado apenas 5L de efluentes por dia no setor, mas sabe-se que esse valor está subestimado, pois é um valor muito abaixo do que é esperado.

Como foi apresentado no Quadro 2, os efluentes gerados no setor são descartados em pias e vasos, o que é considerado um aspecto ambiental negativo significativo, pois as substâncias que compõem esse efluente são compostas de ácidos, bases, soluções salinas, materiais alimentícios e alguns reagentes. Além disso, muitos desses elementos possuem características de toxicidade.

Sabendo-se que o descarte incorreto do efluente industrial pode desencadear diversos impactos ambientais, tais como: a contaminação do solo, a contaminação de ambientes aquáticos, a poluição visual, danos à saúde e ao bem-estar de servidores e alunos é preciso descartar esse efluente de maneira adequada ambientalmente para que essas substâncias



provindas dos resíduos líquidos industriais não se torne um problema de cunho social e ambiental (CAMATTI et al., 2015).

Dessa maneira, evidencia-se que é de suma importância que as características desses efluentes sejam levados em consideração no momento de descarte desses resíduos.

Suinocultura

Com relação ao setor da Suinocultura, no Quadro 3, apresentam-se as principais informações fornecidas pelos responsáveis do setor.

Quadro 3. Principais informações do setor da Suinocultura do IFPB/Sousa

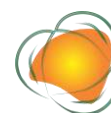
Características gerais do funcionamento do setor:	Suinocultura do IFPB Campus Sousa, situado no setor agroecológico da Unidade São Gonçalo.
Principais atividades desenvolvidas no setor:	Criação de animais para fins didáticos
Principais insumos utilizados no setor que, após o descarte, passam a compor o efluente do local:	Água; desinfetantes; fezes e urina; resíduos de ração
Tipo e quantidade de efluentes gerados no setor:	Dejetos suínos, variação da quantidade estimada de efluente produzido no setor
Locais onde os efluentes são descartados:	Diretamente no solo
Informações sobre a existência ou não de devido tratamento de tais efluentes:	Existência de um biodigestor - modelo indiano
Características dos efluentes:	Efluente com grande quantidade de água presente na sua composição e potencial poluente devido a elevada DBO

Fonte: Autoria própria (2021).

Segundo as informações disponibilizadas no Quadro 3, vários são os insumos que compõem o efluente do setor da suinocultura, tais como, desinfetantes, fezes e urina, resíduos de ração. Nesse contexto, cita-se o trabalho publicado por Oliveira (2000), que afirma que a atividade citada pode desencadear impactos ambientais, podendo destacar: a poluição hídrica (em decorrência da alta carga orgânica e da presença de coliformes fecais).

Alimentação e Nutrição - Refeitório

Com relação ao setor de Alimentação e Nutrição – Refeitório, no Quadro 4, apresentam-se as principais informações fornecidas pelos responsáveis do setor.



Quadro 4. Principais informações do setor de Alimentação e Nutrição - Refeitório do IFPB/Sousa

Características gerais do funcionamento do setor:	Refeitório do IFPB Campus Sousa, situado na Unidade São Gonçalo
Principais atividades desenvolvidas no setor:	Pré-preparo e preparo de alimentos Distribuição de refeições. Controle de refeições. Higienização de equipamentos, utensílios, cozinha e refeitório
Principais insumos utilizados no setor que, após o descarte, passam a compor o efluente do local:	Alimentos. Produtos de limpeza: água sanitária, detergente, sabão, álcool
Tipo e quantidade de efluentes gerados no setor:	Águas residuais. Não foram fornecidas mais informações.
Locais onde os efluentes são descartados:	Lançamento <i>in natura</i> no corpo hídrico
Informações sobre a existência ou não de devido tratamento de tais efluentes:	Não
Características dos efluentes:	Gorduras

Fonte: Autoria própria (2021).

Agroindústria

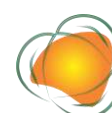
Com relação ao setor da Agroindústria, no Quadro 5, apresentam-se as principais informações fornecidas pelos responsáveis do setor.

Quadro 5. Principais informações do setor da Agroindústria do IFPB/Sousa

307

Características gerais do funcionamento do setor:	Setor Agroindustrial do IFPB Sousa, situado na Unidade São Gonçalo.
Principais atividades desenvolvidas no setor:	Processamento de leite e derivados; Processamento de frutas; processamento de carnes; Processamento de massas; Fabricação de produtos de higiene e limpeza; Análise físico-química e microbiológica de alimentos.
Principais insumos utilizados no setor que, após o descarte, passam a compor o efluente do local:	No processamento de alimentos os insumos mais utilizados são: leite, frutas, carnes suína e ovina, sal, açúcar, ácido lácteo, coalho, hipoclorito de sódio, detergente neutro, detergente alcalino, detergente ácido, ácido peracético, bicarbonato de sódio. Na produção de produtos de higiene e limpeza: ácido sulfônico, lauril, amida, hidróxido de sódio, corante, essência, conservantes. Nos laboratórios de análise físico-química de alimentos: Ácido sulfúrico, ácido bórico, clorofórmio, hidróxido de sódio, ácido clorídrico, éter, hexano, nitrato de prata, metanol, entre outros. No laboratório de análise microbiologia de alimentos: diversos meios de cultura para bactérias, fungos e salmonela.
Tipo e quantidade de efluentes gerados no setor:	Efluentes domésticos e efluentes industriais; 7000 a 8000 L
Locais onde os efluentes são descartados:	Caixa d'água
Informações sobre a existência ou não de devido tratamento de tais efluentes:	Não.
Características dos efluentes:	Cor levemente leitosa, temperatura ambiente, inodora no momento do processamento, apresentando odores desagradável após 3 a 4 dias, apresentando pouco sólidos em suspensão.

Fonte: Autoria própria (2021).



Embora a produção de efluentes e gastos mensais de água no setor agroindustrial sejam elevados, estudos indicam que o aproveitamento de efluentes domésticos ou industriais, como fonte de adubação orgânica e de água para irrigação de culturas agrícolas pode favorecer o desenvolvimento da produção agrícola em caso de escassez de água (NOBREGA et al., 2017). Com isso, percebe-se que há potencial de reaproveitamento de tais efluentes.

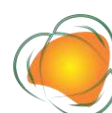
Os efluentes gerados nesse setor podem ser denominados efluentes domésticos e efluentes industriais, dessa maneira, o reaproveitamento desses resíduos para a produção agrícola seria uma alternativa de mitigar os impactos negativos que possam existir com relação a essa produção de efluentes. O reuso da água industrial pode trazer grandes melhoramentos econômicos relacionados ao aumento da área cultivada e da produtividade. Entretanto, o efluente agroindustrial não é recomendável para irrigação de algumas espécies de mudas como é o caso da goiabeira devido aos altos níveis de sódio e cloreto presentes nesses resíduos (NOBREGA et al., 2017).

O efluente agroindustrial também não é recomendado para a produção das mudas de gravioleira, pois apresentam teores elevados de sódio e cloreto que afetam negativamente o crescimento (AZEVEDO et al., 2019).

Contudo, embora nem sempre o reuso do efluente agroindustrial seja de grande valia para a produção agrícola se trata de um sistema com potencial inovador, ainda que não tenha muitas informações a respeito dos casos, não se sabe ao certo as ações positivas ou negativas da absorção desses nutrientes na planta, logo esse estudo tinha como objetivo avaliar o desempenho desses materiais em contato com as mudas. Segundo as informações prestadas no artigo o efluente utilizado para esse experimento foi desviado do setor de processamento de leite e derivados, no bloco de Agroindústria, IFPB - Campus Sousa, Paraíba.

Elaboração do projeto técnico para a proposição de protótipos para tratamento de efluentes gerados em setores do IFPB, campus - Sousa

Com base nos resultados encontrados na etapa anterior, a saber: “Diagnóstico dos geradores de efluentes no IFPB - Sousa”, foi indicada uma proposta de protótipo que se adequa para tratar os efluentes gerados na citada instituição, conforme pode ser observado na Figura 1.



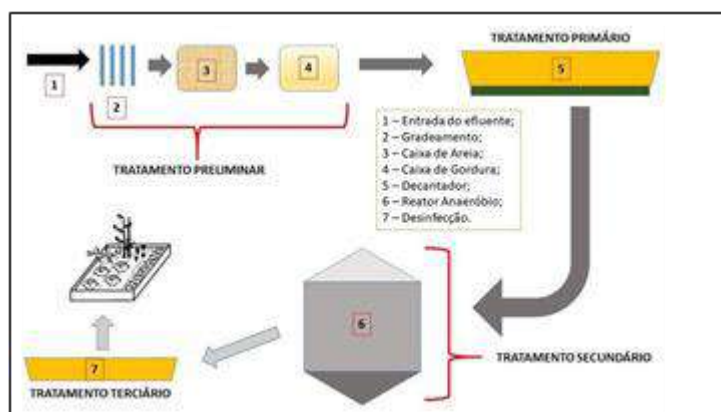


Figura 1. Protótipo proposto para ser implantado no IFPB/Sousa.

Fonte: Autoria própria (2021).

Como pode ser observado por meio da Figura 1, o tratamento proposto tem início com a entrada do efluente e, após isso, procedem-se as etapas de tratamento, conforme descrição a seguir:

Gradeamento: essa etapa de tratamento preliminar foi proposta visando a retirada de material grosseiro que possa compor o esgoto gerado na área de estudo. Segundo Silveira (2010), as grades podem ser divididas em duas principais: simples, para volumes pequenos e limpeza manual e a mecanizada onde os resíduos são removidos com rastelo através de trilhos até a limpeza final que ocorre de forma mecanizada.

Caixa de areia: A caixa de areia, também conhecida como desarenador, é uma estrutura que tem como função reter a areia, ou outro material pesado, presente no efluente que receberá tratamento. A sedimentação da areia no desarenador tem a função de proteger os equipamentos seguintes contra a ação abrasiva da areia, evitar a obstrução de tubulações, e facilitar o transporte do efluente (CAMARGO, 2017).

Caixa de gordura: As caixas de gordura são estruturas responsáveis pela captura de dejetos de cunho alimentício, elas previnem que esse material não entre em contato com o sistema hidráulico do tratamento de efluentes evitando dessa maneira a oclusão do sistema. Segundo Do Carmo e Carvalho (2019), o processo de tratamento físico-químico da caixa de gordura consiste na remoção das partículas sólidas presentes no efluente por meio da injeção de produtos químicos, chamados coagulantes, de forma a precipitá-las.

Decantador: Essa etapa foi sugerida tendo em vista a separação dos sólidos através da gravidade, de uso fundamental e indispensável no tratamento de efluentes. Nesse processo, os sólidos são sedimentados em seu fundo para que posteriormente possam ser removidos em forma de lodo, e assim. De acordo com o engenheiro químico Silveira (2010), o tratamento por

lodo ativado é um processo de tratamento biológico de efluentes destinado à remoção de poluentes orgânicos biodegradáveis.

Reator anaeróbico: Nesse caso, o tratamento de efluente a partir do reator anaeróbico é feito da seguinte forma: a estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo). Sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional de líquido e das bolhas de gás. Segundo as engenheiras agrícolas, Santana e Oliveira (2005), o bom desempenho dos reatores anaeróbios modernos, denominados avançados ou não-convencionais, é consequência da organização dos microrganismos anaeróbios e sua retenção no reator.

Desinfecção: Essa etapa é de grande importância para o tratamento de efluentes pois em seu processo ocorre a adição de produto químico sanitizante ao efluente líquido ou encaminhamento do mesmo a uma unidade com plantas macrófitas (aquáticas), removendo os vírus, bactérias e outros micro-organismos. Em concordância com o Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Lapolli et al. (2005), o objetivo principal da desinfecção é destruir os microrganismos enteropatogênicos, que podem estar presentes no efluente tratado, para tornar segura a água receptora de uso posterior.

310

CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste trabalho, percebeu-se que:

No IFPB/Sousa existem várias atividades, sobretudo de laboratórios, que geram efluentes com potencial de causar diversos impactos ambientais;

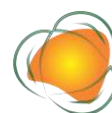
A literatura técnica aponta para importância de realizar sistemas de tratamento de efluentes, principalmente, quando se trata de efluentes com alto potencial poluidor;

O protótipo proposto será importante para iniciar os trabalhos relacionados ao tratamento de efluentes da instituição em estudo;

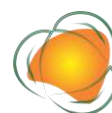
Por fim, sugere-se a continuidade dos estudos relacionados à temática ora abordada, visando o melhoramento e avanço dos resultados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, M. A. B.; ALMEIDA, R. S.; SILVA, G. O. C. Diagnóstico dos impactos ambientais provocados pelo lançamento de esgotos no Rio Piancó em Pombal - PB. Revista GeoSertões, v. 2, n.3, 2017.



- AZEVEDO, P. R. L. et al. Reuso da água e efluente agroindustrial na produção de mudas de gravioleira. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2019. 6p.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007, que estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Brasília, 2007. 35p.
- CAMARGO, R. G. Estudo de patologia em concreto armado e proposta de soluções: análise de caixa de areia no sistema de tratamento de efluentes em uma cooperativa de laticínios. 2017.
- CAMATTI, A. et al. As diferentes formas de tratar um efluente industrial. *Revista Tecnológica*, v.3, n.2, p.72-85, 2015.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apostila: Fundamentos do controle de poluição das águas. Turma 2. 2018.
- DO CARMO, J. C.; CARVALHO, F. R. Alternativas ao tratamento de efluentes de caixas de gordura. *ANAIS SIMPAC*, v. 10, n.1, 2019.
- FERREIRA, J. A. M. Tratamento de efluentes. 2003. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/met/images/arquivos/08MET/Palestras/tratamentoeffluents.pdf>.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. Trata Brasil, Saneamento é Saúde. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-e>. Acesso em: 10 de julho de 2020.
- LAPOLLI, F. R. et al. Desinfecção de efluentes sanitários através de dióxido de cloro. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, p.200-208, 2005.
- NÓBREGA, É. P.; DE ARRUDA SARMENTO, M. I.; DE MELO RODRIGUES, M. L. Desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira irrigadas com diferentes tipos de água. *Revista de Agroecologia no Semiárido*, v.1, n.2, p.01-09, 2017.
- OLIVEIRA, R. A. et al. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.263-267, 2000.
- SANTANA, A. M.; OLIVEIRA, R. A. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.25, p.817-830, 2005.
- SILVA, L. A. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo de estação compacta para tratamento de esgotos em unidades residenciais unifamiliares. Dissertação apresentada à Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2014. 191p.
- SILVEIRA, G. E. Sistemas de tratamento de efluentes industriais. 2010.



CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO BALNEÁRIO DAS ÁGUAS MINEIRAS NO MUNICÍPIO DE SANTA RITA-PB

Fábio Alves Pereira Filho¹
Gilcean Silva Alves²

¹Graduando em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB Campus João Pessoa – alves.fabio@academico.ifpb.edu.br

²Prof^ª. Dr^ª. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB – Campus Sousa – gilcean.alves@ifpb.edu.br

INTRODUÇÃO

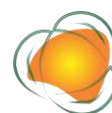
De acordo com a ANA (Agência Nacional de Águas, 2017), em termos de recursos hídricos, o Brasil é um dos países com maior quantidade de água doce do mundo, com cerca de 12% da disponibilidade total de água doce do planeta. Porém, essa disponibilidade não é uniforme no território nacional, o que demanda ações de gestão e planejamento para garantir o uso sustentável dos recursos hídricos em todo o país.

Segundo o plano de conjuntura de recursos hídricos (2021) da ANA, a maior parte da água disponível para consumo humano é encontrada no Brasil, essa grande reserva é proveniente das chuvas e da vazão das águas de outros territórios, boa parte desse recurso é encontrado na Bacia Amazônica. A sua distribuição ocorre de maneira desigual no território brasileiro.

No Brasil há uma grande ocorrência de rios perenes e intermitentes, isso deve em muito ao clima úmido que o país possui, além da grande quantidade de água. Eles também são em sua maioria do tipo pluvial, ou seja, seus níveis são determinados pela chuva e secas, e uma parte significativa deles desaguam no mar, além disso suas localizações no relevo favorecem a instalação de um bom número de usinas hidrelétricas.

O Rio Tibiri é um importante curso d'água localizado no município de Santa Rita, na Paraíba, e faz parte da sub-bacia do Rio Paraíba. Segundo o CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) em 2005 foi realizado mapeamento, o rio nasce na região da Corvoada,

312



próximo à ligação da Rodovia Estadual PB 016 com a BR-230, a partir de um conjunto de sete nascentes. Inicialmente, é conhecido como Riacho Tibiri ou Tibirizinho.

O rio atravessa uma área rural do município até desaguar na Lagoa Barriga Cheia e, posteriormente, no Açude Tibiri, também conhecido como Balneário das Águas Minerais ou simplesmente Açude. Após sua passagem pelo açude, o rio recebe a denominação de Rio Preto.

O Balneário das Águas Minerais é um ponto turístico localizado no município de Santa Rita, na Paraíba. O Balneário das Águas Minerais é formado pelo Açude Tibiri, que é alimentado pelo Rio Tibiri. O Açude Tibiri é um local cercado por uma área verde, e é bastante utilizado para atividades de lazer, como banho e pescaria. Além disso, o balneário conta com uma estrutura turística, áreas de lazer, banheiros e estacionamento. O local é bastante frequentado pelos moradores da região, principalmente em feriados, finais de semana e em eventos realizados pela prefeitura da cidade.

Objetiva-se então a relevância do estudo de caracterização do balneário e a verificação da qualidade da água nesse ambiente, visto que, a região é bastante frequentada, e uma possível contaminação oferece risco a saúde da população. É importante ressaltar que a preservação do Balneário das Águas Minerais é fundamental para garantir a qualidade e a continuidade do turismo na região.

313

METODOLOGIA

Área de estudo

O Balneário das Águas Minerais, popularmente conhecido como Açude, foi selecionado como local para a realização das análises microbiológicas. Ele está situado a jusante do Rio Tibiri, e está localizado no município de Santa Rita. O Balneário se encontra dentro da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e possui uma área de aproximadamente 41.136 m², o Rio Tibiri é o único e principal afluente do balneário. A Figura 1 exibe o mapa do Balneário, destacando a área delimitada para o estudo e a distribuição dos pontos de coleta de água. A pesquisa foi conduzida de forma estratégica, iniciando com a seleção dos pontos de coleta e avaliação por meio do programa Google Earth.

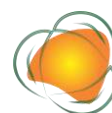




Figura 1. Mapa da Área de Estudo - Balneário das Águas Mineiras/PB. Fonte: Adaptado Google Earth (2023).

Pontos de coleta

Foram escolhidos pontos estratégicos localizados antes da entrada das águas na parte interna do balneário, que é a área mais frequentada pelos banhistas, e o segundo ponto foi delimitado na saída das águas do balneário em direção ao rio Preto.

O ponto A está localizado próximo à ponte do açude (Figura 2) e à região usada para fins recreativos, além de ser um local onde ocorre a lavagem de roupas, pelos moradores da região

314



Figura 2. (a e b) Imagens do Ponto de Coleta A Fonte: Acervo Pessoal (2022).

O Ponto B está situado em uma área afastada da região de banhos frequentada pelo público (Figura 4), no entanto, pessoas costumam passar por essa região com veículos aquáticos para fins recreativos. Ele está próximo a um banheiro público clandestino, que é bastante utilizado durante feriados e festividades.



Figura 3. (a e b) Imagem do Ponto de Coleta Fonte: Acervo Pessoal (2022).

Coletas de água

As amostras de água foram coletadas mensalmente no período da manhã, especificamente às segundas-feiras, das 6h às 7h. Cada ponto de coleta teve uma amostra coletada in natura, utilizando frascos de vidro esterilizados, que foram cuidadosamente acondicionados em uma caixa térmica de isopor, aproximadamente 250 ml de água foram coletados em cada ponto para a realização dos testes. Em seguida, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB, Campus João Pessoa.

A primeira excursão teve como objetivo o reconhecimento do local e a inspeção dos pontos de coleta de água. A coleta inicial foi realizada no dia 19 de setembro de 2022. A segunda coleta de amostras foi realizada em 17 de outubro de 2022. Já a terceira coleta de amostras foi realizada em 21 de novembro de 2022.

315

Análises de Água

Para realizar a análise microbiológica da qualidade da água do balneário, foi empregada a técnica de tubos múltiplos, seguindo o Manual Prático de Análise de Água, 4ª edição, da FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) de 2013. Essa abordagem utiliza a tabela de Número Mais Provável (NMP) para verificar a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Esses testes tiveram como objetivo identificar o nível de contaminação das águas da região. A categoria de qualidade da água será avaliada e classificada de acordo com Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, na Resolução do CONAMA nº 274/2000, art 2º;

§ 1o As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias: a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli*

ou 25 enterococos por 100 mililitros; b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;

c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

Foram utilizados três meios de cultura para os testes microbiológicos: Caldo Lactosado (CL) em concentração dupla e simples, Caldo Lactosado Verde Brilhante (VB) e meio EC (*Escherichia coli*). Os testes foram divididos em duas etapas: o Teste Presuntivo, realizado com o CL, e os Testes Conformativos, realizados com os caldos VB e EC.

Teste Presuntivo

Para o teste presuntivo, foi utilizado o meio de cultura Caldo Lactosado, tanto em concentração dupla como simples, em tubos de ensaio com tubos de Durham invertidos. No total, foram preparados 15 tubos de ensaio como visto na figura 4, divididos em grupos de 5. Os primeiros 5 tubos foram preenchidos com o Caldo Lactosado de concentração dupla e inoculados com 10 mL da amostra. Os outros 10 tubos foram preenchidos com o Caldo Lactosado simples, sendo 5 deles inoculados com 1 mL da amostra e os outros 5 com 0,1 mL. Em seguida, os tubos foram incubados em uma estufa a 35°C por 48 horas. As amostras que apresentaram turbidez, formação de bolhas e produção de gás foram consideradas positivas e avançaram para o teste confirmativo.



Figura 4. (a e b) Imagens do Teste Presuntivo Fonte: Acervo Pessoal (2022).

Testes Confirmativos

Os testes para a confirmação de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizados com base nos resultados positivos do teste presuntivo. Para isso, as amostras positivas foram retiradas usando uma alça de platina e inoculadas nos tubos contendo os meios de cultura VB e EC, vistos nas figuras 5 e 6. As amostras inoculadas no meio Verde Brilhante (VB) foram incubadas a 35°C por 48 horas. Para a confirmação dos coliformes termotolerantes, utilizou-se o meio EC, que foi incubado a 44°C por 24 horas. A presença de bolhas e turbidez nos tubos é considerada um resultado positivo para esses testes de confirmação.



Figura 5. Teste Confirmativo do meio EC Fonte: Acervo Pessoal (2022).



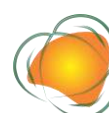
Figura 6. Teste Confirmativo do meio VB Fonte: Acervo Pessoal (2022).

317

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiro mês (setembro)

No ponto A, observou-se uma presença mínima de macrofitas e um ambiente mais limpo, sem a presença de resíduos sólidos. Já no ponto B, houve uma quantidade considerável de macrofitas em suas margens, e assim como o primeiro ponto, não foram encontrados resíduos sólidos na região, a figura 7 mostra os resultados obtidos nas análises de água.



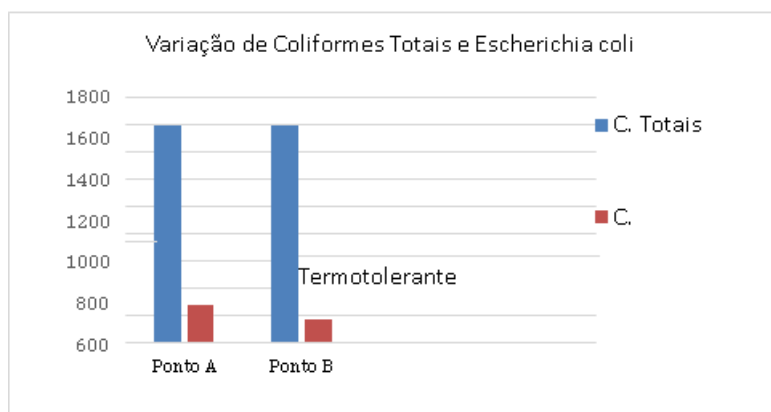


Figura 7. Gráfico da variação de coliformes totais e termotolerantes em amostras de água em NMP/100 ml, do Balneário das Águas Minerais, Santa Rita - PB (setembro de 2022).

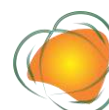
Em ambos os pontos de coleta, foi observada uma variação nos níveis de coliformes totais, apresentando valores acima de 1600 NMP/100 ml. No que se refere aos coliformes termotolerantes, os dois pontos exibiram variações distintas. O ponto A registrou o maior valor de NMP/100 ml, com 280, enquanto o ponto B apresentou um valor de 170 NMP/100 ml.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que estabelece os critérios de balneabilidade para a proteção da saúde e bem-estar humano, a avaliação da qualidade da água nos pontos de coleta A e B do Balneário pode ser considerada excelente. Isso se deve ao fato de que os valores de coliformes termotolerantes estão abaixo do limite permitido de 250 NMP/100 ml.

Esses resultados indicam que a água analisada atende aos padrões estabelecidos para garantir a segurança dos banhistas e usuários do local.

Segundo mês (outubro)

É relevante destacar que houve um aumento fluxo de pessoas frequentando a região e também uma maior presença de macrófitas ao redor do ponto A, assim como um aumento na quantidade de resíduos sólidos ao longo da margem do açude. Esse aumento na quantidade de pessoas no Balneário pode acarretar impactos significativos na qualidade da água e na preservação do ambiente, a figura 8 mostra os resultados obtidos nas análises de água.



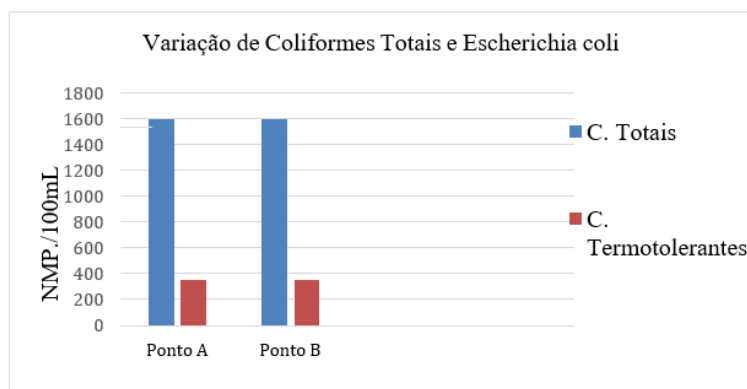


Figura 8. Gráfico da variação de coliformes totais e termotolerantes em amostras de água em NMP/100 ml, do Balneário das Águas Minerais, Santa Rita - PB (outubro de 2022).

Assim como no mês anterior, o resultado das duas amostragens realizadas nos pontos de coleta, foram observadas variações nos níveis de coliformes totais, apresentando valores acima de 1600 NMP/100 ml. Em relação aos coliformes termotolerantes, os dois pontos mostraram uma variação semelhante, com valores de 350 NMP/100 ml. Com base na Resolução CONAMA nº 274, utilizada como referência para classificar a qualidade da água do Balneário, sua qualidade foi classificada como "muito boa". No entanto, houve um aumento na presença de coliformes termotolerantes. De acordo com a Resolução, as águas com valores de até 500 NMP/100 ml podem ser categorizadas como "muito boa". Mesmo com sua qualidade caindo de categoria, esses resultados indicam que a água analisada ainda atende aos padrões estabelecidos para a segurança dos banhistas e usuários do local.

