



Organizadores:
Camila Pinheiro Nobre
Anna Christina Sanazario de Oliveira

Estudos ambientais e agronômicos

**Resultados
para o
Brasil**



2020


Pascal
Editora

1
Volume

**CAMILA PINHEIRO NOBRE
ANNA CHRISTINA SANAZARIO DE OLIVEIRA
(Organizadores)**

**ESTUDOS AMBIENTAIS E
AGRONÔMICOS
RESULTADOS PARA O BRASIL**

VOLUME 1

**EDITORA PASCAL
2020**

2020 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: M.Sc. Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Dr^a. Sinara de Fátima Freire dos Santos

Dr^a. Aurea Maria Barbosa de Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E82br

Coletânea Estudos Ambientais e Agronômicos: resultados para o Brasil / Camila Pinheiro Nobre e Anna Christina Sanazario de Oliveira (Org.). — São Luís: Editora Pascal LTDA, 2020.

330 f.; il. – (Estudos Ambientais e Agronômicos; v. 1)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-86707-04-5

D.O.I.: 10.29327/514614

1. Estudos Ambientais. 2. Estudos Agronômicos. 3. Miscelânea. I. Título.

CDD: B869.8

CDU: 502

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2020

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Convido ao leitor perfazer o caminho dos 25 trabalhos científicos presentes neste primeiro volume intitulado “Estudos Ambientais e Agronômicos”. Trabalhos esses de diferentes grupos de pesquisas de diversas regiões do Brasil, onde os autores mostram os seus resultados e conclusões percorrendo em diferentes subáreas das Ciências Ambientais e das Ciências Agrárias.

Durante a leitura pode-se constatar que entre os temas estão a utilização de diversos resíduos, como casca de arroz, sabugo de milho e açaí, para diferentes setores industriais; melhora na produção de biodiesel, através de diferentes técnicas; avaliação ambiental e climática em curso d’água, bacia, além de esgoto; dormência de sementes de espécie ameaçada de extinção; aumento nutricional utilizando a técnica de secagem em plantas alimentícias; horta em diferentes ambientes urbanos; e produtividade e a qualidade do solo para a cultura da soja. Contribuindo com diferentes subáreas das duas grandes áreas contempladas.

Destaca-se a importância destas pesquisas, principalmente, no que tange a sustentabilidade, no sentido de mitigar problemas ambientais e agronômicos. Trabalhos, com este cunho, sempre serão bem-vindos, já que a sustentabilidade não apenas favorece o meio ambiente, como também contribui para o aumento da produtividade das empresas e diminuindo gastos.

No mais, desejamos a você uma boa leitura!

Camila Pinheiro Nobre

Anna Christina Sanazário de Oliveira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 10

APROVEITAMENTO DE GRÃOS ARDIDOS DE CHIA NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Maria Gabriela Tiritan

Alessandra Machado-Lunkes

CAPÍTULO 2..... 18

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ADSORVENTE DE CASCAS DE ARROZ IN NATURA NO TRATAMENTO DE ÓLEO RESIDUAL

Lara Talita Schneider

Gabriela Bonassa

Joel Gustavo Teleken

CAPÍTULO 3..... 25

SELEÇÃO DE BIOCIDAS PARA USO EM MISTURAS DIESEL-BIODIESEL

Adriane Ramos Zimmer

Fátima Menezes Bento

CAPÍTULO 4..... 48

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA FALTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Ana Kérolly Avelar Saraiva

CAPÍTULO 5..... 67

AVALIAÇÃO DA PIRÓLISE RÁPIDA PARA OBTENÇÃO DE HIDROCARBONETOS RENOVÁVEIS A PARTIR DOS RESÍDUOS DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea* M.)

Daniel Arnóbio Dantas da Silva

Andrea Lopes de Oliveira Ferreira

Nataly Albuquerque dos Santos

Amanda Duarte Gondim

Giovanilton Ferreira da Silva

Amanara de Souza Freitas

CAPÍTULO 6..... 73

IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA PLANTA PILOTO DESCENTRALIZADA DE COMBUSTÍVEIS SINTÉTICOS DE AVIAÇÃO

Heloísa Helena Bredemann da Silva

Marcos de Oliveira Costa

CAPÍTULO 7..... 81

UTILIZAÇÃO DO SABUGO DE MILHO CARBONIZADO COMO ADSORVENTE DE ÁCIDOS GRAXO LIVRES DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA

Aline Bavaresco

Jaqueline Zanovelli Nalevaiko

Camila da Silva

Joel Gustavo Teleken

CAPÍTULO 8..... 88

INFLUÊNCIA DAS ENZIMAS CELULASE E PROTEASE NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE GIRASSOL

Camila Roders

Bruna Tais Ferreira de Mello

Camila da Silva

Denise Silva de Aquino

CAPÍTULO 9..... 95

AVALIAÇÃO DA MODELAGEM DE UM BIOREATOR REAL UTILIZADO PARA OBTENÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE GLICEROL BRUTO

Amanara Souza de Freitas

Daniel Arnóbio Dantas da Silva

Andrea Lopes de Oliveira Ferreira

Giovanilton Ferreira da Silva

CAPÍTULO 10..... 102

ANÁLISE DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA E CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE SEDIMENTO DOS MANANCIAIS DA BACIA DO RIO DOCE (MG) COMO INDICADORES DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL E DE SAÚDE PÚBLICA

Israel Henrique Ribeiro Rios

Alexsandro Fiscina de Santana

CAPÍTULO 11..... 115

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE RESÍDUOS LÁCTEOS

Maria Gabriela Tiritan

Guilherme Bolico Pletsch

José Donizetti de Lima

CAPÍTULO 12..... 124

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS ARTIFICIAIS NA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE SEMENTES DE *Ormosia arborea*

Brenno Souza Mundim Porto

Gustavo Ferreira Pereira

Weverson Junio da Silva

Jéssica Davi de Aquino

Maycon Eduardo Ferreira Silva
Cássio Resende de Moraes

CAPÍTULO 13..... 138

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRANCO - RO-
RAIMA**

Thiago Barboza Ribeiro
Luana Lisboa
Carlossandro Carvalho de Albuquerque
Michel Castro Moreira
Eduardo Morgan Uliana

CAPÍTULO 14..... 150

RESGATANDO A HORTA DE QUINTAL

Karine Gomes dos Santos
Gabrielly Antunes Ramos
Camila Kiill
Bruno Éric Siqueira Albino
Raul Andres Martinez Uribe

CAPÍTULO 15..... 160

**EFEITO ANTIMICROBIANO DE COMPOSTOS NATURAIS ESINTÉTICOS SOBRE CO-
MUNIDADE MICROBIANA DETERIOGÊNICA DE BIODIESEL**

Juciana Clarice Cazarolli
Jhonata Rodrigues de Brito
Caroline Borges Agustini
Luisa Helena Cazarolli
Larissa Canhadas Bertan
Maria do Carmo Ruaro Peralba
Aline Silva Muniz
Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira
Mariliz Gutterres Soares
Jorge Otávio Trierweiler
Luciane Ferreira Trierweiler
Fátima Menezes Bento

CAPÍTULO 16..... 180

**ASCENSÃO DO NÍVEL FREÁTICO NO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS:
IMPACTOS E PROPOSTAS DE MEDIDAS MITIGATÓRIAS**

José Eloi Guimarães Campos
Vagney Aparecido Augusto
André Walczuk Gomes
Marcio da Rosa Magalhães Bessa
Guilherme Neiva Rodrigues Oliveira

CAPÍTULO 17..... 190

PRODUTIVIDADE DA SOJA E O COMPORTAMENTO ESPACIAL DOS TEORES DE ARGILA E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Gabriel Camargo de Jezus
Sandro Manuel Carmelino Hurtado
Lucas Itacarambi Ferreira
Luan Martins de Souza
Julia Nascimento Nunes
Artur Paes Leme Werlang

CAPÍTULO 18 196

AVALIAÇÃO ECONÔMICA E RENTABILIDADE DE UMA PLANTA INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO MARANHÃO

Elmo de Sena Ferreira Júnior
Felipe Arduvini Casaroli Santos
Thiago Vinícius Barros
Letícia Garreto Costa
Anna Sacha Karolyne Da Silva Moraes
Edinaldo Silva Frazão
Glenda Guedes Patrício
Késia Karoline Ferreira da Silva
Tainá Stafani de Paula

CAPÍTULO 19..... 215

IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS CAUSADOS PELA BAIXA VAZÃO NO RIO SÃO FRANCISCO NO MUNICÍPIO DE PENEDO/AL

Lilian Anne Gonçalves de Azevedo
Carolina Araújo Sarmiento de Azevedo

CAPÍTULO 20..... 225

INFLUÊNCIA DA SECAGEM NA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS DA AMAZÔNIA

Adriana Cardoso da Silva
Paulo Alexandre do Couto Simonetti

CAPÍTULO 21..... 238

ESTIMATIVA DA DESCARGA SÓLIDA E GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO DE FUNDO DO RIO IGUATEMI

Amanda Amorim Correa Garcia
Carla Cristina Bem

CAPÍTULO 22..... 249

PROSPECÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E CAPACIDADE DE CRESCIMENTO DE MICRORGANISMOS DE QUEROSENE DE AVIAÇÃO E BIOQUEROSENE DURANTE ESTOCAGEM SIMULADA

Mariane Rodrigues Lobato
Donato Alexandre Gomes Aranda
Nelson Roberto Antoniosi Filho
Marcia T. S Lutterbach
Pedro Rodrigo Scorza
Juciana Clarice Cazarolli
Fátima Menezes Bento

CAPÍTULO 23 271

ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL A PARTIR DO ETANOL

Luiz Antônio de Oliveira Chaves
Lucas Neves de Almeida
João Carlos Ferreira Almeida de Sá

CAPÍTULO 24..... 281

PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL A PARTIR DE MACRÓFITA AQUÁTICA

Danielle Evangelista Vitalino Cardoso
Layssa Aline Okamura
Fernando Alves Ferreira
Willian Pereira Gomes
Jhennifer Meneghette dos Santos
Sonia Tomie Tanimoto
Júnior da Silva Camargo
Hélio Merá de Assis
Ricardo Barros

CAPÍTULO 25..... 292

OCORRÊNCIAS DE VAZÕES INFERIORES A 50% DE Q7,10 NA BACIA DO JEQUITINHONHA ENTRE OS ANOS 2009 A 2018

Jeane Dantas de Carvalho
Marília Carvalho de Melo
Luiza Pinheiro Rezende Ribas
Breno Esteves Lasmar

AUTORES 303

ORGANIZADORES 329



CAPÍTULO 1

APROVEITAMENTO DE GRÃOS ARDIDOS DE CHIA NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

UTILIZATION OF BURNT CHIA GRAINS IN BIODIESEL PRODUCTION

Maria Gabriela Tiritan
Alessandra Machado-Lunkes

Resumo

O aproveitamento de grãos ardidos de sementes oleaginosas não é comum, mas diante da busca por fontes alternativas de biomassa para produção de energia, esta pode ser uma opção adequada. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar extração do óleo de grãos ardidos de chia, a desacidificação em parte do óleo por extração líquido-líquido e produção de biodiesel na outra parte do óleo por esterificação seguida de transesterificação. O rendimento na extração mecânica do óleo de chia foi satisfatória, com média de $9,0 \pm 0,2$ g/100g de extrato etéreo na torta. Para desacidificação do óleo ácido (19,0 mg KOH/g) foram necessários 6 contatos com etanol hidratado até atingir acidez de 1,5 mg KOH/g. A conversão química do óleo ácido em biodiesel teve 89,4 % de rendimento na esterificação, e após transesterificação alcançou rendimento global 84,0 %. Os resultados demonstram que a conversão de biomassa lipídica com alto índice de acidez pode ocorrer diretamente pelas etapas de esterificação e transesterificação, tornando a desacidificação por extração líquido-líquido com etanol inviável.

Palavras chave: Chia, Grão ardido, Extração mecânica, Biodiesel.