319

O aumento nos valores de NMP dos coliformes termotolerantes (fecais) pode indicar um crescimento na contaminação do Balneário por efluentes domésticos não tratados. É provável que um maior fluxo de pessoas no local seja uma das causas dessa alteração nos valores em comparação com o mês anterior. A presença de coliformes fecais na água pode representar um risco para a saúde humana, uma vez que esses organismos são indicadores da possível contaminação.

Terceiro mês (novembro)

Observou-se um aumento significativo no fluxo de pessoas em comparação ao mês de outubro, devido à ocorrência de festas e feriados na região. Além disso, no ponto A, constatou-se um aumento na presença de macrófitas e um acúmulo de resíduos sólidos tanto na água quanto em suas margens. Em novembro o ponto B também foi notado uma maior presença de

macrófitas na área de coleta. Pode-se ver a diferença no ponto A na figura 9 em comparação a figura 2, e do ponto B comparando a figura 10 a figura 3.



Figura 9. Imagem do ponto de coleta A em novembro de 2022. Fonte: Acervo Pessoal (2022).



Figura 10. Imagem do ponto de coleta B em novembro de 2022. Fonte: Acervo Pessoal (2022).

Os resultados obtidos nas análises de água podem ser vistos na figura 11.

320

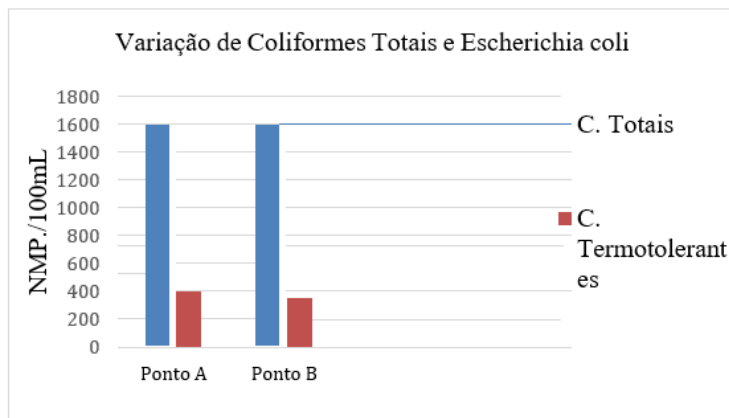


Figura 11. Gráfico da variação de coliformes totais e termotolerantes em amostras de água em NMP/100 ml, do Balneário das Águas Minerais, Santa Rita - PB (novembro de 2022).

A terceira análise apresentou resultados semelhantes ao mês anterior, com variações de coliformes totais acima de 1600 NMP/100ml e 350 NMP/100ml para coliformes fecais (termotolerantes). Esses valores mantêm a classificação de qualidade da água como "muito boa", de acordo com os critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº 270. A manutenção desses padrões é um indicativo positivo da qualidade da água no balneário, proporcionando

segurança e bem-estar aos frequentadores. É importante continuar monitorando e adotando medidas de preservação ambiental para garantir a sustentabilidade desse recurso hídrico e a saúde daqueles que desfrutam desse espaço de lazer. O despejo de resíduos sólidos por parte dos turistas e moradores, é um comportamento irresponsável da população em relação à região, causando impactos negativos. É fundamental que as pessoas saibam sobre a importância da preservação ambiental e do descarte adequado dos resíduos, a fim de mitigar a poluição do Balneário e manter a qualidade da água. As figuras 12 e 13 mostram o descuido por parte da população que frequenta o Balneário.

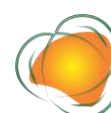


Figura 12. Ponte do açude próximo ao ponto de coleta A em novembro de 2022. Fonte: Acervo Pessoal (2022).



Figura 13. Margens do Balneário próximo a ponto A em novembro de 2022. Fonte: Acervo Pessoal (2022).

O balneário é um ponto turístico popular na cidade de Santa Rita, atraindo um grande fluxo de pessoas, especialmente nos finais de semana, feriados e festividades locais. No local, há estabelecimentos comerciais, como bares e locais de venda de alimentos e bebidas. Além disso, existem pescadores e pessoas que utilizam o local para lavagem de roupas. Esses fatores podem contribuir para os impactos no corpo hídrico, juntamente com o lançamento de efluentes sem tratamento adequado.



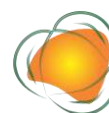
CONCLUSÕES

As análises de água mostram que o Balneário apresenta uma variação de contaminação por coliformes termotolerantes maior em períodos festivos, assim como um aumento na presença de macrófitas em alguns pontos da região. Esses resultados confirmam que a área alvo do estudo recebe uma maior descarga de contaminantes pelos visitantes, alterando a qualidade das águas do local.

Mesmo que o Balneário se encontre entre as categorias "Excelente" e "Muito Boa", é necessária atenção nos níveis de impactos, tendo em vista o risco que esses coliformes apresentam para a saúde humana e o ecossistema da região. Portanto, é necessário um constante monitoramento no Balneário, além da implementação de políticas no combate à degradação do Balneário, como o controle e fiscalização das atividades comerciais e recreativas nos balneários e a implementação de sistemas de tratamento de esgoto e saneamento básico adequados nas áreas próximas, a fim de evitar as doenças de veiculação hídrica, o desgaste ambiental da região e evitar prejudicar o fornecimento de água aos moradores locais.

REFERÊNCIAS

- ANE. Água, 2021. Disponível em: <https://ane.com.br/wp-content/cache/all/agua/>. Acesso em: 04/07/2022.
- CPRM. Diagnostico do município de Santa Rita – PB, mapas de ponto d'água. Recife: CPRM, 2005.
- ANA. Atlas Esgotos: Despolição de Bacias Hidrográficas – Sistema existente, 2017. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/Para%C3%ADba/Sistema_Atual/Santa_Rita.pdf. Acesso em: 11 de julho de 2022.
- FUNASA. Manual Prático de Análise de Água (4ª edição). Brasília, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. Resolução nº 274, 29 de novembro de 2000. Ministério do Meio Ambiente.



A PRODUÇÃO DO ABACAXI NA CIDADE DE ARAÇAGI/PB: OLHARES AMBIENTAIS

Marília Damacena Lopes¹

Gilcean Silva Alves²

Aroldo Santos de Araújo³

Fernanda Carolina Monteiro Ismael⁴

¹Gestora Ambiental pelo IFPB, biopb@hotmail.com

²Biólogo pela UFPB, Professor Dr. IFPB, gilcean.alves@ifpb.edu.br

³Gestor Ambiental pelo IFPB, aroldo.santos@academico.ifpb.edu.br

⁴Engenheira ambiental pela UFCG, Professora do IFPB, fernada.ismael@ifpb.edu.br

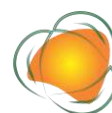
INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, com o surgimento das primeiras civilizações, foram surgindo técnicas para suprirem as necessidades humanas e garantirem a sua sobrevivência, a agricultura foi um método encontrado para a obtenção desses alimentos, também uma forma das civilizações avançarem economicamente.

A prática da agricultura foi e é de suma importância para o desenvolvimento econômico de várias partes do planeta, que com o passar dos anos foi se aprimorando a cerca do desenvolvimento e avanço tecnológico. Entretanto, ela tem suas desvantagens quando é praticada de forma inadequada, podendo acarretar sérios danos muitas vezes quase irreparáveis para a natureza como o desmatamento para o plantio, uso da água para irrigação, assoreamento dos rios, contaminação das águas e solos com fertilizantes e agrotóxicos.

Em casos, o uso de sementes transgênicas na agricultura vem acarretando também alguns problemas ambientais, segundo pesquisas já realizadas em caráter desta prática em algumas regiões vem ocorrendo a perda da biodiversidade, problema este socioambiental que tende a gerar uma padronização nos hábitos de certos povos, infelizmente de forma negativa, além de deixar a cegas os efeitos a longo prazo no ecossistema, onde geralmente ocorre o desaparecimento de algumas espécies, causando assim algum tipo de desequilíbrio ambiental. No Brasil, a produção agrícola é uma das principais responsáveis pelos valores na balança comercial do país, de acordo com dados do SRI/Mapa (2017), embora componha pouco mais

323



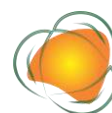
de 5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, atualmente, é responsável por quase R\$100 bilhões em volume de exportações em conjunto com a pecuária.

Abacaxi (*Ananas comosus*), fruto tropical, pertencente à família Bromeliaceae, caracterizados como não climatéricos, apresentando cerca de 2.700 espécies, distribuídas em 56 gêneros. É um fruto proveniente do abacaxizeiro, planta monocotiledônea e herbácea, a qual é conhecida e apreciada por todo o mundo, por suas vantagens particulares como vitaminas e proteínas, seu aroma e sabor, apresentando também um baixo teor calórico. Além de diversos benefícios à saúde humana e a geração de renda, a cultura do abacaxi é responsável também pelo acesso e a fixação do homem no espaço rural, realizando atividades produtivas em estabelecimentos rurais, que na maioria, pertence a agricultores de base familiar (EMBRAPA, 2013).

O abacaxi é um fruto tropical, proveniente do abacaxizeiro. Este fruto vem se destacando como um dos principais frutos cultivados no Brasil. Segundo dados do IBGE (2017), o Brasil produziu cerca de 1.704.403 milhões de frutos de abacaxi, nesse ano o percentual da distribuição da produção 11 por região foi relacionada da seguinte forma: Nordeste (32,20%), Sudeste (27,70%), Norte (33,50%), Centro-Oeste (5,70%) e Sul (0,90%).

No estado da Paraíba, o cultivo do abacaxi é bastante desenvolvido, estando na lista dos principais estados produtores do Brasil, em 2020 a produção paraibana de abacaxi foi de cerca de R\$ 318,9 milhões, sendo o segundo maior do país e representando, aproximadamente, 46,3% do valor total da produção do Nordeste e 13,6% do brasileiro. Conforme o portal G1 <https://g1.globo.com/pb/paraiba/09/22>, em 2020 a cidade de Araçagi no estado da Paraíba, ficou entre os grandes produtores da região, com 60 milhões de produção do abacaxi. Existe um número significativo de pessoas que vivem na área rural da cidade, estes se destacam entre agricultores de pequeno e médio porte, que juntamente com suas famílias sobrevivem a partir da agropecuária, fator esse que é responsável por boa parte da economia da cidade, voltada para a exportação, em especial para os centros e feiras da região nordeste e também para o sudeste brasileiro.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Consórcio Nordeste que é uma iniciativa criada para potencializar o desenvolvimento dos estados da região, em 2023, segundo o PIB, a agropecuária ocupa 5,6% do estado da Paraíba, tendo atualmente como principais cultivos o arroz, o feijão, o café, a mandioca, milho, a castanha de caju, a pimenta do reino, o sisal, o abacaxi e em destaque a cana-de-açúcar. Na fruticultura, destaca-se o côco, manga, laranja, limão e mamão. Na pecuária, a criação de gado bovino, a avicultura e a caprinocultura.



Na atualidade, muito se discute sobre questões ambientais, principalmente sobre os impactos ocasionados pela ação antrópica e suas consequências. No cultivo do abacaxi não é diferente, quando realizado de forma inadequada acaba acarretando sérios danos para o meio ambiente. Dentre as várias formas de produção do abacaxi, uma bastante utilizada é a do uso constante de agrotóxicos, que favorece o controle de pragas, entretanto, esses produtos químicos não atingem apenas a área cultivada, muitas vezes quando chove ou mesmo durante a irrigação, estes produtos são levados pela água contribuindo para as contaminações humanas e ambientais, grande parte desses produtos adentram as camadas mais profundas do solo, nas águas superficiais e subterrâneas, contaminando-as.

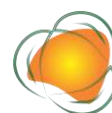
As consequências que os produtos químicos causam são enormes, atingindo todos em sua escala de utilização, desde sua aplicação nos alimentos até as pessoas que os consomem. É considerável que boa parte da degradação dos solos e da água, além da diminuição da biodiversidade são consequências do uso do agrotóxico.

Dessa forma, o nosso trabalho objetivou analisar os principais impactos ambientais ocasionadas pelo cultivo do abacaxi na cidade de Araçagi-PB.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi adotado para início do estudo como base a pesquisa bibliográfica, realizada a partir de levantamentos de dados em livros, artigos, entre outros trabalhos como teses e monografias. De acordo com Boccato (2006), a pesquisa bibliográfica busca o levantamento e a análise dos documentos já existentes sobre o tema a ser pesquisado com o objetivo de atualizar, desenvolver o conhecimento, além de contribuir para a realização da pesquisa. Foram usadas também para a construção deste trabalho informações que foram obtidas em sites oficiais na internet, buscando notícias, referências e experiências relacionadas à temática que foi abordada. Foram também utilizadas pesquisas informais e exploratórias. Estes tipos de pesquisas consistem na observação dos fatos, do ambiente, investigando o determinado problema, compreendendo o tema abordado através dos resultados encontrados e observados, buscando explicar de forma clara e objetivo.

Também, foi orientado a equipe pesquisadora uma busca em plataforma digitais e acervos bibliográficos por artigos já conhecidos na literatura; para que fosse feita uma análise de procedimentos e metodologias dos mesmos, e já se ter a noção previa de resultados esperado.



Foram utilizadas referências bibliográficas estudadas e pesquisadas com o apoio pedagógico do professor orientador que conduz esse projeto, assim, 7 referências foram utilizadas para a construção dos referenciais teóricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Produção de abacaxi em Araçagi/PB Na Paraíba, a abacaxicultura está distribuída em algumas principais sub-regiões, entre as quais estão inclusas: o Litoral Sul, o Litoral Norte, Sapé, 16 Guarabira e João Pessoa. As sub-regiões do Litoral Norte, de João Pessoa e Guarabira. A cidade de Araçagi, localizada na região do Agreste no estado da Paraíba, conta com uma população estimada em aproximadamente 17.000 habitantes, tem como base econômica a agropecuária, se encontrando entre as cidades da sua região, que mais produzem abacaxi.

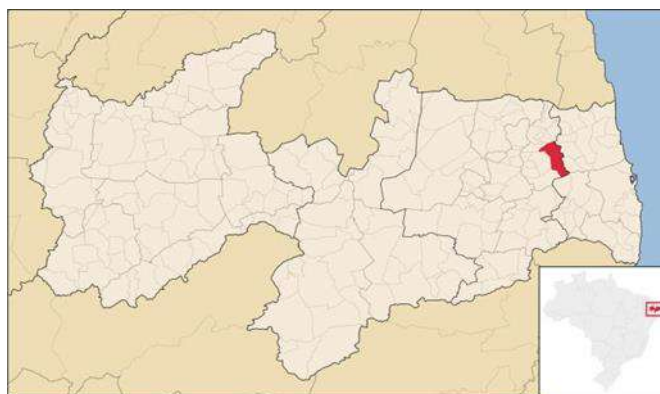
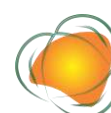


Figura 3. Localização da cidade de Araçagi, mapa da Paraíba.

Segundo o IBGE (2020), o estado da Paraíba obteve a menor produção de abacaxi, em 10 anos, no entanto, mesmo com essa baixa o estado permaneceu como o 2º estado, maior produtor no Brasil, ficando atrás apenas do Pará, com uma produção totalizada em R\$318,9 milhões, aproximadamente, 46,3% do valor total do Nordeste e 13,6% em relação a produção brasileira.

De acordo com o produtor Evaldo Santos, em entrevista ao G1 Paraíba (2015), o abacaxi cultivado em Araçagi é muito bem aceito em outros mercados como Fortaleza, Garanhuns, Belo Horizonte e Porto Alegre. "Ele é mais doce e tem mais durabilidade que os outros. O nosso abacaxi passa oito dias e continua do mesmo jeito", diz. Evaldo é sócio de Tarcísio Martiniano, que cresceu em meio ao cultivo do abacaxi, os dois têm 220 hectares destinados à produção. Desse total, cerca de 50 hectares são irrigados todos os dias e, por isso, a produção de lá é diária. Ainda conforme os agricultores, do mês de dezembro a meados do



mês de março, é o melhor período para a plantação das mudas do abacaxizeiro, já que é a época que antecede o período das chuvas.

Na cidade, com o aumento dos plantios atualmente, são muitos relatos de áreas que foram desmatadas. Durante as visitas feitas a área de plantio na região e em conversa com moradores locais, é perceptível a mudança em vários aspectos, dentre dois meses uma área foi preparada para receber uma plantação de abacaxi, tendo a derrubada de algumas árvores e até escavação de valas que levam a água direto para o rio que passa bem ao lado do local.

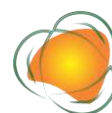
Em alguns relatos também estava presente a forma como eles utilizaram o agrotóxico durante o processo do cultivo do fruto, de forma indevida, afetando assim o rio perceptivelmente a olho nu. Conforme a figura 2, abaixo. Nesta figura é possível observar o plantio do abacaxi, em uma área recém-plantada, onde antes existia outra vegetação como árvores nativas, localizado perto do rio, de moradias, e também de uma estrada utilizada pela população para acessar a localidade, que tem a presença de muitos sítios, outras plantações e criações de animais.



Figura 3. Plantação de abacaxi nas proximidades do Pedra do boi.

A utilização de agrotóxico no cultivo do Abacaxi O tempo foi passando e o ser humano vem buscando meios dentro da agricultura que aceleram o processo daquele cultivo, o que não foi diferente ao se tratar da produção do abacaxi tendo em vista que seu cultivo natural desde a plantação até a colheita pode levar um tempo em torno de 2 anos.

O lema de muitos agricultores ao decorrer dos anos tem sido de produzir muito, não importando que seja de uma forma saudável, pois quanto mais produz mais eles faturam ao final de cada mês. É possível perceber que o agronegócio hoje é totalmente dependente do uso de agrotóxicos, tentando assim fazer da natureza uma indústria, esgotando os seus recursos



naturais como o solo e a água. O impacto causado pelo uso de agrotóxicos, já pode ser sentida na mesma da sociedade e não só no meio onde estes cultivos acontecem.

Na produção do abacaxi, o agrotóxico é usado no controle de ervas daninhas, no combate de possíveis doenças, além de evitar o surgimento de algumas pragas. Muitos estudos já comprovaram, que em algumas regiões eles chegam a utilizar cerca de 4 a 6 tipos diferentes de agrotóxicos na plantação, estes tipos são classificados por categorias de acordo com sua toxicologia, definidos a partir de estudos toxicológicos nos produtos. Geralmente os usados no cultivo do abacaxi são os de categoria II, produto este classificado de acordo com o órgão de controle do Ministério da saúde (ANVISA), como altamente tóxico, caracterizado pela faixa amarela. Consequentemente são considerados de alta periculosidade ambiental, ou seja, são muitos perigosos ao meio ambiente, causando um impacto de forma direta o solo, atingindo muitas das vezes águas subterrâneas. Esses agrotóxicos são considerados como já disposto por muitos pesquisadores, altamente tóxicos para a fauna, de forma particular, principalmente aves e abelhas.

Tipos utilizados no cultivo do abacaxi- Dentre os tipos de agrotóxicos, os mais utilizados no plantio do abacaxi são os inseticidas, herbicidas e os fungicidas, que têm como função prevenir o surgimento de insetos, ervas e plantas daninhas, e fungos. Eles podem ter origem química ou biológica.

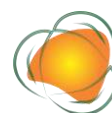
328

Durante a pesquisa com agricultores locais, foi relatado que a compra desses produtos são realizados em lojas locais ou em cidades vizinhas, que o acompanhamento na compra é dado pelos próprios vendedores e até mesmo por outros colegas de profissão. Entre os utilizados no plantio, o que se destaca entre os agricultores é o Metrimex, usado no combate de ervas e plantas daninhas. Outro foi o Lannate, que é usado para combater pragas nas plantações.

- Inseticidas Composto por fosfato de alumínio e arsenato de cálcio, este tipo de agrotóxico é usado para o controle de insetos e pragas das plantações. Exemplos: Lannate, Aldrin, Carbofuran.

- Herbicidas Composto por arsenito de sódio e cloreto de sódio, é utilizado para controlar as plantas que são consideradas como danosas para as plantações. Exemplos: Metrimex, Profan, Diquat.

- Fungicidas Composto por acetato de fenilmercúrio e também ciclohexamida, são usados no controle de fungos que crescem nos locais dos plantios. Exemplos: Flutriafol, Mancozeb.



Impactos ambientais em Araçagi

No município de Araçagi, estes problemas vêm crescendo ao decorrer dos anos e ficando cada vez mais visíveis as consequências ocasionadas pelo mau uso das técnicas por parte dos produtores agrícolas, como a poluição do rio existente na localidade, a perda da fertilidade do solo em algumas regiões, além da morte e sumiço das abelhas como relatam os moradores locais, além da perda de vegetação nativa.

O rio Araçagi que atravessa a cidade de Araçagi é responsável tanto pelo abastecimento local quanto também pelos municípios vizinhos, além de ser utilizado para a prática da pesca e da irrigação das lavouras pelos agricultores desde longas décadas. Atualmente é perceptível o assoreamento do mesmo, além da poluição existe pela coloração da água e a perda dos peixes, em determinadas localidades pela falta do saneamento básico, esgotos domésticos são despejados no rio, causando o incômodo nas residências pelo mau cheiro e o surgimento de algumas pragas como a mosca, podendo gerar sérios danos à saúde da população como mostrado na imagem abaixo (Figura 3).



Figura 3. Rio Araçagi.

O plantio se localiza na zona rural da cidade, próximo ao rio, numa região conhecida pela população local como “rio ou barragem do curtume”, onde é possível observar uma vala feita pelos próprios produtores, que através da mesma o esgoto que já era existente no local, antes mesmo da atual plantação, sejam levados diretamente para o rio.

Levantamento de dados

Tabela 1. Quantitativo de áreas utilizadas no plantio do abacaxi

Área plantada de abacaxi	Hectares (ha)
Brasil	65.049
Nordeste	21.153
Paraíba	9.055
Agreste Paraibano	2.655
Araçagi (pb)	1.650

Fonte: IBGE (2020).

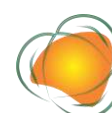
Como apresentado na tabela acima, a cidade de Araçagi no ano de 2020 de acordo com dados do IBGE, comparado a região e o país em que ela se localiza, a cidade possui de seu território total, 1.650ha dedicados à plantação do abacaxi. E como pode-se observar na tabela abaixo, comparados a anos anteriores, vem ocorrendo altas e baixas no cultivo do fruto na cidade. Em relação ao ano de 2017, no ano de 2020 houve uma baixa considerável em relação a áreas plantadas.

Tabela 2. Quantitativo de áreas plantadas de abacaxi nos últimos 10 anos

Área plantada de abacaxi (ano) Município- Araçagi (PB)	Hectares (ha)
2010	1.620
2011	1.420
2012/2013	1.800
2014/2015	2.200
2016	1.740
2017	3.500
2018/2019	1.600

Fonte: IBGE (2020).

Segundo relatos de moradores locais atualmente, é possível observar na zona rural, ao redor do centro da cidade, onde se concentram boa parte das terras destinadas às plantações dos produtores locais mais conhecidos, que houve um aumento considerável na produção do fruto e consequentemente, foi necessário a expansão das terras para acompanhar este crescimento. Com isso, houve desmatamento em algumas regiões, tendo a retirada da vegetação nativa que ali ainda era existente. Em algumas regiões, existe também o relato por parte dos moradores, que como consequência pela retirada dessa vegetação, vem ocorrendo o afastamento de aves que eram vistas com frequência e também de algumas espécies de mamíferos, tendo casos até da aproximação dessas espécies às moradias locais.



Uma preocupação constante por parte dos moradores, principalmente aqueles que têm suas residências próximas ao rio, é devido a contaminação das águas pelo uso de agrotóxicos utilizados nessas lavouras de abacaxi, perceptível a olho nu pela coloração e a escassez dos peixes. Devido a fortes chuvas recentes na região, o rio encheu, fazendo com que as águas chegassem em grande quantidade na barragem da cidade, e segundo relatos de pescadores, nessa cheia do rio, desceram na água muitos camarões e alguns peixes mortos e com uma coloração duvidosa, que acreditam ser causada pelo uso de agrotóxicos em plantações localizadas próximas ao rio. Todavia, nada foi comprovado.

A abelha é uma espécie importante para o equilíbrio ambiental e de alta importância agrícola, elas são as responsáveis pela polinização. As abelhas ainda contribuem em boa parte da produção agrícola mundial. Em torno disso, na zona rural da cidade alguns agricultores vêm observando o afastamento dessa espécie, além de relatos de morte em algumas regiões da mesma, principalmente naquelas localidades onde há o uso de produtos químicos nas plantações.

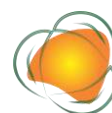
Cultivo sustentável do abacaxi

Ao decorrer dos anos estudos foram feitos, onde foi concluído que existem várias formas sustentáveis para se cultivar o abacaxi sem uso de agrotóxicos, com práticas que não afetem de forma bruta e direta o meio ambiente, vistas assim como lucrativas para os produtores.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), é responsável por fornecer soluções de pesquisas, desenvolvimento e também inovação para a sustentabilidade da agricultura. Disponibilizando através de seus sites, livros e cursos, maneiras para um cultivo mais sustentável.

Segundo especialistas da Embrapa, para um cultivo mais sustentável do abacaxi, é necessário plantar as mudas na época indicada, início do período de chuvas. O solo deve ser bem cuidado e adubado, o abacaxi é um fruto que responde bem ao adubo orgânico, então com essa prática, ocorre uma melhora considerável na capacidade de retenção de água e também de nutrientes no solo.

Cuidar da plantação nos primeiros dias do plantio é crucial e de extrema importância, pois evita problemas futuros. Com isso é possível fazer um controle com mais atenção das plantas daninhas, onde uma simples enxada poderá resolver, porém será preciso ter cuidado para não ferir as mudas e assim não facilitar a entrada nelas de agentes causadores de



doenças, se caso ocorra o surgimento de pragas ou doenças, uma receita natural é uma ótima opção. A receita natural foi criada com o intuito de evitar o uso de agrotóxicos no combate de pragas e doenças que venham a aparecer no plantio, surgiu visando utilizar os recursos que o próprio meio ambiente nos entrega.

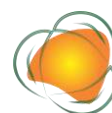
O Manejo Integrado de Pragas (MIP), no qual é um plano com medidas voltadas para diminuir o uso de agrotóxicos, buscando assim promover um equilíbrio entre as plantas, também é uma ótima alternativa. O monitoramento é essencial durante a prática de todo o processo, pois é através do mesmo que será possível adotar medidas menos agressivas ao ambiente, medindo assim o uso racional dos agrotóxicos, reduzindo consequentemente os impactos na fauna e flora local, possibilitando a melhoria na qualidade dos frutos que serão produzidos e também a preservação ambiental.

CONCLUSÕES

A produção de abacaxi em Araçagi-PB, é uma das maiores fontes de renda para a economia local atualmente. Ao decorrer dos últimos anos foi visível o crescimento ao redor da cidade, em hectares de produção e também na exportação do fruto para outras regiões. Com o crescimento da produção do fruto, houve também o aumento do uso de agrotóxicos nas plantações. Por consequência desse ato, feito de forma incorreta, a degradação ambiental se fez presente e está cada vez mais visível com o passar do tempo.