Abstract

The use of grains of oilseeds damaged is not common, but given the search for alternative sources of biomass for energy production, this may be an appropriate option. In this context, the objective of this work was to extract the oil from burnt chia grains, the deacidification in part of the oil by liquid-liquid extraction and the production of biodiesel in the other part of the oil by esterification followed by transesterification. The yield in the mechanical extraction of chia oil was satisfactory, with an average of $9.0\% \pm 0.2$ g / 100g of ether extract in the pie. For deacidification of acid oil (19.0 mg KOH / g), 6 contacts with ethanol 85 °INPM were necessary until reaching an acidity of 1.5 mg KOH / g. The chemical conversion of acid oil into biodiesel had 89.4% yield in esterification, and after transesterification it reached overall yield 84.0%. The results demonstrate that the conversion of lipid biomass with a high acidity index can occur directly through the esterification and transesterification steps, making deacidification by liquid-liquid extraction with ethanol impracticable.

Key-words: Chia, Damage grains, Mechanical extraction, Biodiesel.



1. INTRODUÇÃO

A produção de biocombustíveis é permeada pelo dilema entre segurança alimentar e energética, e é provável que em muitos países ocorra o deslocamento de áreas destinadas à produção de alimentos para produção de biocombustíveis. Apesar disso, no Brasil há opções viáveis para que isto não aconteça (SUAREZ et al., 2009). O país apresenta uma ampla diversidade de matérias-primas para produção de biodiesel, dentre elas, gorduras de origem animal e óleos residuais que geralmente são descartados, mas que podem fomentar a produção de biodiesel no país (BORTOLETO et al., 2017).

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE, segundo levantamento realizado em dezembro de 2019, o Brasil tem capacidade instalada para processamento (192.644 ton/dia), refino (22.594 ton/dia) e envase (14.180 ton/dia) de óleos vegetais. Das unidades ativas, o processamento de grãos de soja é unânime, mas outras oleaginosas como algodão, girassol, canola, amendoim e mamona também são processados (ABIOVE, 2019).

Culturas de sementes oleaginosas são cultivadas em todo o mundo, e espécies que apresentam boa agronomia podem não produzir resultados similares quando cultivadas em diferentes localidades (GUPTA, 2007). Do mesmo modo, é frequente problemas em unidades de armazenagem, que levam ao desenvolvimento de grãos ardidos, e até mesmo sua queima em silos. Com base nessas características, é indispensável o cuidado com as sementes desde a lavoura até seu processamento, e a utilização de grãos ardidos/danificados apresenta um elevado potencial de uso para fins energéticos em processos de biorrefinarias.

Entende-se por biorrefinaria uma unidade industrial com capacidade de converter biomassa em produtos químicos e combustíveis, similar ao complexo fabril de uma refinaria de petróleo (BOMTEMPO, 2009; RODRIGUES, 2011). E para atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável, as biorrefinarias devem exercer um papel dominante neste atual milênio (RODRIGUES, 2011).

O objetivo essencial de biorrefinarias é produzir produtos de elevado valor agregado a partir de fontes de matérias-primas de baixo valor agregado, e isto remete às biomassas residuais, de natureza agrícola e agroindustrial, como o principal candidato a atender este modelo de produção (BOMTEMPO, 2010). Neste cenário, é possível alocar grão ardidos em decorrência de problemas de armazenagem, nas indústrias de processamento de oleaginosas para produção de tortas com finalidade a nutrição animal, e biodiesel para geração de energia.

Sementes de chia (*Salvia hispânica* L.) contêm uma grande quantidade de óleo (de 25 a 35%), são ricas em ácidos graxos polinsaturados, principalmente ácidos α -linolênico e linoleico (DĄBROWSKI et al., 2019; FERNANDES et al., 2019). O óleo



de chia tem recebido atenção, devido a seu alto conteúdo em ácidos graxos ômega-3, com vistas a aplicações alimentares e nutricionais (ROJAS et al., 2019). No entanto, apesar do alto grau de instauração de óleos ricos em ômega-3 lhes confira alto valor nutricional, também os tornam suscetíveis à oxidação lipídica (COPADO et al., 2019; DAŦBROWSKI et al., 2019).

Neste cenário, o objetivo deste trabalho foi extrair óleo de chia a partir de grãos ardidos/danificados em função de problemas durante a colheita e armazenagem, de modo a incluir biomassa disponível na produção de biocombustíveis. Além disso, objetivou-se desacidificar o óleo extraído por extração líquido-líquido com etanol hidratado, e produzir biodiesel em duas etapas, esterificação e transesterificação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Extração mecânica óleo de chia

O experimento foi realizado no departamento de pesquisa da empresa SILO-FÉRTIL - Dério Rost & Cia. Ltda., em Pato Branco, PR. A chia em grãos foi recebida em cortesia de produtores rurais do Paraguai, país que tem recebido incentivos políticos para agregação de valor às commodities. O óleo foi extraído por prensagem mecânica no equipamento *CompctPress* CP50 (Silofértil), com capacidade para processar aproximadamente 100 kg/h de grãos.

A matéria prima foi avaliada quanto ao teor de umidade e extrato etéreo. Para verificar as melhores condições de extração do óleo, foram estabelecidas três faixas de temperatura para extração. Após obtenção do óleo, este foi avaliado quanto ao índice de acidez e uma parte submetida ao processo de desacidificação.

2.2 Desacidificação óleo de chia

A extração líquido-líquido foi realizada com etanol 85 °INPM (1:1 v/v) a 40°C por 15 minutos, em vidraria adequada e agitador mecânico para promoção eficiente do contato entre as fases. Após a etapa de agitação, a mistura foi transferida para funil de separação de 500 mL, permanecendo por 30 minutos em repouso. Em seguida, as fases foram separadas e nova extração com etanol hidratado foi realizada. Estas operações se repetiram até que a fase oleosa atingisse índice de acidez inferior a 1,0 mg KOH/g.



2.3 Conversão do óleo ácido em biodiesel

A conversão em biodiesel foi realizada em outra fração do óleo de chia, mediante esterificação prévia dos ácidos graxos livres com álcool metílico e ácido sulfúrico como catalisador. A relação molar de óleo, álcool e catalisadores seguiram o proposto por Aiello-Mazzarri et al. (2019).

A reação de esterificação ocorreu a 65 °C por 60 minutos, seguida de decante em funil de separação de 500 mL por 30 minutos e separação da água formada. Em seguida, a transesterificação do óleo remanescente foi conduzida por adição de metanol e metilato de sódio, com agitação a 90 °C por 60 minutos.

Ao término da transesterificação, o fluido de processo foi transferido para proveta de 500 mL, e aguardado a separação de fases. Determinou-se o rendimento da reação, com base na quantidade de éster/glicerina que decantou na proveta. A conversão da matéria prima em monoésteres graxos (biodiesel) foi avaliada por teste qualitativo de solubilidade em metanol, e os resultados são apresentados no tópico a seguir.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Extração óleo de chia ardido

A matéria-prima apresentou teor de umidade de $9,77 \pm 0,08$ g/100g e extrato etéreo $23,96 \pm 0,29$ g/100g. Apesar da quantidade de água nas sementes estar dentro dos limites indicados para armazenagem, o teor de óleo apresentou resultado inferior ao esperado.

Na extração mecânica, as diferentes faixas de temperatura empregadas não apresentaram diferença expressiva nos teores de umidade e óleo remanescente (Tabela 1). A torta apresentou baixa quantidade de água, o que favorece a preservação do produto durante a estocagem.

O óleo de chia obtido por extração mecânica apresentou índice de acidez de 19,0 mg KOH/g, mas este resultado elevado já era previsto, em função dos problemas na armazenagem relatados antecipadamente.



Amostra	Temperatura (°C)	Umidade (g/100g)	Extrato etéreo (g/100g)
Torta 1	70 - 80	6,39 ± 0,34	8,90 ± 0,10
Torta 2	80 - 90	5,02 ± 0,09	8,85 ± 0,27
Torta 3	90 - 100	5,41 ± 0,00	9,32 ± 0,00

Tabela 1 - Teor de umidade e extrato etéreo nas tortas de chia
Fonte: Autores

3.1 Extração líquido-líquido

Dentre as possibilidades para aproveitamento de óleo ácido para produção de biodiesel, foi realizada a desacidificação por extração líquido-líquido com etanol. A tabela 2 apresenta o número de contatos necessários para tornar o óleo com acidez adequada à transesterificação.

Número de Extrações	Acidez Inicial (mg KOH/g)	Acidez Final (mg KOH/g)	Redução Acidez (%)
1	19,0	9,8	48,3
3	-	7,3	61,3
6	-	1,5	92,2

Tabela 2 - Desacidificação óleo de chia com etanol
Fonte: Autores

O processo demonstrou rendimento satisfatório de 92,2%, mas para unidades de processamento descontínuo o número de contatos necessários é bastante elevado, inviabilizando a extração de ácidos graxos livres para produção de biodiesel a partir de óleo neutro.

3.3 Produção de biodiesel

Foi realizada esterificação em parte do óleo ácido obtido, e posterior transesterificação. O resultado da primeira etapa é descrito na tabela 3, e a reação com álcool metílico catalisada por ácido sulfúrico se mostrou eficiente.

Número de etapas	Acidez Inicial (mg KOH/g)	Acidez Final (mg KOH/g)	Rendimento (%)
1	18,983	9,540	49,7
2	9,540	2,012	89,4

Tabela 3 - Esterificação óleo de chia com metanol
Fonte: Autores

Conforme apresentado, a reação de esterificação apresentou rendimento de 89,4%, e foi seguida de transesterificação para conversão do óleo remanescente. O rendimento global da conversão de óleo ácido de chia em biodiesel foi de 84,0%.

Para transesterificação metálica do óleo de *Moringa Oleífera Lam*, Oliveira et al. (2012) alcançaram rendimento de 83,7%. Em estudo por delineamento experimental com óleo de milho, Lima et al. (2010) obtiveram rendimentos diversos, com valores semelhantes ao alcançado neste estudo com óleo de chia.

Para avaliar a conversão, foi realizado teste qualitativo em tubo de ensaio com tampa, onde 9 mL de metanol anidro (grau analítico) e 1 mL do biodiesel produzido foram agitados, sem inverter o tubo. Como resultado, foi observada solubilidade completa do biodiesel em metanol, demonstrando a conformidade do teor de ésteres na amostra, em relação à especificação para o produto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que a desacidificação do óleo de chia em processo descontínuo necessita alto número de contatos, indicando que para óleos com alto índice de acidez, em escala industrial, será mais adequado o emprego de colunas.

A desacidificação por extração líquido-líquido pode se mostrar eficiente, dependendo da aplicação dos produtos finais (óleo neutro, ácidos graxos e solutos). Na produção de biodiesel, a esterificação prévia do óleo ácido tem demonstrado ser uma boa alternativa, para aproveitamento de produtos com baixa qualidade.

Os resultados indicam que a aplicação de grãos ardidos para produção de biodiesel é uma alternativa para solução de problemas na armazenagem, e também aumento de matérias primas para produção de biocombustível a partir de material graxo com elevado índice de acidez.

Ainda, é necessário considerar que a torta obtida no processo de extração mecânica tem aplicação na nutrição animal, aumentando ganhos financeiros e ambientais para soluções como esta.



REFERÊNCIAS

- ABIOVE.** Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. In: **Estatísticas mensais do complexo soja com dados atualizados até dezembro de 2019 e projeções anuais.** Disponível em: <http://abiove.org.br/wp-content/uploads/2019/10/2020-02-10-Quadro-de-Oferta-e-Demanda.pdf>. Acessado em: 01 de março/2020.
- BOMTEMPO, J.V. In: **Química Verde no Brasil 2010-2030.** Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.
- BORTOLETO, G. G.; SILVA, C. P. da; ALVES, L. A.; YOSHINAGA, F. Produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos de frango. **Bioenergia em revista: diálogos**, n. 2, p. 77-97, 2017.
- COPADO, C. N.; DIEHL, B. W. K.; IXTAINA, V. Y.; TOMÁS, M. C. Improvement of the oxidative stability of spray-dried microencapsulated chia seed oil using Maillard reaction Products (MRPs). **European Journal Lipid Science and Technology**, v. 121, p. 1-10, 2019.
- DĄBROWSKI, G.; KONOPKA, I.; CZAPLICKI, S.; TAŃSKA, M. Composition and oxidative stability of oil from *Salvia hispanica* L. seeds in relation to extraction method: Chia oil quality and oxidative stability. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 5, p. 160-209, 2017.
- FERNANDES, S. S.; TONATOB, D.; MAZUTTIB, M. A.; ABREUC, B. R.; CABRERAC, D. C.; D'OCAC, C. D. R. M; PRENTICE-HERNÁNDEZA, C.; SALAS-MELLADOA, M. L. M. Yield and quality of chia oil extracted via different methods. **Journal of Food Engineering**, v. 262, p. 200 - 208, 2019.
- LIMA, A.L.; LIMA, A.P.; PORTELA, F.M.; SANTOS, Q.D.; NETO, E.; HERNANDEZ-TERRONES, M.G.; FABRIS, J.D. Parâmetros da reação de transesterificação etélica com óleo de milho para produção de biodiesel. **Eclética Química**, v. 35, n. 4, p. 101-106, 2010.
- GUPTA, M. K. Practical guide for vegetable oil processing. AOCS PRESS, Illinois: Urbana, 2007. 490p.
- OLIVEIRA, D.S; FFONSECA, X.D.S.; FARIAS, P.N.; BEZERRA, V.S.; PINTO, C.H.C.; SOUZA, L.D.; SANTOS, A.G.D.; MATIAS, L.G.O. Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de *Moringa Oleífera* Lam. **Holos**, v. 28, n. 1, p. 49-61, 2012.
- RODRIGUES, J.A.R. Do engenho à biorrefinaria: a usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. **Química Nova**, v. 34, p.1242-1254, 2011.
- ROJAS, V. M.; MARCONI, L. F. C. B.; GUIMARÃES-INÁCIO, A.; LEIMANNA, F. V.; TANAMATI, A.; GOZZO, A. M.; FUCHS, R. H. B.; BARREIRO, M. F.; BARROS, L.; FERREIRA, I.C.F.R.; TANAMATI, A. A. C.; GONÇALVES, O. H. Formulation of mayonnaises containing PUFAs by the addition of microencapsulated chia seeds, pumpkin seeds and baru oils. **Food Chemistry**, v. 274, p. 220-227, 2019.
- SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, A. L. F.; RODRIGUES, J. P.; ALVES, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2009.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ADSORVENTE DE CASCAS DE ARROZ IN NATURA NO TRATAMENTO DE ÓLEO RESIDUAL

TREATMENT OF WASTE COOKING OIL USING ALTERNATIVE
ADSORBENT - SUGARCANGE BAGASSE FLY ASH

Lara Talita Schneider

Gabriela Bonassa

Joel Gustavo Teleken

Resumo

O desenvolvimento de tecnologias que reaproveitem resíduos oriundos das atividades agrícolas, industriais e urbanas é essencial, principalmente do ponto de vista ambiental, uma vez que elevadas quantidades de materiais tóxicos e poluentes são dispostos de maneira incorreta no meio ambiente, prática que tende a crescer concomitantemente à expansão industrial. O óleo residual é gerado em grandes volumes nos centros urbanos em virtude do elevado consumo de óleo refinado na cocção de alimentos. Porém, a baixa e inconstante qualidade deste resíduo é um dos entraves para sua utilização na transesterificação homogênea alcalina, rota comumente empregada na produção de biodiesel, fazendo-se necessário a aplicação de pré-tratamento do óleo residual. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi o tratamento de óleo residual por meio do processo de adsorção, empregando a casca de arroz in natura, biomassa advinda do setor agrícola, e o carvão ativado como materiais adsorventes. A utilização da casca de arroz como adsorvente alternativo no tratamento residual mostra-se vantajosa, uma vez que é um material de baixo custo, disponível em larga escala e que proporcionou resultados próximos aos obtidos com o carvão ativado.

Palavras Chave: Óleo residual, adsorvente alternativo, casca de arroz.

Abstract

The development of technologies that reuse wastes from the agricultural, industrial and urban activities is essential, mainly at the environmental point of view, since high amounts of toxic materials and pollutants are incorrectly disposed on the environment, practice that tends to grow concurrently with the industrial expansion. The waste cooking oil is generated in large volumes in urban centers due to the high consumption of refined oils in food cooking. However, the low and inconstant quality of this residual feedstock is one of the barriers for its use at homogeneous alkaline transesterification, route commonly used in the biodiesel production thus requiring pretreatment steps of the waste cooking oil before this process. In this context, the objective of this work was the treatment of waste cooking oil by adsorption process, using the in natura rice husk, biomass from agricultural sector, and activated carbon as adsorbent materials. The use of rice husk as an alternative adsorbent in the residual treatment is advantageous, since it is a low cost material, available on a large scale and gave results close to those obtained with the activated carbon.

Keywords: adsorption, free fatty acids, wastes management..



1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias que reaproveitem resíduos oriundos das atividades agrícolas, industriais e urbanas é essencial em virtude da elevada quantidade de poluentes que são dispostos incorretamente no meio ambiente, prática que tende a crescer concomitantemente à expansão industrial, induzindo o contínuo investimento em formas de transformação desses resíduos em energia ou produtos de valor agregado (JI; LONG, 2016).

Neste contexto, os biocombustíveis são conceituados como uma alternativa para a substituição parcial de energia proveniente de fontes não renováveis, destacando o biodiesel como um dos mais relevantes do país, o qual pode ser sintetizado a partir da transesterificação de triglicerídeos e ácidos graxos presentes em óleos vegetais, gorduras animais e óleos residuais (VALENCIA; CARDONA, 2014).

O óleo residual, proveniente da cocção de alimentos, tem ganhado destaque na produção de biodiesel pelo potencial de redução de custos frente às matérias-primas alimentícias. Entretanto, a exposição a elevadas temperaturas e a água advinda dos alimentos, provocam uma série de reações térmicas, oxidativas e hidrolíticas, responsáveis pela alteração de propriedades químicas e físicas do óleo e formação de compostos não desejáveis que influenciam na etapa de transesterificação, acarretando na minimização da conversão dos triglicerídeos em meio alcalino, fazendo-se necessário o pré-tratamento do óleo residual anterior à síntese de biodiesel (MANEERUNG et al., 2016).

A adsorção é citada como um dos possíveis processos de tratamento do óleo residual (AHMAD et al., 2016; FELIZARDO et al., 2006), para a remoção de determinados compostos e obtenção de maiores rendimentos na transesterificação, uma vez que a qualidade do biodiesel está diretamente relacionada às características da matéria-prima.

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial adsorvente da casca de arroz in natura, visando à redução de acidez e peróxidos de óleos residuais a partir da variação de condições operacionais (temperatura, velocidade de agitação e massa de adsorvente) do processo de adsorção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento experimental foi realizado no Laboratório de Produção de Biocombustíveis (UFPR – Setor Palotina), e a metodologia para o tratamento do óleo residual baseou-se na seqüência de etapas descritas abaixo.



2.1 Coleta do óleo residual

O óleo residual foi coletado em estabelecimentos comerciais do município de Palotina/PR. Todo o volume foi homogeneizado e armazenado em garrafas PET (polietileno tereftalato), que foram mantidas na geladeira durante o período dos experimentos.

2.2 Coleta e pré-tratamento da casca de arroz

A casca de arroz passou por lavagem com água e posterior secagem em estufa a 110 °C por 24 h para a evaporação da água e de resíduos voláteis. O material foi moído em um moinho de facas tipo Willye (Modelo SL 31 - Marca Solab), com o intuito de aumentar a área superficial, e em seguida, foi peneirado em peneiras granulométricas de 212 µm para a seleção da faixa granulométrica e obtenção de um material mais homogêneo.

2.3 Adsorção em batelada e análises do óleo residual tratado

A etapa de tratamento do óleo residual, em sistema fechado e batelada foi realizada em erlenmeyers de 125 mL, onde adicionou-se 33 g de óleo juntamente 2,81 g de adsorvente. Em seguida, os erlenmeyers eram encaminhados a uma incubadora Shaker (Modelo SL 222 - Marca Solab), com temperatura ajustada em 20 °C, e a velocidade de agitação variada conforme as condições observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições operacionais empregadas nos testes de adsorção

Teste	Temperatura (°C)	Massa de adsorvente (g)	Agitação (rpm)
1	20,0	2,81	50
2	20,0	2,81	125

Após um período de 360 min, tempo de equilíbrio determinado previamente com testes preliminares, as amostras eram filtradas a vácuo e os índices de acidez e peróxidos analisados por meio de técnicas titulométricas.

O índice de acidez foi realizado conforme o método proposto pelo Instituto Adolfo Lutz (1985) e calculado a partir da Equação 1:

$$IA = V \times C_{NaOH} \times M \div m \quad (1)$$

em que: IA = Índice de acidez (mg NaOH/g); V = Volume de NaOH gasto na

titulação (mL); C = Concentração da solução de NaOH (mol.L⁻¹); M = Massa molar do NaOH (g.mol⁻¹); m = Massa de óleo (g).

Já o índice de peróxido, de acordo com o método proposto pela AOAC (1997), e calculado com base na Equação 2:

$$IP = (A-B) \times N \times 1000 \div P \quad (2)$$

em que: IP = Índice de peróxido (meq.kg de amostra); A = Volume de Na₂S₂O₃ gasto na titulação (mL); B = Volume de Na₂S₂O₃ gasto na titulação do óleo sem tratamento (mL); N = Normalidade da solução de Na₂S₂O₃; P = Massa de óleo (g).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, observam-se os valores de redução dos índices de acidez e peróxidos dos óleos que passaram pelo tratamento em condições experimentais distintas.

Tabela 2. Resultados de porcentagem de redução dos índices de acidez e peróxidos nos respectivos processos realizados

Teste	Temp (°C)	M _{ads} (g)	A (rpm)	%R _{IA}	% R _{IP}
1	20	2,81	50	10	7
2	20	2,81	125	35	9

Observa-se na Tabela acima que ambos os processos proporcionaram ao óleo residual a redução dos índices de acidez e peróxidos. Porém, o teste 2, conduzido em maior velocidade de agitação, apresentou valores superiores, atingindo reduções de acidez e peróxidos de 35 e 9%, respectivamente, em relação ao óleo residual sem tratamento.

De acordo com a literatura, diversos parâmetros relacionados tanto as características do material adsorvente, quanto às condições operacionais do processo influenciam no processo de adsorção. Dentre eles, a agitação, considerada um fator importante por proporcionar por meio da dispersão homogênea das partículas e do maior contato íntimo entre elas, o aumento da taxa de transferência de massa, sendo que maiores agitações facilitam o transporte do adsorvato e proporcionam uma maior difusão entre adsorvato/adsorvente (O'NEILL et al., 2007; AL-QODAH, 2000).

Como citado, as maiores remoções foram observadas no teste conduzido em maior agitação, sendo assim, possivelmente a velocidade de agitação de 50 rpm não foi suficiente para proporcionar a dispersão das partículas, concluindo-se que maiores velocidades de agitação favorecem o tratamento do óleo residual, assim



como o observado por Ali et al. (2016), que, utilizando cascas de amendoim para a remoção de metais pesados de solução aquosas, fixaram uma velocidade de agitação de 150 rpm.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos comprovam o potencial adsorvente da casca de arroz para a redução de compostos presentes no óleo que influenciam negativamente na conversão e rendimento durante a reação de produção de biodiesel.

Diante dos testes experimentais, verificou-se que a velocidade de agitação influencia no tratamento, e que maiores velocidades proporcionam remoções superiores de ácidos graxos livres e peróxidos, possivelmente devido ao maior contato entre a superfície do adsorvente e o óleo residual.