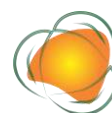
Ao decorrer do trabalho depois de uma análise detalhada sobre o cultivo de abacaxi na região, foi concluído que com o uso do agrotóxico para o combate de pragas e ervas daninhas, os danos ambientais aumentaram e alguns já são sentidos e vistos pelos moradores. Dentre os impactos encontrados durante a realização desta pesquisa, estão a poluição do rio que atravessa a cidade, o desaparecimento de algumas espécies de animais, e também o desmatamento em algumas regiões. Que até então, nada vem sendo feito para desacelerar estes impactos.

A partir dos resultados encontrados com essa pesquisa, e uma análise dos problemas encontrados, foi visto que é possível uma mudança de realidade para a cidade de Araçagi em respeito a produção do abacaxi local e também na realidade atual da questão ambiental na cidade.



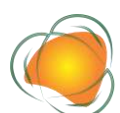
REFERÊNCIAS

- Abacaxi. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Coleção 500 perguntas 500 respostas. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Brasília, 2013.
- ARAÚJO, V. L. Produção, fisiologia e qualidade do abacaxizeiro (Ananas comosus L. var. comosus) cv. BRS Imperial sob relações K/N no litoral da Paraíba. 137f. Tese (Doutorado). Curso de Doutorado em Agronomia. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2018.
- Como plantar abacaxi. ABC da Agricultura Familiar. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2006.
- CORREIO, Portal. A Paraíba fechou 2020 com a menor produção de abacaxi em 10 anos: apesar disso, o estado permanece como segundo maior produtor do país, segundo dados do IBGE. 2021. Disponível em: [https://portalcorreio.com.br/paraiba-fechou-2020-com-a-menor-producao-de-abacaxi-em-10-anos/\(IBGE\)](https://portalcorreio.com.br/paraiba-fechou-2020-com-a-menor-producao-de-abacaxi-em-10-anos/(IBGE)). Acesso em: 02 fev. 2022.
- EMBRAPA. Abacaxi. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/abacaxi>. Acesso em: 14 maio de 2022.
- GUIMARÃES, A. R. O uso de agrotóxicos e suas implicações nas lavouras de abacaxi no município de Monte Alegre de Minas (MG)1. Espaço em Revista, v.15, n.2, p.46-60, 2013.
- IBGE. SIDRA: produção agrícola municipal. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457>. Acesso em: 20 maio 2022.
- PAIM, I. N. S. O estado da Paraíba é considerado um dos mais bonitos do país. Com praias paradisíacas, o estado tem no setor de Turismo uma de suas pilastras econômicas. 2023. Disponível em: <http://www.consorcionordeste-ne.com.br/conheca-paraiba>. Acesso em: 26 jun. 2023.
- PENA, R. F. Alves. Agricultura no Brasil atual: atualmente, a agricultura no Brasil é marcada pelo processo de mecanização e expansão das atividades em direção à região norte. Disponível em: <http://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agricultura-no-brasil-atual.htm>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- PB, G1. Cidade do interior da Paraíba é destaque na produção de abacaxi: Araçagi é a terceira cidade com maior produção da fruta no estado, o abacaxi é vendido para cidades como Belo Horizonte e Porto Alegre. 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2015/03/cidade-do-interior-da-paraiba-e-destaque-na-producao-de-abacaxi.html>. Acesso em: 02 fev. 2022.



PB, Portal G1. PB tem menor produção de abacaxi em 10 anos, mas permanece como 2º maior produtor do país, segundo IBGE: em 2020, o valor da produção paraibana de abacaxi foi de cerca de R\$318,9 milhões. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2021/09/22/pb--pais-segundo-ibge.ght ml>. Acesso em: 02 fev. 2022.

SANTOS, H. V. dos. Expansão urbana e aspectos socioeconômicos da cidade de Araçagi/PB. 32f. TCC (Graduação). Curso de Geografia. Universidade Estadual da Paraíba. Guarabira, 2017.



PRODUÇÃO DE MUDAS DE MORINGA OLEIFERA LAM. SOB DIFERENTES PROPORÇÕES E ADUBOS ORGÂNICOS

Wanderson Dias Sarmiento¹

Eliane Queiroga de Oliveira²

Weliton Carlos de Andrade³

Joserlan Nonato Moreira⁴

Gilcean Silva Alves⁵

Hugo Vieira⁶

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB – Campus Sousa -

²Prof.^a Dr.^a. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB – Campus Sousa

³Dr. Ciências Agrárias, Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional – CNPq/Fapesq/IFPB – Campus Sousa – welitonca@gmail.com

⁴Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB – Campus Sousa

⁵Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB – Campus Sousa – gilcean.alves@ifpb.edu.br

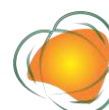
⁶Prof. M Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB – Campus Sousa

335

INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro tem predominância do bioma Caatinga, com endemismo brasileiro, onde predomina um clima com elevadas temperaturas e baixas precipitações (média de 800 mm de precipitação/ano). Essas características dificultam as atividades agropecuárias e, consequentemente a permanência das famílias em áreas rurais na região (SILVA et al., 2004). Estas famílias vivem da agricultura e da pecuária, dependendo majoritariamente das atividades agropecuárias para seu sustento.

A moringa (*Moringa oleifera* Lam.) é uma árvore de origem asiática, pertencente a família Moringaceae, e tem sido considerada como o milagre da natureza, devido as suas mais variadas utilidades (HAMZA & AZMACH, 2017). Nesse sentido, a moringa pode ser uma alternativa para o Semiárido do Nordeste, visto que pode ser utilizada pela agricultura familiar, como fonte de suplemento alimentar, pelo seu alto valor nutritivo (KINUPP & LORENZI, 2014; SÁNCHEZ-PEÑA et al., 2015; ANDRADE et al., 2020), e na produção de forragem para a alimentação animal, devido a seu alto teor proteico, aminoácidos essenciais,



sua elevada taxa de crescimento, boa produção de fitomassa, facilidade com o seu manejo, e sua elevada capacidade de rebrota (FARIAS et al., 2008). Além disso, apresenta cultivo fácil, baixo custo de produção, alto rendimento e uma boa adaptação ao clima semiárido (MONTEIRO, 2007).

A produção de mudas de *M. oleifera* é uma tecnologia ainda pouco conhecida. O tipo de substrato pode afetar a germinação e o desenvolvimento das plântulas e a sua escolha deve ser feita em função das exigências da semente em relação ao seu tamanho e formato (BEZERRA et al., 2004). Plantas, cultivadas em solos adubados com matéria orgânica são mais resistentes às pragas e às doenças por dois motivos principais: estão nutricionalmente equilibradas porque recebem todos os nutrientes que necessitam, tanto macro como micronutrientes; a atividade biológica produz diversas outras substâncias, inclusive antibióticos, que protegem as plantas dos microrganismos que causam doenças (PENTEADO, 2007).

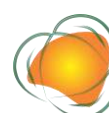
Estudos a respeito dos tratos culturais da moringa ainda são escassos, principalmente por se tratar de um cultivo recente no Brasil, havendo a necessidade de pesquisas voltadas para a sua propagação. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produção e o desempenho de mudas de *M. oleifera* sob diferentes proporções e adubos orgânicos, uma vez que a nutrição e saúde das plantas são uns dos principais fatos para produção de mudas de qualidade.

336

METODOLOGIA

Localização e Condições Climáticas

O estudo experimental foi realizado entres os meses de setembro a novembro de 2022, no setor do viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) - Campus Sousa, unidade localizada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, no alto Sertão Paraibano, tendo a área experimental localizada entras as coordenadas geográficas 6°46' 30" de latitude Sul, 38° 17' 38" de longitude Oeste, com aproximadamente 230 metros de altitude (figura 1).



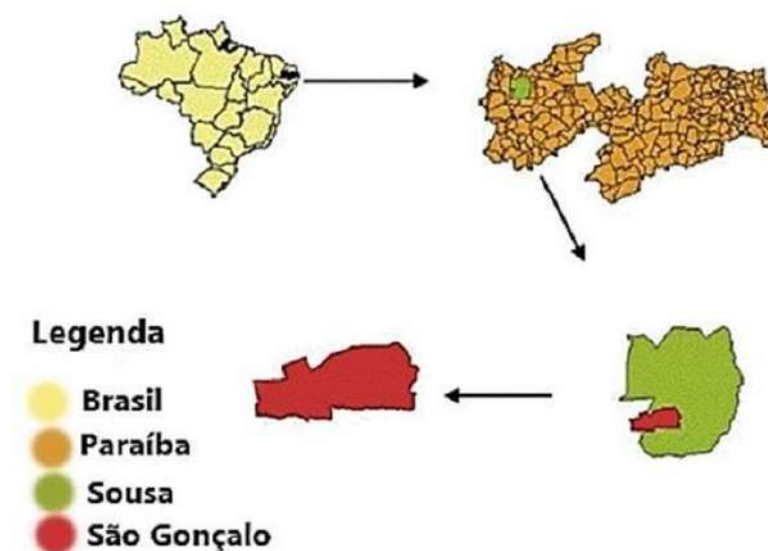


Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

Fonte: Adaptado de Silva Neto et al. (2012).

De acordo com dados catalogados semanalmente no interior do viveiro de mudas, durante o período de execução do experimento foi registrado com a utilização de um medidor portátil da marca Traceable® (Hygrometer/Thermometer with recorder output instructions), a temperatura máxima (T. max.) foi 33,3°C e a mínima (T. min.) de 28°C, com relação a umidade relativa do ar (UR%), a média foi de 46%, (Figura 2).

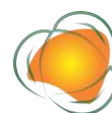
337

Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), composto por 10 tratamentos, constituídos das seguintes proporções: T1 (testemunha: 100% areia); T2 (70% de areia + 30% de esterco bovino); T3 (55% de areia + 45% de esterco bovino); T4 (40% de areia + 60% de esterco bovino); T5 (70% de areia + 30% de esterco ovino); T6 (55% de areia + 45% de esterco ovino); T7 (40% de areia + 60% de esterco ovino); T8 (70% de areia + 30% de composto orgânico); T9 (55% de areia + 45% de composto orgânico) e T10 (40% de areia + 60% de composto orgânico). Cada tratamento foi constituído por 10 (dez) repetições.

1.Preparo do Substrato e Plantio

Para o preparo do substrato foi utilizada areia de rio, adquirida e disponibilizada pelo setor de viveiricultura, composto orgânico, preparado de acordo com Embrapa (2004), e dois tipos de esterco (bovino e ovino) que foram adquiridos nos setores de bovinocultura e ovinocultura, do IFPB – Campus Sousa. Esse material foi peneirado, e, em seguida, foram



adicionadas porções de cada condicionante orgânico, de acordo com as porcentagens preestabelecidas.

Os sacos de mudas (polietileno, com dimensões de 13 cm de largura por 28 cm de altura) foram preenchidos e pesados e levados para o viveiro de mudas, e mantidas em ambiente coberto por tipo sombrite com malha de 50%. As regas foram realizadas de acordo com o poder de embebição dos substratos, sendo aplicada uma lâmina de 10% da capacidade do saco. No ato do plantio, foram introduzidas 3 sementes em cada saco plástico, e coberto com uma camada fina de matéria morta (folhas secas). Após 15 dias de germinação foi selecionada a muda que apresentou maior vigor (por saco), que permaneceu por 90 dias no viveiro, onde a cada 8 dias foram coletados os dados referentes à análise de crescimento das plantas.

Variáveis e Análise Estatística

Foram realizadas as avaliações dos parâmetros de estatura da planta [altura de plantas (ALP), medida do nível do solo até a altura do meristema apical, com uso de fita métrica e expressos em centímetros, diâmetro do caule (DC) medido 5 cm acima do solo, com uso de paquímetro digital e expresso em milímetros e número de folhas por planta (NF)]; avaliações de desenvolvimento (desenvolvimento do sistema radicular (CR) massa verde, seca da parte aérea e raízes (PAMV, PRMV, PRMS E PRMS), analisadas laboratoriais para averiguação nutricional.

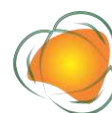
338

Ao final das etapas, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias de cada porcentagem foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR 8.1 (FERREIRA, 2002)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos das análises após os noventa dias de avaliação demonstraram que não houve diferenças significativas (NS) pelo teste de ANOVA entre os tratamentos testados para comprimento de raiz, como pode ser observado na tabela 4, ao contrário das outras variáveis, que apresentam efeitos significativos. A Tabela 1 sumariza o teste F da Anova e os resultados do Teste de Tukey.

Tabela 1. Resumo do teste de Tukey, variância dos dados referentes à altura de plantas (ALP) em cm, número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC) em cm, comprimento das raízes (CR)



em cm, massa verde parte aérea (MVPA) em mg, massa verde das raízes (MVR) em mg, peso da massa seca da parte aérea (MSPA) em mg, peso da massa seca das raízes (MSR) em mg.