É de grande importância que a maior quantidade de subprodutos advindos de diversas áreas sejam reaproveitados, como neste caso, tanto a casca de arroz quanto o óleo residual, agregando valor as cadeias produtivas e beneficiando o meio ambiente em virtude da redução de rejeitos depositados de maneira incorreta em locais inadequados.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa de estudos durante o período de desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, Z.; PATLE, D. S.; RANGAIAH, G. P. Operator training simulator for biodiesel synthesis from waste cooking oil. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 99, p. 55–68, **2016**.
- ALI, R. M.; HAMAD, H. A.; HUSSEIN, M. M.; MALASHB, G. F. Potential of using green adsorbent of heavy metal removal from aqueous solutions: Adsorption kinetics, isotherm, thermodynamic, mechanism and economic analysis. *Ecological Engineering*, v. 91, p. 317–332, **2016**.
- AL-QODAH, Z. Adsorption of Dyes Using Shale Oil Ash. *Water Resources*, v. 34, n. 17, p. 4295-4303, **2000**.
- AOAC – Association of official analytical chemists. *Official methods of analysis*. 15. ed. Washington, D.C. Editorial Board, **1997**.
- FELIZARDO, P.; CORREIA, M, J, N,; RAPOSO, I. Production of biodiesel from waste frying oils. *Waste Management*, n. 26, p.487–494, **2006**.



INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed. São Paulo: IMESP, **1985**.

JI, X.; LONG, X. A review of the ecological and socioeconomic effects of biofuel and energy policy recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 61, p. 41–52, **2016**.

MANEERUNG, T.; KAWI, S.; DAI, Y.; WANG, C-H. Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure. *Energy Conversion and Management*, v. 123, p. 487–497, **2016**.

O'NEILL, A.; ARAÚJO, R.; CASAL, M.; GUEBITZ, G.; CAVACO-PAULO, A. Effect of the agitation on the adsorption and hydrolytic efficiency of cutinases on polyethylene terephthalate fibres. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 40, p. 1801–1805, **2007**.

VALENCIA, M. J.; CARDONA, C. A. The Colombian biofuel supply chains: The assessment of current and promising scenarios based on environmental goals. *Energy Policy*. v. 67, p. 232-242, **2014**.





CAPÍTULO 3

SELEÇÃO DE BIOCIDAS PARA USO EM MISTURAS DIESEL-BIODIESEL

BIOCIDE SELECTION FOR DIESEL-BIODIESEL BLENDS

Adriane Ramos Zimmer
Fátima Menezes Bento

Resumo

Após a adição do biodiesel os problemas de contaminação microbiana em óleo diesel, foram percebidos ao nível de consumidor final. A presença de água, a adição do biodiesel e o acréscimo dos aditivos podem ter contribuído para a maior suscetibilidade da mistura. Como consequência é observada a presença de lodos biológicos que podem ser a causa de aumentos na frequência de troca de filtros, desgastes prematuros de peças e problemas de entupimentos nos motores. Os procedimentos físicos e químicos são indicados como formas de controle preventivo da contaminação microbiana. Uma alternativa de controle químico comum nos Estados Unidos e Europa é o uso de biocidas. No Brasil, esta alternativa ainda é pouco conhecida e questões como qual biocida utilizar, quais as concentrações indicadas, qual a fase se deve tratar, entre outras ainda necessitam de maiores estudos. Este estudo teve como objetivo avaliar 18 formulações de biocida e selecionar alternativas para tratamento de misturas diesel/biodiesel. Dentre as formulações testadas em caldo de cultura aquelas contendo misturas de isotiazolonas foram as mais eficientes, sendo efetivas em concentrações menores 0,05%. As formulações contendo oxazolidina ou morfolina também se mostraram eficientes biocidas, porém em concentrações maiores. Para os experimentos de armazenamento simulado (sistemas água/óleo) foram avaliadas 8 formulações. Algumas apresentam problemas de compatibilidade com a mistura B10 avaliada, outras necessitaram de concentrações maiores para tratamento do biodiesel puro quando comparado a mistura (B5).

Palavras chave: contaminação microbiana, estocagem, antimicrobianos, combustíveis.

Abstract

After the biodiesel addition the problems with microbial contamination in diesel oil, were perceived at the end consumer level. The water presence and the biodiesel and additives addition may have contributed to a greater blends susceptibility. As a consequence, the presence of biological sludge was observed, which can cause the highest frequency of filter changes, premature wear of parts and engine problems in the engines. Physical and chemical procedures are indicated as preventive tools control of microbial contamination. An alternative chemical control common in the United States and Europe is the use of biocides. In Brazil, this alternative is still not applied and questions such as which biocide is used, what are the indicated indications, what is the stage in which it should be treated, among others still studied. This study aimed to evaluate 18 biocide formulations and select alternatives for the treatment of diesel / biodiesel blends. Among the formulations tested in the culture broth that contain isothiazolones blend were the most efficient, being effective in dosage below 0.05%. Formulations containing oxazolidine or morpholine can also be efficient biocides, but they are larger. For the simulated storage experiments (water / oil systems), 8 formulations were evaluated. Some have compatibility troubles with the B10 blend, others needed greater dosage of pure biodiesel when compared to the mixture (B5).

Key words: microbial contamination, storage, antimicrobials, fuels.



1. INTRODUÇÃO

Desde 2005, quando a adição do biodiesel ao diesel brasileiro tornou-se obrigatória, os desafios referentes a manutenção da qualidade da mistura durante a estocagem, foram percebidos pelos usuários. Com o novo marco legal do RENOVA-BIO, o uso dos biocombustíveis é incentivado, sendo que atualmente o percentual mínimo de biodiesel misturado ao óleo diesel é de 12% e máximo de 15%. Embora o biodiesel apresente várias vantagens em seu uso, algumas características como a higroscopicidade e a instabilidade química, exigem especial atenção durante a estocagem (BENTO et al., 2016; CAVALCANTI et al., 2019). Outra característica, se refere a suscetibilidade à contaminação microbiana durante a estocagem, demonstrada em vários estudos (BENTO et al 2010; 2016; CAZAROLLI et al 2013, 2018; BUCKER et al 2014; CAVALCANTI et al., 2019). Como principais consequências do desenvolvimento microbiano nos tanques de estocagem são observados o aumento na produção de sólidos visíveis (lodo de origem química e biológica, gomas), metabólitos microbianos (ácidos orgânicos e inorgânicos com o H_2S), biossurfactantes e ainda a possibilidade da ocorrência nas superfícies da corrosão influenciada por microrganismos (CIM) (PASMÁN 2013, BENTO et al. 2016; COSTA et al, 2018). Problemas relacionados a saturação prematura dos filtros, desgastes dos bicos injetores e peças dos motores, são esperados quando combustível está contaminado e degradado, elevando os custos de manutenção dos equipamentos (GAYLARDE et al., 1999; HILL & HILL, 2009; KLINKSPON, 2009; BUCKER et al., 2011; LUCCHESI et al., 2012; PASSMAN, 2013; TURKIEWICZ et al, 2013; BENTO et al., 2016; CAVALCANTI et al, 2019). Os tanques contaminados são diagnosticados com três fases, uma fase aquosa que se acumula no fundo do tanque; a fase oleosa, que corresponde a parte superior do tanque e a interface óleo-água, indicativa do desenvolvimento microbiano, o lodo ou biomassa (Figura 1).

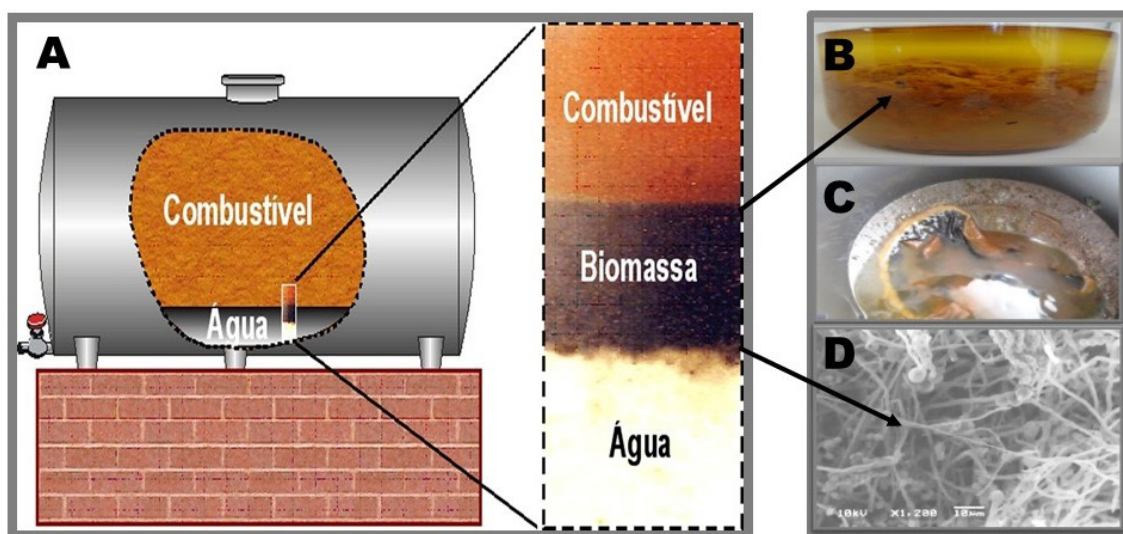


Figura 1. Representação esquemática de um tanque aéreo de armazenamento de combustível em condições inadequadas com as três fases representando, a fase combustível (superior do tanque); fase aquosa (água livre, no fundo do tanque) e a interface, indicativa de contaminação microbiana (biomassa) (A). Detalhes do lodo biológico (B); biofilme microbiano formado no fundo de um tanque (C) e imagem da biomassa fúngica (hifas) no microscópio eletrônico (Magnificação 1200x 10kva) (D).

A água é um fator determinante para a proliferação de microrganismos e também catalisa as reações de degradação química. Além da água livre que se forma pela condensação da umidade, o caráter higroscópico do biodiesel propicia, o aparecimento de uma fase dissolvida de água na fase combustível (Bento et al 2010; Jackeria et al 2014), aumentando a turbidez e tornando o combustível, um vetor da disseminação da contaminação microbiana ao longo de sua cadeia de distribuição e armazenamento (BENTO et al 2010; 2016). A fim de garantir a qualidade do combustível, estabelecida no Regulamento Técnico nº 3/2014 (Resolução ANP Nº 45, de 25.8.2014); a primeira Norma brasileira foi homologada ABNT NBR 16732-19 - Combustíveis líquidos e sistemas associados- Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana. Nesta normativa são recomendados métodos físicos que envolvem rotinas rígidas de drenagem da água dos tanques e filtração dos combustíveis para evitar o acúmulo de água e o desenvolvimento microbiano e o controle químico, como a adição de biocidas. A utilização de biocidas em combustíveis já é realidade na Europa e nos Estados Unidos onde seu uso é regulamentado pela Diretiva de Produtos Biocidas (BDP, diretiva 98/8/EC) e pela Agência de Proteção Ambiental (EPA), respectivamente (PASSMAN, 2013). No Brasil, os biocidas podem ser encontrados, na forma pura ou como parte integrante de produtos multifuncionais que combinam diferentes aditivos para proteção da qualidade do combustível armazenado. A seleção de um biocida para uso em combustíveis envolve muitos aspectos, entre eles a definição de seu espectro de ação (eliminação de bactérias e/ou fungos), dosagens, qual a fase tratar (oleosa, aquosa ou interface) eficiência no sistema óleo/água, compatibilidade com o combustível, toxicidade e biodegradabilidade, entre outros (HILL & HILL, 2008; KLINKSPON 2009; SIEGERT, 2009; BENTO et al., 2010; BROWNE, 2011; LUZ et al 2018). As formulações, além de eficientes no controle microbiano, devem ainda atender a outras exigências do mercado tais como: baixo custo e baixo risco a saúde ocupacional e ambiental (CANTER, 2012). O objetivo deste estudo foi avaliar formulações biocidas para uso em misturas diesel/biodiesel. Na primeira etapa foram investigadas 18 formulações quanto à sua capacidade de controlar o desenvolvimento microbiano em caldo de cultura, como uma informação orientativa. Em uma segunda etapa, a efetividade e a compatibilidade de 8 destas formulações, foi determinada em condições de armazenamento simulado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliadas 18 amostras de biocidas com diferentes princípios ativos em formulações variadas (Tabela 1). Na primeira etapa envolveu testes de susceptibilidade em caldo a fim de se conhecer as concentrações de uso e o espectro de ação de cada produto. Na segunda etapa, os produtos que se destacaram foram avaliados em sistema óleo/água a fim de se determinar sua compatibilidade, efetividade e tempo de proteção do sistema.