Tratamentos	ALP	NF	DC	CR	MVPA	MVR	MSPA	MSR
T1 - Testemunha	13,95 b	6,67 b	2,21 b	14,20 a	3,21 e	9,47 d	0,98 e	2,02 d
T2 - 30% EB	83,94 a	12,28 ab	7,56 a	16,83 a	66,11 b	47,38 a	14,02 b	11,35 a
T3 - 45% EB	66,43 a	10,88 ab	7,84 a	15,72 a	68,98 b	41,20 a	13,69 bc	9,13 a
T4 - 60% EB	75,94 a	12,58 ab	8,78 a	18,67 a	85,65 a	35,79 ad	16,80 a	8,56 a
T5 - 30% EO	58,48 a	9,74 ab	5,99 ab	14,61 a	42,86 c	31,43 b	9,29 c	8,24 ab
T6 - 45% EO	75,84 a	13,04 a	8,03 a	17,51 a	76,96 ab	29,03 b	15,26 ab	6,53 b
T7 - 60% EO	46,84 b	8,78 ab	5,46 ab	11,83 a	47,05 c	15,37 c	8,86 c	3,08 c
T8 - 30% CO	48,02 ab	9,14 ab	5,12 ab	13,71 a	36,96 d	37,14 ab	7,63 d	8,26 a
T9 - 45% CO	51,60 ab	9,62 ab	5,74 ab	14,21 a	49,35 c	39,50 a	10,08 bc	8,24 ab
T10 - 60% CO	69,28 a	11,00 ab	6,56 a	17,24 a	66,32 b	45,08 a	14,50 b	10,15 a
Média	59,03	10,37	6,33	15,45	54,35	33,14	11,11	7,46
CV (%)	24,36	29,91	31,99	35,59	32,73	49,6	42,7	48,8
F	**	**	**	Ns	**	**	**	**

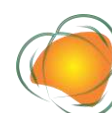
** e * correspondem respectivamente, a significativos de 1 e 5%, pelo teste de F. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O uso da matéria orgânica proporcionou o aumento significativo na altura das mudas da Moringa, tendo como melhor desempenho o T2 (70% de areia + 30% de esterco bovino), seguido do T4 (40% de areia + 60% de esterco bovino) e T6 (55% de areia + 45% de esterco ovino). A menor altura foi registrada no T1, que é composta apenas de areia lavada. Percebe-se que o tratamento que não continha matéria orgânica teve dificuldade no desenvolvimento das mudas, isso pode ter ocorrido devido uma deficiência nutricional.

Resultados semelhantes foram relatados por Bakke et al. (2010) ao estudarem as características de crescimento de Moringa submetida a diferentes adubos orgânicos, relatou que o esterco bovino foi um dos tratamentos que proporcionou o maior incremento na altura das plantas, quando comparado a outros tipos de esterco.

Medeiros (2017) observou um aumento no desenvolvimento da altura das mudas de Moringa quando adicionados insumos orgânicos na composição de seus substratos. O que segundo Adejobi et al., (2014) o uso dos insumos orgânicos, acarreta uma melhoria nas características químicas e físicas do solo, o que provavelmente aconteceu com os substratos, assim, influenciando diretamente no crescimento das plantas.

Analisando os dados obtidos, verificou-se que o T6 (55% de areia + 45% de esterco ovino) apresentou para variável NF melhor resultado. Tal resultado vem confirmar a importância da aplicação do esterco ovino como uma fonte alternativa de nitrogênio, pois a adição dele possibilitou uma melhor disponibilidade nutricional para as mudas, o que



contribuiu para esse resultado, uma vez que esse esterco pode fornecer maior diversidade de nutrientes.

O tratamento que sofreu uma redução no número de folhas foi o T7 (60% de esterco ovino), sendo ele estatisticamente inferior aos demais. Isso ocorre devido a sua composição não conter a capacidade nutricional exigida por essa variável.

Esses resultados assemelham-se, em parte, aos encontrados por Medeiros (2017), em uma pesquisa com o uso de compostos orgânicos no crescimento de mudas de Moringa, com a adição de compostos produzidos com esterco bovinos, possibilitou um aumento significativo da quantidade de folhas das mudas, assim também como Mesquita et al., (2012) que utilizando matéria orgânica no seu substrato, relatou que houve um aumento proporcional nos números de folhas das mudas de mamoeiro.

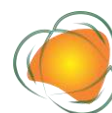
Para a variável de diâmetro do caule, houve uma pequena variação entre os tratamentos, com uma média geral de 6,3 milímetros entre eles, sendo que aquele que continha uma porcentagem de 60% de esterco bovino (T4), obteve um melhor resultado, seguido do T6 (55% de areia + 45% de esterco ovino). O T8 (70% de areia + 30% de composto orgânico), teve uma menor resposta.

Oliveira Júnior et al. (2009) obteve resultados semelhantes quando desenvolveu um estudo sobre o efeito de diferentes fontes de adubos orgânicos na cultura da Moringa, na cidade de Patos-PB. Foi observado que as aplicações do esterco bovino e caprino, respectivamente, mantiveram um comportamento praticante similar, havendo um leve aumento nos diâmetros dos caules, quando o esterco bovino foi aplicado como a principal fonte de fertilização da cultura.

Segundo Medeiros (2017), os diâmetros caulinares sofrem um aumento indicado como satisfativo quando submetidos a um composto orgânico à base de esterco bovino, o que interferiu positivamente no crescimento das plantas de moringa produzidas em saquinhos.

Em uma pesquisa realizada por Palácio et al., (2011) com mudas de maracujá amarelo em um substrato formulado com adição de Esterco + Areia + Terra (1:1:1), também foi observado melhores médias nos substratos que continham a presença do esterco bovino, isso porque os estercos atuam disponibilizando nutrientes e melhorando a capacidade de troca catiônica do solo (BENDOUALI et al., 2013).

O comprimento das raízes da Moringa não apresentou diferença estatística e com isso não houve diferença entre si pelo teste Tukey a 5%. Um fator que explica esse resultado é o tamanho do saco de mudas que utilizado no experimento, que limitou o crescimento do



sistema radicular de algumas das mudas, influenciando diretamente nessa variável, podendo mascarar o seu resultado, uma vez que Medeiros (2017), ao aplicar composto orgânico nas mudas de Moringa, observaram crescimento significativo no comprimento do sistema radicular das plantas.

Para os dados de massa verde da parte aérea foi observado efeito significativo para os tratamentos de estudo, tendo o tratamento com o melhor desempenho o T4 (40% de areia + 60% de esterco bovino), seguido pelo T6 (55% de areia + 45% de esterco ovino) e T3 (55% de areia + 45% de esterco bovino). O menor peso foi registrado no T8 (30% de composto orgânico), é possível que a porcentagem de composto usado não tenha possibilitado boas condições e suprimento nutricional necessário, para promover um melhor desempenho das mudas de Moringa

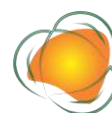
O T2 (70% de areia + 30% de esterco bovino) foi o tratamento que proporcionou um melhor peso da massa verde das raízes, assim como o T10 (40% de areia + 60% de composto orgânico). Esse fato se explica pelo uso da matéria orgânica na composição dos substratos, uma vez que ela proporciona o surgimento de galerias, o que aumenta a oxigenação e diminui a compactação do mesmo, fazendo com que as raízes tenham uma maior facilidade para o seu desenvolvimento.

Souza et al. (2015) avaliando o desenvolvimento inicial da cultura da Moringa com fertilizantes orgânicos, observou que para a produção de fitomassa fresca, houve um efeito significativo das diferentes doses de esterco bovino conforme o aumento da quantidade adicionada ao solo.

O aumento nos níveis de esterco bovino adicionados ao substrato proporcionou um efeito significativo na produção de massa seca da parte aérea, com o valor máximo observado nas porcentagens de 60% de esterco bovino (T4), sendo ele o melhor resultado. A partir desse valor, observa-se um decréscimo do peso da massa seca parte aérea (MSPA) em função dos níveis de esterco adicionados em cada tratamento, tendo o T8 (30% composto orgânico) apresentando o menor valor.

O peso da massa seca da parte aérea é um bom indicador da capacidade de resistência das mudas às condições adversas após o plantio (NÓBREGA, 2010), pois ela expressa o acúmulo de nutrientes que respalda no crescimento das plantas e dos seres a qual o tem como fonte de alimento.

Comportamento semelhante foi observado por Medeiros (2017), que verificou um aumento maior de 60% da MSPA na proporção (1:1) de insumo orgânica + solo, em relação ao



tratamento sem insumo orgânico. Almeida (2019) relatou que o tratamento com uma maior concentração de palha vegetal apresentou os maiores pesos de matéria seca, quando avaliou o desenvolvimento de mudas de *Moringa* submetidas a diferentes substratos com matéria orgânica.

Segundo Souza (2015), é evidente que a aplicação de esterco bovino em concentrações maiores promova as melhores respostas da cultura, pois isso ocorre devido às condições mais favoráveis ao crescimento inicial das mudas e melhor fornecimento de nutrientes durante o período inicial, o que afeta diretamente no desenvolvimento da planta.

No que diz respeito ao peso da massa seca do sistema radicular, foi observado efeito significativo para o tratamento que possuía uma concentração de 30% de esterco bovino, (T2 - 70% de areia + 30% de esterco bovino), este resultado revela que a aplicação desse esterco em uma concentração considerada baixa influenciou positivamente na formação das mudas de *Moringa*, quando comparado ao T7, composto por 60% de esterco ovino.

Souza et al. (2015) observou um comportamento semelhante em função da adição de esterco bovino no crescimento e desenvolvimento inicial da cultura de mudas de *Moringa*, onde o aumento das doses de esterco proporcionou um decréscimo nos índices de massa seca das raízes. Costa et al., (2011) relataram que a proporção de 50% de esterco bovino no substrato utilizado para o crescimento de mudas de *Corymbia citriodora eucalipto* (*citriodora*) proporcionou melhor acúmulo de massa seca da raiz.

Medeiros (2017) observou que os substratos que contém matéria de compostos orgânicos tiveram um acréscimo de 47% no acúmulo de massa seca no sistema radicular das mudas de *Moringa*. De acordo com Santos et al. (2010), esse resultado ocorreu porque a adição da matéria orgânica no substrato proporciona um aumento na massa seca de mudas, pois eleva a disponibilidade de nutrientes nos substratos.

CONCLUSÕES

O esterco bovino apresentou os melhores resultados para as avaliações dos parâmetros de estatura da planta, por isso pode-se recomendá-lo para a produção de mudas de *Moringa*, como fonte de nutriente e condicionador de solo.

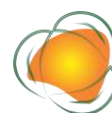
A adição de 60% do esterco bovino, foi suficiente para promover um melhor crescimento e desenvolvimento de mudas de *Moringa oleifera*.

AGRADECIMENTOS

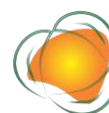
À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (Fapesq)/CNPq, edital 06/2020, Termo de Outorga nº 3292/2021.

REFERÊNCIAS

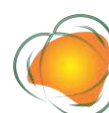
- ADEJOBI, K. B. et al., Comparative effects of NPK fertilizer, cowpea pod husk and some tree crops wastes on soil, leaf chemical properties and growth performance of cocoa (*Theobroma cacao* L.). *African Journal of Plant Science*, v.8, n.2, p.103-107, 2014.
- ALMEIDA, G. N. de.; SILVA, L. G. C. da.; ALMEIDA, G. N. de.; COSTA, J. R. da S.; LEITE, M. J. de H.; SILVA, E. C. A. da. Desenvolvimento de mudas de *Moringa oleifera* submetidas a diferentes substratos. *Ciência Agrícola*, v.17, n.2, p.1-6, 2019.
- ANDRADE, J. I. A.; FERNANDES, D. P.; GALVÃO, J. G. F. M.; SILVA, D. R.; NÓBREGA, R. de O. Therapeutic properties of *Moringa oleifera* Lam. in the treatment of diabetes mellitus. *Research, Society and Development*, v.9, n.7, e485974270, 2020.
- ARAUJO, A. C. de; ARAÚJO, A. C. de; DANTAS, M. K. L.; PEREIRA, W. E.; ALOUFA, M. A. I. Utilização de substratos orgânicos na produção de mudas de mamoeiro Formosa. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.8, n.1, 2013.
- BAKKE, I. A.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; BAKKE, O. A. Características de crescimento e valor forrageiro da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte. *Engenharia Ambiental*, v.7, n.2, p. 33-144, 2010.
- BENBOUALI, E. H.; HAMOUDI, S. A. E. A.; LARICH, A. Short-term effect of organic residue incorporation on soil aggregate stability along gradient in salinity in the lower chelif plain (Algeria). *African Journal of Agricultural Research*, v.8, n.19, p.2144-2152, 2013.
- BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G., MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* L.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, p.295-299, 2004.
- COSTA, E.; SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *Enciclopédia Biosfera*, v.9, n.17, 2013.
- EMBRAPA. Uso da Compostagem em Sistemas Agrícolas Orgânicos. Documento 89. Fortaleza, CE. 2004. p.17.
- FARIAS, S. G. G.; FREIRE, A. L. O.; SANTOS, D. R. Respostas de plantas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) inoculadas com fungos micorrizos submetidos ao estresse hídrico. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v.5, n.3, p.36-46, 2008.



- FERREIRA, D. F. Sisvar: Um programa para análise e ensino estatístico. Revista Científica Symposium, v.6, n.2, p.36-41, 2002.
- HAMZA, T. A.; AZMACH, N. N. The miraculous moringa trees: From nutritional and medicinal point of views in tropical regions. Journal of Medicinal Plants Studies, v.5, n.4, p.151-162, 2017.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (org). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília (DF): MMA/UFPE/Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semiárido, 2004. 382p.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA. 1.ed. Nova Odesa - São Paulo. p.536-537. 2014.
- MEDEIROS, R. L. S. de; CAVALCANTE, A. G.; CAVALCANTE, A. C. P.; SOUZA, V. C. de S. Crescimento e qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. em diferentes proporções de composto orgânico. Revista Ifes Ciência, v.3, n.1, p.204-216, 2017.
- MESQUITA, E. F. de; CHAVES, L. H. G.; FREITAS, B. V.; SILVA, G. A.; SOUSA, M. V. R.; ANDRADE, R. Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.7, n.1, p.58-65, 2012.
- MONTEIRO, J. M. G. Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semiárido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. 302f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.
- NEVES, N. N. A.; NUNES, T. A.; RIBEIRO, M. C. C.; OLIVIRA, G. L.; SILVA, C. C. da. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *moringa oleifera lam.* Revista Caatinga, v.20 n.2, p.63-67, 2007.
- NOBREGA, R. S. A.; FERREIRA, P. A. A.; SANTOS, J. G. D.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Substratos para o crescimento de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blumes. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3, p.392-397, 2010.
- OLIVEIRA JUNIOR, S.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. do.; SOUTO, P. C. MAIOR JÚNIOR, S. G. S. Adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.4, n.1, p.125-134, 2009.
- PALÁCIO, V. S. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes substratos. In: Reunião sulamericana para manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas, 2, 2011, Cruz das Almas. Anais...Cruz das Almas, 2011.