2.1 Avaliação da CMI e CMB

A determinação da concentração mínima inibitória (CMI) e concentração mínima biocida (CMB) foi realizada através do teste padrão de diluição em caldo de cultura (CLSI, 2012; ZIMMER et al., 2013).

2.1.2 Microrganismos

Foram utilizados um inóculo misto não caracterizado (consórcio), conforme norma ASTM E1259, e culturas puras dos principais grupos microbianos, um fungo filamentososo - *Paecilomyces variotii*, uma levedura-*Candida silvicola* e uma bactéria-*Bacillus pumillus*. Estes microrganismos foram isolados de diesel e misturas diesel/biodiesel (BENTO & GAYLARDE, 1996; BENTO et al., 2010; BUCKER et al., 2011) e pertencem a gêneros comumente encontrados em combustíveis (YEMASHOVA et al., 2007;WHYTE, 2011).

2.1.3 Preparação dos Inóculos

O consórcio foi preparado conforme Norma ASTM E1259-10. Resumidamente, um erlenmeyer com 100 mL de meio mineral Bushnell-Haas – BH (g. L⁻¹: KH₂PO₄ - 1,0; K₂HPO₄ - 1,0 ; NH₄NO₃ - 1,0 , MgSO₄ 7H₂O, -0,2; FeCl₃ - 0,05; CaCl₂ 2H₂O - 0,02 ; Bushnell-Hass,1941), estéril, pH 7,2, foi suplementado com 2% da mistura B10 estéril e inoculado com 5 mL de uma borra microbiana obtida de diesel e mistura B5 e incubados a 28°C, 100 rpm durante 7 dias. O inóculo foi ajustado para uma turbidez padrão McFarland 0,5 (600 nm), correspondendo a uma concentração de 10⁸ UFC. mL⁻¹, com meio mineral BH. Após, uma diluição de 1:20 foi realizada com meio mineral BH para obter uma concentração final nos microcosmos de 10⁴ UFC. mL⁻¹ de fungos e 10⁶ UFC. mL⁻¹ de bactérias e leveduras (ZIMMER et al., 2013; 2017). A suspensão de esporos foi preparada a partir de culturas com 7 dias em ágar malte. As suspensões de células de levedura e bactéria foram obtidas a partir da cultura de 2 dias em caldo malte ou caldo nutriente respectivamente.



		Ingrediente Ativo	Nome / (TIPO)
COMPOSTOS HETEROCÍCLICOS	A		
	B		
	C		
	D	Mistura de Isotiazolonas	Biocida
	E		
	F		
	G		
	H	Morfolina + Isotiazolona	Biocida
LIBERADORES DE FORMALDEÍDO	I	Morfolina	Biocida
	J	Morfolina	Agente anticorrosão com propriedades biocida
	L	Triazina	Biocida
	M	Oxazolidina	Biocida
	N	Oxazolidina	Biocida
	O	Oxazolidina (8% de ativo)	Aditivo multifuncional com propriedades biocida
	P	Oxazolidina (50% de ativo)	Aditivo multifuncional com propriedades biocida
	Q	(TCMTB + IPBC)	Biocida
R	PHMB - biguanidina	Biocida	
S	SAIS DE SÓDIO	Biocida	

Tabela 1: Principais grupos de biocidas avaliados, princípios ativos e as designações utilizadas neste estudo. *As formulações contendo o mesmo ingrediente ativo foram enviadas por diferentes fornecedores e por isto apresentam algumas diferenças (não especificadas pelo fabricante) em sua composição.

A contagem de esporos e células de levedura foi realizada em câmara de Neubauer e ajustadas para uma concentração final de 10^6 UFC.mL⁻¹. A padronização do inóculo foi realizada utilizando-se o padrão 0,5 da escala McFarland.

2.1.4 Solução estoque do biocida

Em um balão volumétrico com capacidade para 100mL adicionou-se 200µL do produto e o volume final foi completado com água destilada estéril, resultando em uma solução estoque de concentração de 0,2% v/v (2000 ppm). Em alguns casos utilizou-se uma solução estoque de 1,2%. A concentração máxima de 0,2% foi estabelecida a fim de selecionar produtos que atuassem em concentrações menores de 0,1%. A solução foi acondicionada em frasco estéril, identificada e mantida em geladeira até o uso.



2.1.5 Delineamento experimental

Em frascos de vidro estéreis, com capacidade para 15mL, foram adicionados 4mL de caldo de cultura (caldo malte para fungos e leveduras e caldo nutriente para bactérias). Ao primeiro frasco da série foram adicionados 4mL da solução-estoque do biocida, correspondendo este frasco a uma diluição de 50% da solução estoque. Deste primeiro frasco foram retirados 4 mL e transferidos para o segundo frasco e assim sucessivamente, sendo que cada frasco da série apresentou sempre uma concentração 50% menor que a anterior. Um frasco, contendo apenas o caldo de cultura, constituiu o controle do teste. Após, cada frasco recebeu inóculo correspondente a uma concentração final de 10^6 UFC.mL⁻¹. Os frascos foram incubados a 28°C, durante 10 dias. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

2.1.6 Determinação de CMI e CMB

A determinação da concentração mínima inibitória (CMI) foi realizada visualmente utilizando-se como critério a formação de biomassa para fungos e turvação do meio para leveduras e bactérias. A determinação da concentração mínima biocida (CMB) foi realizada com os frascos contendo as concentrações de biocida superiores a CMI observada. Destes frascos retirou-se uma alíquota de 10µL, que foi inoculada em placas contendo meio de cultura sólido PCA. As placas foram incubadas a 28°C durante 3 dias para a leveduras e bactérias e 7 dias para o fungo e o consórcio. Foi considerada CMB a concentração onde não foi verificado crescimento. As avaliações foram realizadas em 24 e 48 h, 5, 7 e 10 dias em triplicata.

2.2 Seleção de biocidas - Ensaios de efetividade

Os ensaios de efetividade foram conduzidos para avaliar o desempenho do biocida em sistema óleo/água com os produtos selecionados no experimento anterior. As condições do teste são descritas na Tabela 2.

Óleo / água		
	Volume (mL)	Fase oleosa
Etapa 1	20/20 (1:1)	Biodiesel B100 e mistura B5 (95% diesel S500 (500 ppm de enxofre) e 5% biodiesel soja/sebo) estéreis.
Etapa 2	20/60 (1:3)	Mistura B10 (Diesel S50 (50 ppm de enxofre)), com baixo teor de enxofre, e biodiesel B100 (metílico soja e sebo) não estéreis, ou seja, conforme recebido.

Tabela 2: Condições do experimento de efetividade do biocida com estocagem simulada.

2.2.1 Delineamento experimental

em frascos de vidro com capacidade para 250mL (simulando um tanque de armazenamento) foram adicionados meio mineral BH (fase aquosa) e o combustível (fase oleosa). Todos os experimentos foram realizados com amostras destrutivas e três réplicas para cada tratamento. Todos os frascos foram previamente agitados para homogeneização do conteúdo e acondicionados em caixas fechadas mantidas em temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Ingrediente Ativo	Concentração (%) v/v	
	Etapa 1 óleo/água (1:1) 20 mL / 20mL - B100/B5 - 28 dias	Etapa 2 – óleo/água (3:1) 60 mL / 20mL -B10 - 35 dias
A	0,01; 0,025; 0,05	*
B	0,05; 0,07; 0,11	*
D*	0,05; 0,08; 0,12	0,005; 0,01; 0,02
E*	0,02; 0,05; 0,07	0,005; 0,01; 0,02
F*	0,05; 0,07; 0,11	0,03; 0,04; 0,05
G*	0,05; 0,07; 0,11	0,02; 0,03; 0,04
O	Oxazolidina (8%) MBO	0,2; 0,3; 0,4
P	Oxazolidina (50%) - MBO	0,05; 0,1
Q	TCMTB + IPBC	0,07; 0,1; 0,15

Tabela 3: Princípios ativos e concentrações das formulações de biocidas avaliados nas duas etapas do estudo.

* produtos que tiveram sua formulação ajustada para a segunda etapa dos testes de efetividade

2.2.2 Combustível

Uma vez que o estudo foi realizado em momentos distintos, utilizou-se diferentes misturas de diesel/ biodiesel (Tabela 2), preparadas no laboratório (v/v). Todo o combustível utilizado no experimento foi preparado em uma única vez e adicionado aos frascos sem esterilização (conforme recebido). O combustível foi fornecido pela Ipiranga Produtos de Petróleo S/A.

2.2.3 Biocidas

os biocidas utilizados em cada etapa estão descritos na tabela 3. Todas as concentrações foram preparadas na fase oleosa. O volume necessário de combustível para cada concentração de biocida avaliado foi preparado uma única vez e posteriormente, alíquotas do combustível tratado foram distribuídas nos frascos experimentais.



2.2.4 Níveis de contaminação

Na etapa 2 a efetividade dos biocidas foi testada contra dois níveis de contaminação microbiana: baixa, combustível conforme recebido (estimada em 10^3 UFC.L⁻¹ conforme Norma IP 385) sem adição de inóculo; e alta, com adição de inóculo microbiano na concentração de 10^6 UFC. mL⁻¹ (SIEGERT, 2009; HILL & HILL, 2009).

2.2.5 Controles

Foram utilizados dois controles, (a) frascos com fase aquosa e fase oleosa sem adição de inóculo ou biocida; (b) frascos com fase aquosa e fase oleosa com inóculo e sem adição de biocida

2.3 Análises

2.3.1 Fase aquosa

Foram realizadas medidas de pH utilizando-se fitas de pH universal e a avaliação da efetividade e do tempo de morte através de teste em placa como descrito no item 2.1.6-CMB para cada concentração dos produtos avaliados. Este teste foi realizado a cada tempo amostral com todas as réplicas de cada tratamento do experimento.

2.3.2 Interface

A biomassa formada pelo desenvolvimento microbiano foi quantificada através de seu peso seco (mg/L). Ao final de cada tempo amostral o conteúdo total de cada frasco foi filtrado em discos de papel filtro previamente pesados. Para a remoção do excesso de óleo da biomassa, utilizou-se 4 mL de hexano, sobre cada disco. Os discos foram colocados em estufa a 30°C, durante 2 dias, e após transferidos para um dessecador até a pesagem. O cálculo para obtenção do peso seco foi:

$$\text{Variação de biomassa (g)} = \text{Peso final (g)} - \text{peso inicial(g)} \quad (1)$$

2.3.3 Fase oleosa

Foram realizadas, análises da turbidez com a escala HAZE (ASTM D 4176-04).



Este método consiste na análise visual do combustível e fornece dados qualitativos a respeito da presença de água e material particulado no combustível.

2.4 Análise estatística

As médias e desvios padrão dos dados brutos foram obtidos com o uso do programa Microsoft Office Excel 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Testes em caldo – CMI/CMB

Os biocidas formulados a partir de misturas de isotiazolonas e de morfolina (I) apresentaram ação inibitória e biocida sobre os microrganismos do ensaio em dosagens mais baixas. As formulações contendo oxazolidina, triazina (L) e morfolina (J) foram menos eficientes comparadas às misturas de isotiazolonas (Tabela 4). A maioria não foi efetiva, principalmente no controle da contaminação fúngica, como no caso das formulações N, O e P. Cabe ressaltar que estas formulações continham menor percentual de ingrediente ativo comparadas com a formulação M que apresentou efetividade para todos os grupos, porém em concentrações de 0,5% (5000ppm). Algumas formulações foram eliminadas nesta fase devido a incompatibilidades com o combustível. A formulação R formou precipitados no meio de cultura e a formulação S provocou intensa turvação da fase oleosa.

Os resultados obtidos em testes de CMI e CMB em caldo constituem apenas uma avaliação orientativa, já que são conduzidos em condições ideais para o desenvolvimento dos microrganismos (pH, nutrientes, oxigênio, etc...). Assim, as concentrações determinadas como inibitórias nesta condição, podem não corresponder às concentrações necessárias para controlar uma população em condições reais, mas servem como valores de referência e informam o espectro de ação do produto (BENTO et al., 2010).

Nesta etapa foram avaliadas 18 formulações de biocida em meio de cultura contendo, ingredientes ativos indicados para tratamento de combustíveis como as isotiazolonas, morfolinias e oxazolidinas (PASSMAN, 2013), com inóculos de microrganismos em cultura pura e um consórcio (ASTM E1259) na concentração 10^6 UFC.mL⁻¹. A comparação dos valores de CMI e CMB obtidos para os biocidas testados são observados na Tabela 4.



	*	Ingrediente Ativo	<i>C. silvícola</i>		<i>P. variotii</i>		<i>B. pumillus</i>		Consórcio	
			CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB
ISOTIAZOLONAS	A	Mistura de isotiazolonas	0,01	0,02	0,05	0,10	0,02	0,05	0,02	0,05
	B		0,05	0,11	0,05	0,11	0,05	0,05	0,02	0,05
	C		0,01	0,01	0,05	0,05	0,01	0,02	0,01	0,01
	D		0,03	0,06	0,06	0,12	0,01	0,06	0,05	0,05
	E		0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,10	0,02	0,05
F	0,06	0,06	0,06	0,12	0,01	0,06	0,06	0,12		
G	0,01	0,03	0,06	0,06	0,06	0,12	0,06	0,12		
H		Morfolina + isotiazolona	0,012	0,012	0,025	0,025	0,012	0,012	0,05	0,05
LIBERADORES DE FORMOL	I	Morfolina	0,003	0,003	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	J	Morfolina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	-	0,10
	K	Triazina	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-	-	-
	L	Oxazolidina 100%	0,10	0,10	0,20	0,20	0,50	0,50	0,50	0,50
	M	Oxazolidina 90%	-	-	-	-	0,05	0,05	0,05	0,05
	N	Oxazolidina 8%	-	-	-	-	-	-	-	-
	O	Oxazolidina 50%	-	-	-	-	0,60	0,60	-	-
P										
Q		TCMTB + IPBC	0,02	0,15	0,02	0,07	0,04	0,15	-	-
R		PHMB	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,05	0,05	0,05
S		Sais de sódio	0,05	0,10	0,02	0,02	0,05	0,10	0,05	0,10

Tabela 4. Comparação entre as CMI dos biocidas testados sobre os microrganismos isolados e do consórcio não caracterizado. - não houve inibição do crescimento; Valores em percentagem (%).

3.2. Ensaios de Efetividade

Os estudos de efetividade permitem estimar as concentrações mais adequadas para o tratamento do combustível em uma condição real (Figura 1), sua compatibilidade com a mistura diesel/biodiesel e o comportamento do produto em sistema óleo/água. Nesta etapa do estudo, 8 formulações foram testadas contra o consórcio microbiano. Devido às muitas variáveis que podem influenciar o desempenho das moléculas no sistema e do caráter experimental de algumas formulações, este experimento foi realizado em duas etapas onde foram avaliadas diferentes características.

3.2.1. Etapa 1- sistema óleo/água; fase oleosa composta por biodiesel B100 ou mistura B5

Para esta etapa foram selecionadas misturas de isotiazolonas, (formulações **A–G**), um aditivo multifuncional com 8% de substância ativa (formulação **O**- MBO) e uma formulação contendo TCMTB (**Q**) (Tabela 2). Foram avaliados o tempo de morte dos microrganismos e o tempo de proteção no sistema em dois tipos de combustíveis, biodiesel puro e a mistura B5. Os resultados são apresentados na tabela 5.

Na avaliação do tempo de morte e proteção do sistema os biocidas **A, B, D**

foram os mais efetivos, promovendo a morte dos microrganismos nas primeiras 24 horas, em concentrações entre 0,025 e 0,05% e mantendo sua proteção durante os 28 dias do experimento (Tabela 5). O biocida **F** foi igualmente efetivo, porém em concentrações maiores, 0,075 % para B5 e 0,11 % para B100. O **biocida E** promoveu a morte dos microrganismos nas primeiras 24 horas em concentrações baixas, porém controlou o desenvolvimento microbiano até 21 dias em B5 e 14 dias em B100. Para as demais formulações testadas (**G**, **O** e **Q**), foi detectado crescimento microbiano em placa em todos os tempos amostrais.

Nesta etapa destacamos o comportamento diferencial dos produtos **E** e **F**, em mistura B100 onde verificamos um aumento na concentração (CMB) do produto para controle da contaminação e uma redução e o tempo de preservação do sistema comparados à mistura B5. Diferentes autores relatam que a atividade de um produto pode depender do tipo de combustível. Passman *et al* (2007), por exemplo, mostraram que um produto contendo morfolina controlou a contaminação microbiana em gasolina, mas falhou em diesel (ULSD). Keene e Browne (2012), testaram o mesmo produto em 9 tipos de combustível, verificando falha na preservação de 8 deles. Zimmer et al., (2013) testaram um produto contendo isotiazolonas e outro contendo oxazolidina (MBO) em quatro diferentes combustíveis, diesel puro, biodiesel puro e as misturas diesel/biodiesel B7 e B10 e observaram que a atividade do produto contendo Oxazolidina foi reduzida nas misturas, quando comparadas ao combustível puro. Luz et al, (2013) testaram um aditivo associado ao biocida Corine EF® e também verificaram diferença na performance do produto em mistura B20 elaborada a partir de biodiesel de soja ou colza. Selvaraju et al., (2011) verificaram diferenças na atividade de dois biocidas em diferentes fluidos de corte, sugerindo que estas diferenças estariam relacionadas à compatibilidade entre os biocidas e a composição dos fluidos.

Biocida	24h		48h		7 dias		14 dias		21 dias		28 dias	
	B5	B100	B5	B100	B5	B100	B5	B100	B5	B100	B5	B100
A	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
B	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
D	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E	0,025	0,05	0,025	0,05	0,025	0,05	0,05	0,075	0,05	-	-	-
F	0,075	0,11	0,075	0,11	0,075	0,11	0,075	0,11	0,075	0,11	0,075	0,11
G	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Q	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabela 5. Valores das CMB (% de produto) das formulações de biocida na fase combustível (B100 e B5), estudadas em condição de armazenamento simulado em sistema óleo/água contaminados com inóculo não caracterizado. + foi constatado crescimento microbiano.

De acordo com Cloete et al., (1998) a atividade de um biocida depende, entre outros fatores, das interações entre o produto e a composição do combustível. Incompatibilidades entre o biocida e a composição química do sistema podem reduzir a eficácia do produto ou provocar a sua desativação (GEVA, 1992; ZIMMER et al 2013). As misturas de isotiazolonas como MIT/CMIT, por exemplo, são incompatí-

veis com a presença de aminas, agentes oxidantes, agentes redutores e mercaptanas (JACOBSON & WILLIAMS, 2000; BROWNE, 2011) e tem como desvantagem a sua desativação por formas reduzidas de enxofre (WILLIAMS, 2007). O biodiesel é um combustível cuja composição possui alta complexidade, principalmente devido a diferenças nos processos de fabricação, matéria prima (semente), proporção em que os óleos são misturados, aditivos utilizados, condições de estocagem etc.. (CAZAROLLI et al, 2013; CAVALCANTI et al 2019) e tudo pode afetar o desempenho dos biocidas. Além disto, independente da substância ativa, cada formulação apresenta características distintas, que podem resultar em performance diferencial (PASSMAN, 2013). Os resultados obtidos para a formulação **P** (baseada no ativo MBO) podem ser atribuídos a baixa concentração de biocida na formulação (50%), mas não podemos descartar as interações entre os demais componentes da formulação com o biocida.

3.3 Etapa 2: sistema óleo/água 3:1(60mL:20mL); fase oleosa misturada B10.

Nesta etapa avaliou-se a efetividade de um mesmo ingrediente ativo (isotiazolonas) em quatro diferentes formulações (diferentes graus de solubilidade em água) e um aditivo multifuncional com 50% de oxazolidina contra o consórcio microbiano. Para este ensaio a proporção de água no sistema foi reduzida a fim de se obter condições mais próximas da real. Também foram avaliados dois níveis de contaminação, alto (10^6 UFC.mL⁻¹) e baixo (recebido, 10^3 UFC.mL⁻¹) (WILLIAMS et al., 1991; Hill & Hill, 2009). As interações do biocida com o combustível, o tipo e o tempo de ação e o volume de biomassa formada após 35 dias para cada formulação foram comparados.

3.3.1 Análises da fase aquosa

Na fase aquosa de cada frasco foram avaliados o pH e o tempo de morte. Os processos de degradação microbiana podem produzir ácidos orgânicos que, dependendo de sua concentração final, reduzem o pH desta fase, sendo um indicativo de contaminação microbiana. Neste experimento, o pH na fase aquosa não variou, mantendo-se na faixa neutra (7) até o final dos 35 dias em todos os tratamentos. Segundo Bento (2001) e Cazarolli et al., (2013) o meio mineral BH, pode apresentar efeito tampão devido às altas concentrações de fosfato (2g/L) em sua composição, inibindo as variações bruscas no pH.

Os resultados do tempo de morte e efetividade dos biocidas testados, avaliados pelo teste de viabilidade celular (teste de morte – ver 2.1.6-CMB) são apresentados na Tabela 6. Uma ação biocida, indicada pela ausência de crescimento microbiano em placa, somente foi observada para as formulações **D** e **F**. Para a condição

de baixa contaminação (10^3 UFC.mL⁻¹), a formulação **D** foi efetiva após 24 horas de contato, enquanto que, para a mesma condição a formulação **F** foi efetiva somente após 14 dias. Na condição de contaminação alta (10^6 UFC.mL⁻¹), as formulações **D e F**, foram efetivas após 21 dias. As formulações **E, G e P** não apresentaram ação biocida sobre o consórcio em nenhuma das concentrações testadas, porém foi constatada uma redução na diversidade do consórcio para as formulações **E e P**. Aos 14 dias foi possível recuperar em placa apenas um tipo de bactéria, um bacilo gram positivo esporulado ainda não identificado. Bucker et al (2014) avaliaram a diversidade microbiana utilizando técnicas moleculares em sistemas tratados com 0,05% da formulação **P** (oxazolidina) e também observaram apenas um efeito bioestático com redução da diversidade nos tratamentos com alta contaminação.

Biocida	Tratamento	Concentração %	Tempo de morte dos microrganismos
D	Contaminado	0,005	21dias
	Recebido	0,005	24horas
E	Contaminado	0,02	*
	Recebido	0,02	*
F	Contaminado	0,03	21 dias
	Recebido	0,03	14dias
G	Contaminado	0,04	*
	Recebido	0,04	*
P	Contaminado	0,1	*
	Recebido	*	*

Tabela 6: Avaliação do tempo de morte para os microrganismos em sistema água/óleo tratado com biocida. **I:** contaminado 10^6 , **r:** recebido (10^3) -* Crescimento não controlado pelo biocida

3.3.2 Análises da interface - Formação de biomassa:

A efetividade do biocida no controle do desenvolvimento microbiano foi monitorada durante 35 dias pela produção de biomassa na interface óleo/água (mg/L).