- PENTEADO, S. R. Adubação na Agricultura Ecológica: Cálculo e recomendação numa abordagem simples. Edição do Autor. Campinas – São Paulo. 2007. 22p.
- SÁNCHEZ PEÑA, Y.; MARTÍNEZ AVILA, G.; SINAGAWA GARCÍA, S.; VÁZQUEZ RODRÍGUEZ, J. *Moringa oleifera*: Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. Revista de La Universidad Autónoma de Coahuila, v.5, p.25-30, 2015.
- SANTOS, A. R. F. Desenvolvimento inicial de *Moringa oleífera* Lam. sob condições de estresse. 87f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe. 2010.
- SILVA NETO, M. F. S.; MACEDO, M. L. A.; ANDRADE, A. R. S.; FREITAS, L. C.; PEREIRA, E. R. R. Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v.5, n.2, p 155-172, 2012.
- SOUZA, T. M. A.; SOUSA, T. A.; OLIVEIRA NETO, H. T.; SOUTO, L. S.; DUTRA FILHO, J. A.; MEDEIROS, A. C. Crescimento e desenvolvimento inicial da cultura da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submetida à fertilização orgânica. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.10, n.5, p.103–107, 2015.



CORREDORES ECOLÓGICOS: IMPORTÂNCIA PARA A CONSERVAÇÃO DO FLUXO GÊNICO NA MATA ATLÂNTICA NA GRANDE JOÃO PESSOA-PB

Aroldo Santos de Araújo¹
Gilcean Silva Alves²

¹Graduando em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB
Campus João Pessoa – aroldo.santos@academico.ifpb.edu.br

²Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Da Paraíba - IFPB – Campus Sousa –
gilcean.alves@ifpb.edu.br

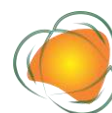
INTRODUÇÃO

O desmatamento da mata atlântica vem causado grande perda da biodiversidade do ecossistema, uma vez que os animais dependem das plantas para se alimentar e muitas vezes para fazer suas moradias em contrapartida as plantas frutíferas depende dos animais que se alimentam de seus frutos e do néctar de suas flores para se reproduzir e dispersar suas sementes, dito isso, os corredores em áreas fragmentadas permitem que os animais e as plantas possam migrar de um fragmento a outro com proteção de predadores e condições climáticas em especial para os insetos que em sua maioria são os principais polinizadores das plantas.

E muitos fragmentos de floresta no mundo todo, incluindo a mata atlântica, são cortados por rodovias e pistas o que acaba por diversas vezes com dezenas de cadáveres de animais vítimas de atropelamentos ao longo das estradas e rodovias e dependendo do tamanho do animal atropelado, pode ocasionar risco a quem está dirigindo carros e principalmente motos, gerando uma despesa muitas vezes muito maior que a construção de um corredor ou passagem de fauna ligando os fragmentos separados por pistas.

O presente estudo tem por objetivo geral; analisar a importância dos corredores ecológicos para a manutenção da biodiversidade na região de mata atlântica de João Pessoa. E tem como objetivos específicos; conceituar os corredores ecológicos; estabelecer a relação entre corredores ecológicos e a manutenção da biodiversidade; mostrar que os corredores

346



ecológicos são uma saída mais eficiente e prática para a diminuição de atropelamentos de animais silvestres nas estradas e rodovias.

A Mata Atlântica abrange cerca de 15% do território nacional, em 17 estados. É o lar de 72% dos brasileiros e concentra 70% do PIB nacional. Dela dependem serviços essenciais como abastecimento de água, regulação do clima, agricultura, pesca, energia elétrica e turismo. Hoje, restam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente (<https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/> 2021).

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, que originalmente se estendia de forma contínua ao longo da costa brasileira, penetrando até o leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua porção sul. No passado cobria mais de 1,5 milhões de km² – com 92% desta área no Brasil (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2001; GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2003). A floresta já perdeu mais de 93% de sua área (MYERS et al., 2000) e menos de 100.000km² de vegetação remanesce. Algumas áreas de endemismo, como Pernambuco, agora possuem menos de 5% de sua floresta original (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2003). Abaixo ilustramos dois mapas mostrando a área original e a área atual da Mata Atlântica para efeito de comparação, onde temos a Mata Atlântica com o país recém-descoberto e a área do bioma mata atlântica em 2021.

347

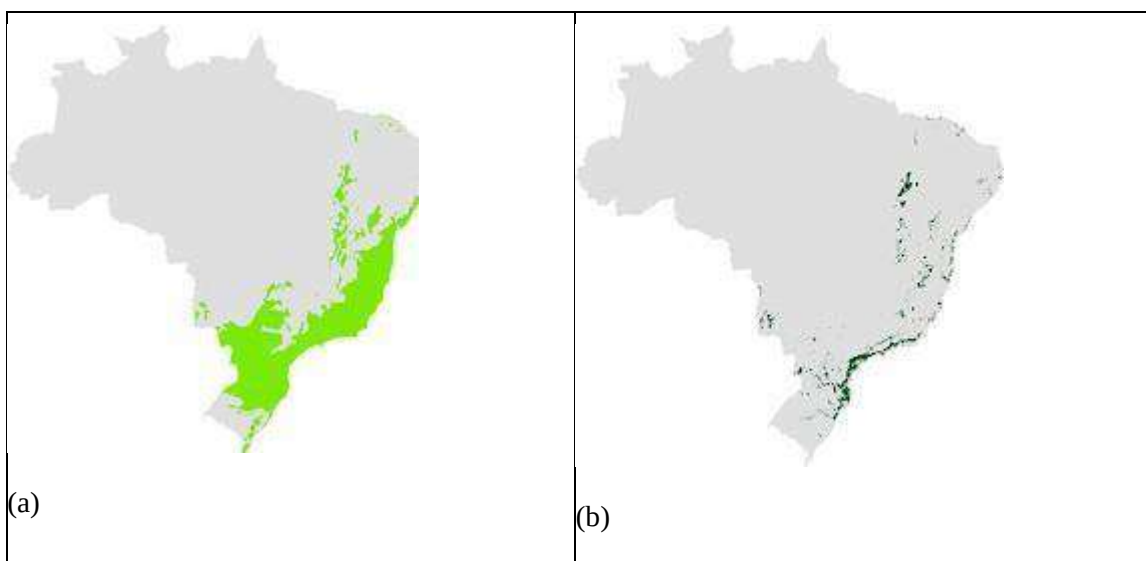


Figura 1. (a) Mata Atlântica original; (b) Mata Atlântica Atual.

A fragmentação de habitats é considerada como uma das maiores ameaças à conservação da biodiversidade ainda existente (CROOKS & SANJAYAN, 2006; BRASIL, 2006; GLOBAL, 2006). A preservação da nossa diversidade genética como um todo é fundamental para a manutenção de todo o ecossistema, de acordo com a Lei No 9.985, de 18 de julho de 2000 (Lei do SNUC) corredores ecológicos são porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e



o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência, áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais. A promoção da conectividade entre áreas a serem conservadas tem sido uma recomendação constante na literatura (HIRSH, 2003a; 2003b; CROOKS & SANJAYAN, 2006; DAVIES & PULLIN, 2007), especialmente com a previsão de aceleração das mudanças climáticas (PHILIPPS & GENTRY, 1994).

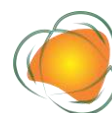
METODOLOGIA

Para o presente trabalho realizou-se uma pesquisa bibliográfica. Segundo Almeida (2011), a pesquisa bibliográfica busca relações entre conceitos, características e ideias, muitas vezes unindo dois ou mais temas.

Para Severino (2007), essa modalidade de pesquisa se caracteriza a partir do registro disponível, que decorre de pesquisas já realizadas, em livros, artigos, teses e documentos impressos. Dessa forma, os textos tornam-se fontes dos temas que serão trabalhados e pesquisados. Para Martins e Lintz (2000), essa pesquisa busca conhecer e analisar contribuições científicas sobre determinado assunto. Alves (2007, p. 55) escreve Pesquisa bibliográfica é aquela desenvolvida exclusivamente a partir de fontes já elaboradas – livros, artigos científicos, publicações periódicas, as chamadas fontes de “papel”. Tem como vantagem cobrir uma ampla gama de fenômenos que o pesquisador não poderia contemplar diretamente.

Bastos e Keller (1995, p. 53) definem: “A pesquisa científica é uma investigação metódica acerca de um determinado assunto com o objetivo de esclarecer aspectos em estudo”. A pesquisa bibliográfica está inserida principalmente no meio acadêmico e tem a finalidade de aprimoramento e atualização do conhecimento, através de uma investigação científica de obras já publicadas (SOUSA et al., 2021).

A pesquisa baseia-se no estado da arte já publicada, assim é fundamental que o pesquisador se aproprie do domínio da leitura do conhecimento e sistematize todo o material que está sendo analisado. Na realização da pesquisa bibliográfica o pesquisador tem que ler, refletir e escrever sobre o que estudou, se dedicar ao estudo para reconstruir a teoria e aprimorar os fundamentos teóricos. É essencial que o pesquisador organize as obras selecionadas que colaborem na construção da pesquisa em forma de fichas (SOUSA et al., 2021).



A perda da biodiversidade é um dos principais problemas ambientais do planeta. De acordo com um relatório divulgado em março de 2005 pelo secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica, da ONU, a Terra está sofrendo a maior extinção de espécies desde o fim dos dinossauros, 65 milhões de anos atrás. A diferença da época dos dinossauros é que agora o grande responsável por essa extinção em massa de plantas e animais é o ser humano com suas atividades. (CAMPANILI et al., 2010).

Quadro 1. Espécies Animais endêmicas da mata atlântica. Fonte: Wikipédia e wikiaves.

Nome científico	Nome comum	Risco de extinção
<i>Leontopithecus rosalia</i>	Mico leão dourado	Em Perigo de extinção
<i>Brachycephalus ephippium</i>	Sapo pingo de ouro	Pouco preocupante
<i>Tangara fastuosa</i>	Pintor verdadeiro	Vulnerável
<i>Amazona brasiliensis</i>	Papagaio de cara roxa	Vulnerável
<i>Brachyteles arachnoides</i>	Muriqui do sul	Criticamente ameaçado
<i>Leontopithecus caissara</i>	Mico leão de cara preta	Criticamente ameaçado
<i>Brachyteles hypoxanthus</i>	Muriqui do norte	Criticamente ameaçado
<i>Pauxi mitu</i>	Mutum do nordeste	Extinta na natureza
<i>Callithrix flaviceps</i>	Sagui da serra claro	Criticamente ameaçado

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mata atlântica em João Pessoa

Ao analisar a vegetação de João Pessoa, para o ano de 2015, constatou-se que a área total da classe vegetação remanescente é de 68,15 km², correspondendo a 32,23% da área total do município. Ressalta-se que essa vegetação se encontra fragmentada em 48 manchas, de diferentes tamanhos, formas e níveis de suscetibilidade (vinculadas a presença de áreas núcleos, na qual a ausência dessas é interpretada como elevado grau de suscetibilidade). (DANTAS, 2016)

Na região metropolitana de João Pessoa, na Paraíba, há pequenos remanescentes da Mata Atlântica. O maior deles – e do estado – está protegido pelo Refúgio de Vida Silvestre Mata do Buraquinho, associado ao Jardim Botânico Benjamin Maranhão. São pouco mais de 510 hectares de proteção integral de floresta dentro da área urbana da capital. Abaixo uma foto da Mata do Buraquinho.

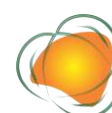




Figura 1. Vista panorâmica do Refúgio da Vida Silvestre Mata do Buraquinho evidencia a barreira urbana. Foto: Jandui Junior. Fonte: <https://oeco.org.br/reportagens/estudo-sobre-avifauna-em-area-protegida-em-joao-pessoa-alerta-para-fragmentacao/> acesso em: 11 de abril de 2023.

O parque Arruda Câmara, mais conhecido como “Bica”, é outra área remanescente de mata Atlântica situada em João Pessoa que em 11 de fevereiro de 2022 recebeu o título de Posto Avançado da Reserva Biosfera da Mata Atlântica (PARBMA), concedido pela Unesco. Dentre os parques existentes no município de João Pessoa, o Arruda Câmara (Bica), é considerado o mais antigo em João Pessoa. Abaixo temos uma figura mostrando um dos recintos que podem ser encontrados no parque zoobotânico Arruda Câmara.

350



Figura 2. Parque Zoobotânico Arruda Câmara, em João Pessoa, recinto dos macacos prego (*Sapajus apella*). Foto: PMJP/Divulgação. Fonte: <https://www.portalt5.com.br/noticias/single/nid/bica-em-joao-pessoa-e-aberta-ao-publico-nesta-quinta-feira-21/> acesso em: 11 de abril de 2023.

No ano de 1922, a área foi inaugurada com este nome, homenageando o frade carmelita e naturalista Manuel Arruda Câmara. Em 1999 o parque foi registrado junto ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), como Parque

Zoobotânico Arruda Câmara, através do processo 4000080/99 – IBAMA, 25/01/1999. A extensão do Parque é de aproximadamente 26,8 ha e localiza-se no bairro Tambiá, com uma flora relativamente diversificada, composta por espécies vegetais seculares, onde ainda podem ser observadas árvores nativas de grande porte.

Existe um mapeamento para a incorporação das áreas da Escola Piolim e do CPTRAN, devido ao número significativo de nascentes nessas áreas, que caracterizam, assim como o Parque Lauro Pires Xavier, a importância histórica e ambiental desta área para a cidade. (João Pessoa, SEMAM E DIEP, 2010).

Conhecida popularmente como Mata da AMEM, a Floresta Nacional (FLONA) da Restinga de Cabedelo é uma Unidade de Conservação Federal, vinculada ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Com aproximadamente 104 hectares de área, se localiza entre os municípios de Cabedelo e João Pessoa, no Km 10 da Br 230, mais precisamente entre as coordenadas: 7°03'37" e 7°04'09" Sul e 34°51'00" e 34°51'50". Oeste. Está inserida em área de clima Tropical Chuvoso, segundo a classificação de Koppen, com temperatura média anual de 26,4 °C e precipitação anual média de 1919,8 mm (Embrapa, 2017). A figura abaixo mostra uma parte da Mata do AMEM, mostrando a instalação da ICMBio.

351

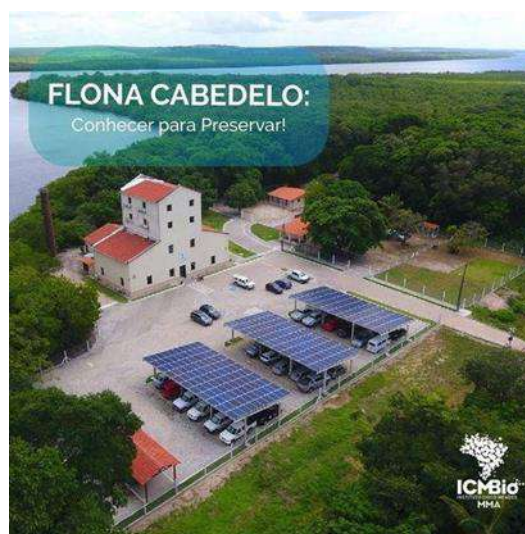


Figura 3. Entrada da flona de cabedelo. Fonte:

<https://www.facebook.com/flonacabedelo/posts/1093494137507470/> acesso em: 12 de abril de 2023.

Todos os três fragmentos de mata atlântica remanescente em João Pessoa são totalmente isolados uns dos outros, fazendo com que a área sofra, embora em menor grau devido ao tamanho dos fragmentos, uma perda da variedade genética tanto animal quanto

vegetal uma vez que se tem menos indivíduos geneticamente diferentes para que ocorra a troca de genes possibilitando que os animais e plantas sejam cada vez mais adaptadas as condições em que eles se encontram. Abaixo uma tabela mostrando algumas espécies animais presentes na mata atlântica e qual o seu nível de vulnerabilidade.

As condições climáticas que formam a Mata Atlântica propiciaram uma significativa diversificação ambiental, criando as condições adequadas para a evolução de um complexo biótico de natureza vegetal e animal altamente rico, e por este motivo a Mata Atlântica é considerada atualmente como um dos biomas mais ricos em termos de diversidade biológica do Planeta (<https://apremavi.org.br/mata-atlantica/flora/> 2023).

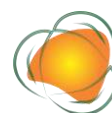
CONCLUSÕES

Diante do que foi mostrado nesse artigo, alguns leitores podem estar se perguntando qual a importância de se manter uma floresta como a Mata Atlântica preservada e com equilíbrio ecológico, e será falado alguns motivos.

Em primeiro lugar pode ser citado o potencial farmacológico de uma floresta onde se tem diversos espécimes de plantas e animais, como exemplo pode ser citado o captopril, o famoso remédio de pressão que é feito a partir de uma substância sintética que foi feita de uma das substâncias encontrada na peçonha de serpentes do gênero bothrops (as famosas jararacas). Outro ponto muito importante para se manter uma floresta de pé e saudável é o fornecimento de chuvas graças a evapotranspiração, além é claro a diminuição da temperatura do ambiente urbano próximo a mata atlântica.

A perda de habitat é uma das principais causas para a mortalidade de animais e plantas em uma floresta como a Mata Atlântica, quer seja pela poluição do ambiente ou pelo desmatamento, animais e plantas estão cada vez mais isolados em fragmentos de florestas que muitas vezes não são ligados uns aos outros por corredores, fazendo com que os grupos familiares dentro do fragmento acabe se reproduzindo entre si o que leva os filhotes a serem propensas as diversas doenças que podem leva a extinção aquela população.

E para limitar essa perda genética, os corredores e as pontes ecológicas são fundamentais visto que em fragmentos de florestas tem recursos limitados pela área do fragmento, portanto quanto menor o fragmento menos opção de abrigo, comida e chance de passar seus genes adiante uma espécie terá, e com os corredores dando passagem relativamente segura para os animais poderem se deslocar para outros fragmentos fazendo a diversidade genética de ambos os fragmentos aumentar consideravelmente.



Em relação às mortes dos animais silvestres nas estradas, onde se tem uma passagem de fauna foi observado uma queda na quantidade de animais que são vítimas de atropelamento, essas passagens também podem reduzir custos com a manutenção das rodovias, um exemplo é São Paulo que tem um custo de aproximadamente 56 milhões anuais e quando possui vítimas humanas o valor pode ser ainda maior (Correio Braziliense).

Com uma floresta em pé e saudável, é possível fazer ecoturismo onde vai trazer recursos para o lugar, como foi feito com o projeto tamar, onde se pegou os coletores de ovos de tartaruga e transformou eles em guias para que eles pudessem alimentar suas famílias ao mesmo tempo que protegiam os animais, dessa forma os antigos coletores viram que se preservarem eles vão conseguir sustentar mais facilmente suas famílias.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. de S. Elaboração de projeto, TCC, dissertação e tese: uma abordagem simples, prática e objetiva. São Paulo: Atlas, 2011.

ALVES, M. Como escrever teses e monografia: um roteiro passo a passo. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

Apremavi. Disponível em: <https://apremavi.org.br/mata-atlantica/flora/>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

BASTOS, C. L.; Keller, V. Aprendendo a aprender. Petrópolis: Vozes, 1995. SEVERINO, A. J. Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2007.

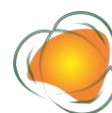
CAMPANILI, M.; BERTOLDO, W. S. Mata Atlântica: manual de adequação ambiental – Brasília: MMA/SBF, 2010. Série Biodiversidade, 35.

Correio Brasiliense. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2020/08/4867269-travessia-dos-inocentes.html>. Acesso em: 17 de abril de 2023.

CROOKS, K. R.; SANJAYAN, M. (eds.). Connectivity conservation. Cambridge University Press, 2006. 710p.

DAVIES, Z. G.; PULLIN, A. S. Are hedgerows effective corridors between fragments of woodland habitat? An evidence-based approach. Landscape Ecology, v.22, n.3, p.333-351, 2007.

Diagnóstico da vegetação remanescente de mata atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos em João Pessoa, Paraíba. Disponível em:



http://www.ccae.ufpb.br/lcg/contents/documentos/tcc/tcc16_mayara.pdf. Acesso em: 17 de abril de 2023.

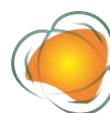
GALINDO-LEAL, I. G. CÂMARA (eds.). The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. p.3-11. Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, D.C

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Biodiversidade e Conservação. floresta nacional da restinga de Cabedelo. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/flonacabedelo/>. Acesso em: 12 de abril de 2023.

MARTINS, G. de A.; LINTS, A. Guia para elaboração de monografias e trabalhos de conclusão de curso São Paulo: Atlas, 2000.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, v.403, p.853-858, 2000.

SOUZA, A. S. et al. A Pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. Cadernos da FUCAMP, v.20, n.43, p.64-83, 2021.



CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

Claudiomir da Silva dos Santos: Técnico em Agropecuária pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Biologia pelo UNICLAR e Pedagogia pela UNINTER, Doutorado em Promoção da Saúde pela Universidade de Franca - UNIFRAN, Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, pós-graduado em Sistema de Gestão Ambiental, Educação para o Campo, Educação Ambiental, Auditoria e Perícia Ambiental, Vigilância em Saúde Ambiental. Foi professor de graduação e pós-graduação na UVA e UECE - CE. Atua nas áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais com trabalhos publicados nestas áreas do conhecimento. Foi professor da UNINCOR e FACICA, nos cursos de Agronomia, Gestão ambiental, Biologia e Química. Em 2008 assumiu o cargo de professor do IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho em regime DE, atuando nos cursos Técnicos de Agropecuária, Meio Ambiente, Cafeicultura, Curso Superior de Agronomia, Líder do Grupo de Pesquisa Ciências Ambientais do CNPQ. Coordenador do Projeto Rondon IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, atualmente atua como Coordenador do Curso Técnico de Meio Ambiente do IFSULDEMINAS Campus Muzambinho, Membro do Fórum Mineiro de Combate ao Agrotóxico-FMCA, Membro do Comitê de Bacia Hidrográfica Mogi-Pardo CBH GD6, Membro da Comissão Organizadora do Simpósio de Hidrologia Médica, Águas Termais, Minerais e Naturais de Poços de Caldas, Membro do Comitê Científico da Rede de Pesquisa em Desenvolvimento Resiliente ao Clima RIPEDRC e do Environmental Resilience Research and Science (IJERRS) e Presidente da Comissão Técnica do Congresso Nacional de Meio Ambiente.

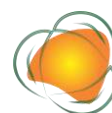
claudiomirsilvasantos@gmail.com

Cléber Moterani Tavares: Doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas, mestre em Ciência e Tecnologia da Computação pela Universidade Federal de Itajubá (2013), especialista em Banco de Dados (2007) e bacharel em Ciência da Computação (2005) pelo Centro Universitário do Sul de Minas. Atualmente é Analista de Tecnologia da Informação da Universidade Federal de Alfenas.

moterani@gmail.com

Fabrcio dos Santos Ritá: Possui formação Técnica em Enfermagem e em Segurança do Trabalho. Bacharel e Licenciado em Enfermagem. Licenciado em Ciências Biológicas. Licenciado em Pedagogia. Graduando em Jornalismo. Especialista em Enfermagem do Trabalho (UNIUBE), Educação ambiental (UFLA), Gestão Ambiental (CLARENTIANO), Gestão Escolar e Coordenação Pedagógica (UNIFAVENI). Mestre em Biotecnologia aplicada à Saúde (UNAERP). Doutor em Promoção de Saúde pela UNIFRAN (Universidade de Franca). Presidente da Comissão Organizadora do Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas e do Membro da Comissão Técnico Científica do Congresso de Educação de Poços de Caldas. Atua como docente no IFSULDEMINAS/Campus de Muzambinho desenvolvendo ações profissionais nas temáticas de saúde, segurança e meio ambiente. Entre as metodologias instituídas em sua prática de ensino implementa a ênfase de atividades relacionadas a prevenção de riscos, minimização de patologias ocupacionais, caracterização entre ambiente de trabalho, ecologia e harmonização entre homem e natureza, bem como o uso racional das tecnologias e da saúde laborativa. Busca identificar e estreitar as inter-relações entre as mudanças climáticas e os efeitos sobre a saúde dos trabalhadores. Leciona nos cursos de Enfermagem, Vigilância em Saúde, Urgência e Emergência, Enfermagem do Trabalho, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente. Membro do Comitê Científico da Climate Resilient Research Network (RIPEDRC) e Pesquisa e Ciência em Resiliência Ambiental (IJERRS) e Membro do Fórum Mineiro de Combate aos Agrotóxicos (FMCA).

fabricsantosrita@gmail.com



Leandro Gustavo da Silva: Possui graduação em Química - Bacharelado e Licenciatura pela Universidade Federal de Uberlândia (2006), concluiu o Mestrado (2008) e Doutorado (2014) pelo Programa de Pós Graduação em Química na mesma instituição de ensino. Tem experiência atuando principalmente nos seguintes temas: aproveitamento de resíduos agroindustriais como o bagaço de cana de açúcar com o objetivo de elaborar novos materiais, derivatização química de ligninas extraídas de biomassa lignocelulósica, estudo fotoquímico e fotofísico de compostos curcuminóides e aplicação de antioxidantes curcuminóides na produção de biodiesel visando melhora na estabilidade oxidativa. Atualmente é professor EBTB de Química no IFSULDEMINAS- Câmpus Muzambinho. Faz parte da comissão técnica científica do Congresso Nacional do Meio Ambiente e coordenador do Núcleo Institucional de Pesquisa e Extensão (NIPE).

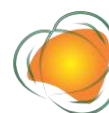
leandrogustavosilva@gmail.com

Luciano Santos Rodrigues: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (1999). Doutorado em Ciência Animal com ênfase em saneamento pela Universidade Federal de Minas Gerais (2008). Pós-doutorado em Controle Ambiental e Saneamento pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor Associado da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência na área de engenharia agrícola, ambiental e sanitária, com ênfase em controle ambiental e saneamento, atuando principalmente nas seguintes subáreas: impacto ambiental das atividades agroindustriais, tratamento de águas residuárias e de abastecimento, resíduos sólidos, licenciamento e legislação ambiental.

luciano.rodrigues@vetufmg.edu.br

Valquíria Mikaela Rabelo: Bióloga, Pedagoga, Especialista em Design Instrucional, Especialista em Biologia Molecular e Genética e Mestre em Ciências Ambientais. Tem experiência nas áreas de educação e biologia, tendo atuação nos segmentos de gestão, metodologias de ensino, currículo, tecnologias de informação e comunicação na educação, bioquímica, fisiologia, biologia molecular, genética, meio ambiente e agricultura sustentável.

valquiriamrabelo@hotmail.com





20º Congresso Nacional de
MEIO AMBIENTE
Poços de Caldas

meioambientepocos.com.br

Realização



Apoio



978-65-00-84941-7