O peso médio da biomassa após 35 dias no tratamento controle (sem biocida) foi de 445,8 mg/L nos tratamentos com baixa contaminação (10^3 UFC.mL⁻¹) e 800mg/L nos tratamentos com alta contaminação (10^6 UFC.mL⁻¹); Para fins de comparação, calculou-se o valor médio do peso seco da biomassa formada nos tratamentos com diferentes concentrações das formulações (mg/L), obtendo-se para a formulação **P**, $275,0 \pm 17,7$ e $381,3 \pm 61,9$; formulação **D**, $331,9 \pm 9,1$ e $283,3 \pm 14,9$; formulação **E**, $586,8 \pm 135,0$ e $538,9 \pm 110,4$ formulação **F**, $220,1 \pm 45,8$ e $217,1 \pm 66,1$ e para a formulação **G**, $374,3 \pm 109,1$ e $316,0 \pm 127,1$; respectivamente para baixa e alta contaminação. A Tabela 7 mostra a porcentagem de biomassa formada após 35 dias nos tratamentos com cada biocida testado em relação ao controle (sem biocida). Na condição de alta contaminação houve uma redução significativa da biomassa entre os tratamentos que receberam biocida e o tratamento controle sem biocida ($p \geq 0,5$). Na condição de baixa contaminação apenas o tratamento com biocida **E** não apresentou uma redução da biomassa em relação ao tratamento controle. Na situação de baixa contaminação os biocidas **F e P** foram os mais efetivos, promovendo uma redução de 38% no volume da biomassa formada, seguido pelos biocidas **D e G**, com reduções de 26% e 16%, respectivamente. Na

condição de alta contaminação o biocida **D** promoveu uma redução de 65%, na biomassa formada, seguido pelos biocidas **G, F, P** e **E** com reduções na ordem de 61%, 52%, 52% e 33%, respectivamente. A ação de um biocida sobre a população microbiana é um importante fator a se considerar quando se busca um tratamento efetivo para a proteção do combustível. A efetividade de um biocida depende das características do próprio biocida, das características do sistema a ser tratado, da susceptibilidade, da diversidade dos microrganismos e da intensidade de infestação (BAUTISTA et al 2016).

Tratamento	Peso médio da Biomassa formada %*		Concentração máxima do biocida	Biocida
	Recebido (R)	Inoculado (I)		
Controle	100	100	0%	não
D	74	35	0,02%	Mistura de Isotiazolonas
E	132	67	0,02%	
F	62	48	0,05%	
G	84	39	0,04%	
P	62	48	0,05%	Oxazolidina (50%)

Tabela 7. Valores do peso seco (%) de biomassa formada, após 35 dias nos tratamentos com biocidas testados em relação ao tratamento controle, sem biocida. **I**: contaminado, **R**: recebido (10^3) - *média de 3 réplicas

Um biocida pode atuar inibindo o crescimento microbiano – ação biostática, como observado para a formulação **P** ou promovendo a morte de todas células e esporos do meio – ação biocida, como observado para a formulação **D**. O efeito, é dose dependente, ou seja, o resultado depende da concentração do produto e do tempo de contato entre as células e o biocida. A maioria dos biocidas indicados para tratamento de combustíveis é do tipo não oxidante, estes biocidas tem como alvo componentes celulares nucleofílicos, como as proteínas da parede celular e da membrana plasmática, o material genético e algumas enzimas. Eles atuam, basicamente, impedindo a sua síntese pela remoção dos grupamentos amino-, tiol- e grupos amida dos aminoácidos e proteínas. Desta forma, estes biocidas são mais efetivos sobre células metabolicamente ativas, enquanto aquelas com metabolismo reduzido são afetadas mais lentamente e as formas dormentes, como endósporos e células persistentes, praticamente não são afetadas (GAYLARDE, 1985; PASSMAN, 2019). A comunidade microbiana que se desenvolve nos tanques de armazenamento é muito variada, constituída de bactérias aeróbias e anaeróbias, fungos e leveduras. Esta microbiota pode ser encontrada no combustível na forma, planctônica (dispersa na água ou no combustível) ou na forma de biofilmes (consórcios microbianos), que podem estar aderidos às superfícies dos tanques ou na interface água/óleo (Figura 1). Estas condições interferem diretamente na ação dos biocidas por diferentes mecanismos. A presença de um biofilme pode impedir ou retardar a difusão do biocida para a fase aquosa, e o contato do biocida com as células, reduzindo a eficácia do produto (CLOETE et al., 1998; KENEE & BROWNE, 2011). Além disto, algumas destas células, principalmente aquelas inseridas no biofilme, (mas não apenas estas) podem apresentar metabolismo mais lento, ou, por diversos fatores estar em estado de dormência (PASSMAN, 2019). Dentro destas comunidades (consórcios), ocorrem ainda inúmeras interações entre os micror-

ganismos que podem lhes conferir maior tolerância ao biocida presente no meio. Por tudo isto, microrganismos em comunidades representam um desafio maior em termos de controle (MORCHAT et al., 1988; STEWART & COSTERTON, 2001; Browne, 2011), comparadas àqueles crescendo em culturas puras. Neste estudo, entre as formulações avaliadas foram testadas três grupos de substâncias ativas isotiazolonas, morfolinias e oxazolidinas (Figura 2). As isotiazolonas, são conhecidas por apresentar um amplo espectro de ação contra bactérias, fungos e algas (WILLIAMS, 2007), baixo custo e ação rápida. Muitos estudos (BENTO et al 1996, 2010; BROWNE, 2011; RAIKOS et al., 2011; ZIMMER et al 2013 e outros ainda) mostram que as isotiazolonas podem controlar o desenvolvimento microbiano, reduzindo a população a níveis não detectáveis em períodos inferiores às 48h, como foi observado neste estudo para a formulação **D** na condição de baixa contaminação. Apesar disto, as diferentes formulações avaliadas com este ingrediente ativo mostraram resultados distintos, chamando-nos a atenção para avaliação do produto como um todo e não apenas do efeito do ingrediente ativo. O mesmo padrão foi observado para as formulações contendo morfolina ou oxazolidina como ingrediente ativo. A principal desvantagem das isotiazolonas como biocidas para biodiesel é a presença de enxofre em sua formulação.

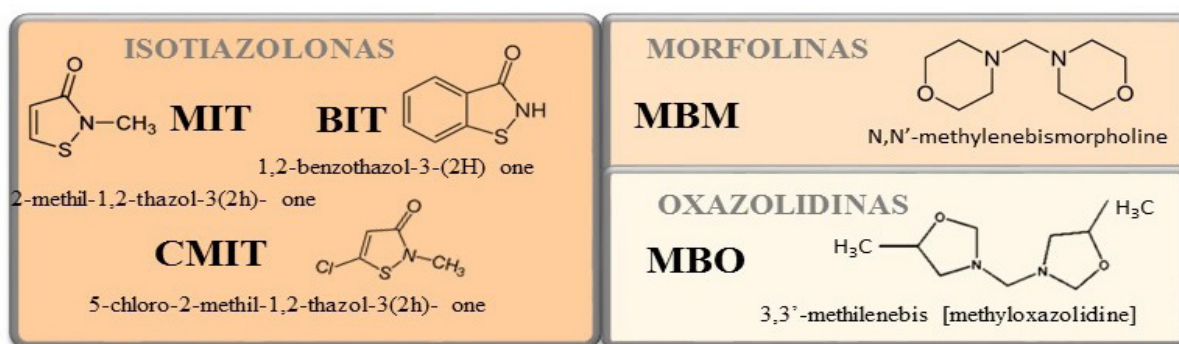


Figura 2. Representação das fórmulas estruturais dos ingredientes ativos dos biocidas utilizados no estudo indicados para uso em combustíveis e suas designações comerciais.

As oxazolidinas também possuem um amplo espectro de ação contra bactérias e fungos, mas tem ação lenta nos sistemas. Este ativo é classificado como liberador de formol e atua pela liberação de formaldeído situ que ocorre de modo lento contínuo, pois sua ação está relacionada ao tempo de prateleira de um produto (EGUCHI, 2007). O ativo MBO pode ainda atuar como um sequestrante de sulfetos (H_2S) (SIEGERT & ZIEGANN, 2013, BOMFIM et al 2018), o que é importante em sistemas onde bactérias redutoras de Sulfato e outros contaminantes estão presentes, como nos tanques de armazenamento de combustíveis, porém na presença destes, ou outros compostos afins o ativo será consumido rapidamente, reduzindo sua eficácia como biocida e concentrações mais altas serão necessárias para o controle microbiano.

A condição de preservante deste ativo ficou muito evidente nos resultados obtidos para as formulações **O**, **P** e **G** que apresentaram apenas uma ação biostática em todos os experimentos deste estudo. A relevância deste efeito bioestático ficou evidente pela importante redução na biomassa formada nos tanques com alta e baixa contaminação tratados com a formulação **P**, na fase 2 deste estudo.

Esta redução foi menor apenas do que aquela proporcionada pela formulação **D**, para condição de alta contaminação. Apesar disto, o efeito bioestático pode também representar uma armadilha perigosa como a observada para formulação **P** nos tratamentos com baixa contaminação, onde biomassa observada foi superior àquela do tratamento com alta contaminação (Tabela 7). Alguns aditivos, incluindo biocidas, se adicionados em concentrações sub-letais, podem ser utilizados como fonte de nutrientes pela população microbiana, acelerando o seu desenvolvimento (HILL,1990). Um efeito semelhante foi observado por Bucker et al (2014) para o mesmo produto na concentração de 0,05% em condição de baixa contaminação. Estes resultados ilustram os riscos de se adotar medidas corretivas inapropriadas para o sistema que se deseja tratar.

Outro fator que influencia a efetividade de um biocida é a solubilidade no sistema (Coeficiente de partição). Os biocidas podem ser solúveis em água, em óleo ou em ambos. A maioria dos especialistas recomenda formulações que se distribuam em ambas as fases (DORIS & PITCHER, 1988; PASSMAN, 2003; PASSMAN, 2013), contudo, existe uma grande preocupação por parte dos órgãos fiscalizadores, distribuidoras e postos de combustíveis com o impacto ambiental que pode ser gerado pelo descarte da fase aquosa dos tanques que armazenam combustíveis tratados com agentes biocidas. Neste sentido, um produto que se mantivesse restrito a fase oleosa poderia garantir a proteção do combustível, sendo queimado juntamente com o mesmo durante sua combustão no motor e assim, tanto os riscos quanto os custos relacionados ao descarte desta fase contaminada com biocida poderiam ser reduzidos. Por este motivo, as formulações contendo isotiazolonas, avaliadas na última fase deste experimento, apresentavam diferentes graus de solubilidade em água. A formulação **D** é a mais solúvel em água, a formulação **E** praticamente insolúvel em água e as demais (**F** e **G**) apresentavam grau de solubilidade intermediários. Como resultado observamos que as formulações **E**, **F** e **G** foram pouco efetivas no controle da contaminação do sistema e que as formulações **F** e **G** apresentaram ação mais lenta e transitória.

O problema com a solubilidade limitada do produto em água é que o maior desenvolvimento microbiano ocorre na interface óleo/água e a fase mais contaminada é a fase aquosa. Assim se as concentrações do biocida na fase aquosa são insuficientes é provável que o desenvolvimento microbiano não seja controlado. Cabe ainda ressaltar que o combustível, ao longo de seu ciclo de vida, pode sofrer diversas transferências, passando por diferentes sistemas de armazenamento como o tanque das distribuidoras, do caminhão de transporte, do retalhista e por fim do tanque do veículo. Em todos estes pontos pode haver acúmulo de água. Neste sentido, os biocidas que podem se distribuir e manter sua efetividade em ambas as fases são os mais recomendados para tratamento de combustíveis armazenados (DORIS & PITCHER, 1988; PASSMAN, 2003; PASSMAN, 2013).



3.3.3. Aspectos físicos

Aspectos como turbidez, cor e solubilidade foram avaliados no tempo 0 (zero) e ao final de 35 dias em frascos contendo apenas o combustível tratado com a concentração mais alta de cada formulação testada (Figuras 3 e 4).

No tempo inicial foi observado que os frascos com a mistura B10 tratada com formulações **D** e **G**, apresentaram-se turvos (Figura 3a). Para as mesmas condições, as formulações **D** e **E**, foram pouco solúveis, formando soluções não homogêneas com o aparecimento de grânulos e gotículas no fundo do frasco (Figura 4).

Após 35 dias de avaliação, a mistura B10 no frasco com a formulação **D** apresentou Além da turbidez, uma acentuada alteração de cor em comparação com o controle (mistura B10 sem biocida), porém, o mesmo não foi observado nos frascos experimentais. Uma possível explicação para isto é que tenha ocorrido uma foto-sensibilização do produto ao ser exposto a luz por um período superior ao dos frascos utilizados no experimento. Com relação a turbidez, a explicação poderia ser a presença de água nos frascos amostrais. A formulação **D** tem alta solubilidade em água, o que permite uma melhor distribuição do produto em ambas as fases e pode ter eliminado o efeito de turvação e os grânulos observados. A formulação **E**, que não apresentou turvação no tempo zero, ao final de 35 dias mostrou uma turbidez considerada de categoria 6 (Escala Haze), o que deixaria o produto fora das especificações para sua comercialização (ASTM D 4176-04).

Na fase anterior, a adição do **biocida Q** em B100 provocou a formação de uma terceira fase (emulsão) nos frascos do experimento (Figura 4b). O aparecimento desta emulsão pode estar relacionada ao tipo de surfactante presente na formulação do produto ou até mesmo à alguma interação não desejada com o biodiesel. O ingrediente ativo desta formulação (TCMTB) associado a surfactantes tende a formar emulsões estáveis quando dissolvidos em água (HANSEN et al., 1991). Além disto, esta formulação tem uma coloração leitosa que provocou forte turvação quando adicionada ao combustível e por isto foi descartada





Figura 3. Aspecto da turbidez da mistura B10 após a adição dos biocidas D, E, F e G. 1a.; Mistura B10 após 1hora de contato com o biocida;1b. Mistura B10 após 35 dias de contato com o biocida. Neste experimento foi utilizada a maior concentração testada do biocida conforme indicado na Tabela 3.

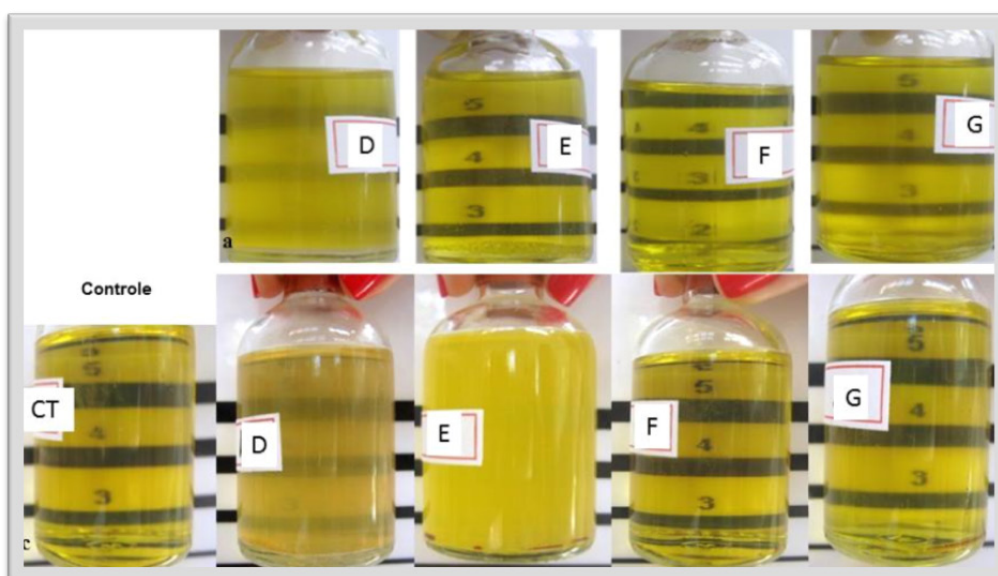


Figura 4. Aspecto da solubilidade dos biocidas em mistura B10, uma hora após a aplicação dos biocidas D, E, F e G. (A). As setas mostram a formação de gotículas depositadas no fundo, mesmo após homogeneização (seta). (B). Aspecto da emulsão na interface (setas) em B100 após a adição do biocida Q.

Este tipo de avaliação, apesar de simples e não é comumente executada; mas neste momento torna-se um ponto chave, pois, devido à baixa estabilidade química do biodiesel e a sua grande susceptibilidade à degradação química, a cor e a turbidez são importantes critérios de avaliação previstos na especificação de qualidade para as misturas diesel/biodiesel (diesel B) comercializado no Brasil (ANP 2014). Principalmente porque para estas misturas, turbidez e alterações na cor são consideradas indícios da presença de água ou de degradação química, respectivamente (PASSMAN, 2013, CAVALCANTI et al,2019).

4. CONCLUSÕES

Neste estudo foram avaliadas 18 formulações de biocida contendo três das substâncias ativas aprovadas para utilização em combustíveis na Europa e Estados Unidos, isotiazolonas, morfolinás e oxazolidinas. Na primeira etapa, foram eliminadas as formulações que apresentaram concentrações de CMI e CMB, acima de 0,1%, ou que apresentarem interações indesejáveis com o meio de cultura. A segunda etapa correspondeu aos testes de efetividade em sistemas óleo água com 8 formulações selecionadas anteriormente, avaliadas quanto às concentrações adequadas para a proteção do sistema óleo /água contra um consórcio microbiano, além do tempo e o tipo de preservação do sistema. Apenas isotiazolonas e oxazolidinas foram avaliadas nesta etapa. As Isotiazolonas mostraram ação rápida e efeito biocida sobre o consórcio principalmente em formulações com solubilidade na fase água e na fase óleo e baixa contaminação. As oxazolidinas foram menos efetivas, mostrando apenas efeitos bioestáticos sobre o consórcio. Para ambas as substâncias ativas foi percebido um efeito diferencial sobre o combustível, evidenciando que para a proteção do biodiesel puro concentrações mais altas do biocida são necessárias. Neste combustível (B100) também o tempo de proteção do sistema foi menor, sugerindo que maior quantidade de matéria orgânica do meio pode estar interagindo com o biocida. Diferentes formulações com o mesmo ingrediente ativo apresentam resultados diferentes e algumas mostraram incompatibilidades com as misturas diesel/biodiesel, provocando a formação de emulsões e sólidos e a turvação do combustível que poderiam levá-lo a uma perda de aderência as suas especificações de qualidade. Nossos resultados sugerem que se o objetivo é proteger o sistema de forma preventiva, produtos baseados nos princípios ativos aqui descritos, misturas de isotiazolonas, oxazolidinas, ou morfolinás (100% i.a.), com solubilidade em ambas as fases, seriam candidatas, principalmente se aplicados de modo alternado e em conjunto com drenagens periódicas. As formulações, no entanto devem ser cuidadosamente avaliadas para se evitar incompatibilidades com o sistema e com as especificações de qualidade para o biodiesel brasileiro. As dosagens de tratamento devem ser ajustadas para cada situação bem como o tempo de intervalo entre elas. No caso do uso de produtos contendo isotiazolonas ainda é necessário que se observe a presença de enxofre na formulação.



REFERÊNCIAS

- ASTM D4176 - 04(2009) Standard Test Method for Free Water and Particulate Contamination in Distillate Fuels (Visual Inspection Procedures). **ASTM International**, West Conshohocken, DOI: 10.1520/D4176+04R09, disponível em, www.astm.org
- ASTM STANDARD E1259, 2010E. Standard Practice for Evaluation of Antimicrobials in Liquid Fuels Boiling Below 390°C. **ASTM International**, West Conshohocken, PA, DOI:10.1520/E1259+10BAUTISTA, L.F.; VARGAS, C.; GONZÁLEZ, N.; MOLINA, M.C.; SIMARRO, R.; SALMERÓN, A.; MURILLO, Y. Assessment of biocides and ultrasound treatment to avoid bacterial growth in diesel fuel. **Fuel Process. Technol.** **2016**, 152, 56–63.
- BENTO et al. Diagnóstico, Monitoramento e controle da contaminação microbiana em biodiesel e misturas durante o armazenamento. In: David Mark Mendes Filho, Paulo Anselmo Ziani Suarez (Org.) **Armazenagem e Uso de Biodiesel: problemas associados e formas de controle**. 1ed .Brasília v. 1 112-175. 2016.
- BENTO, F. M. & GAYLARDE, C.C. Biodeterioration of stored diesel oil: studies in Brazil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, 47(2), 107+112, 2001.
- BENTO, F.M., BUCKER, F., SANTESTEVAN, N., CAVALCANTI. E.H.S., ZIMMER, A. GAYLARDE, C. & CAMARGO, F. Impacto da adição do biodiesel ao óleo diesel durante a estocagem: Um enfoque microbiológico e controle. **Revista Biodiesel**, 47, Caderno técnico. 2010.
- BROWNE, A.B. Sustainable and effective preservation strategies for Ultra Low sulphur diesel biodiesel and unleaded gasoline. In: **IASH, 2011, The 11th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels**, Sarasota, Florida, USA, October, 2011. Disponível em: <http://iash.omnibooksonline.com/>.
- BUCKER, et al. Evaluation of the deteriorogenic microbial community using qPCR, nalkanes and FAMES biodegradation in diesel, biodiesel and blends (B5, B10, and B50) during storage. **Fuel** 2018.
- BÜCKER, F., et al., Fuel biodegradation and molecular characterization of microbial biofilms in stored diesel/biodiesel blend B10 and the effect of biocide, **International Biodeterioration & Biodegradation**. 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.05.030>
- BÜCKER, F., SANTESTEVAN, N. A., ROESCH, L.F., JACCQUES, R. J. S., PERALBA, M. C., CAMARGO, F. A. O. & BENTO, F.M. Impact of biodiesel on biodeterioration of stored brazilian diesel oil. **International biodeterioration & Biodegradation**, 65, 172-178, 2011.
- BUSHNELL, C.D. & HAAS, H. F. The utilization of certain hydrocarbons by microorganisms. **Journal of Bacteriology**, Washington, 41, 654-674, 1941.
- CANTER, N. The future of antimicrobial pesticides. **Tribology and Lubrication Technology**, March, 34+45. 2012. Disponível em: http://www.stle.org/assets/document/3+12_tlt__biocides_article_final.pdf acesso 2012.
- CAVALCANTI, E. H. S. Estabilidade do Biodiesel e Misturas + Abrangência, Limitações dos Métodos de Avaliação e Alternativas Futuras. **Revista Biodiesel**, 3, 71-73. 2009.
- CAVALCANTI, E. H. S. ZIMMER, A.; BENTO, F.M. ; FERRÃO, M.F. Chemical and microbial storage stability studies and shelf life determinations of commercial Brazilian biodiesels stored in carbon steel containers in subtropical conditions. **Fuel**, 236 , 993–1007.2019.
- CAZAROLLI, J.C.; Guzatto, R.; Samios, D.; Peralba, M.C.R.; Cavalcanti E.H.S & Bento, F.M. Susceptibility of linseed, soybean, and olive biodiesel to growth of the deteriorogenic fungus *Pseudallescheria boydii*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, 2014 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.09.025> acesso em Dez. 2013.
- CLOETE, T. E., JACOBS, L., & BROZEL, V. S. The chemical control of biofouling in industrial water systems. **Biodegradation**, 9, 23–37, 1998.
- COSTA, K.P.; Valle, S.F; SANTOS, F.L. et al Synthesis and Evaluation of Biocide and Cetane Number Improver Additives for Biodiesel from Chemical Changes in Triacylglycerides. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 29, No.

12, 2605-2615, 2018. <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20180140>

DA SILVA LUZ, G. HIDALGO, P. MEROLLA, S. et al Studies of Exhaust Emissions and Optical Diagnostic of Spray for Biodiesel Samples with Additives Package using a Common-Rail System . **SAE Technical paper** 2013-36-0319, 2013. <http://doi.org/10.4271/2013-36-0319>

DODOS, G.S.; KONSTANTAKOS, T.; LONGINOS, S & ZANNKOS, F. Effects of microbiological contamination in the quality of biodiesel fuel. **Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Science and Technology**, Rhodes, Greece, September, 2011.

DORRIS, M. M., PITCHER, D. Effective Treatment of Microbially Contaminated Fuel Storage Tanks. In: **Distillate Fuel Contamination, Storage and Handling**. H.L. Chesneau and M.M. Dorris (Eds.), ASTM Special Technical Publications, 146-156, 1988

E.U., Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of 16 February. Concerning the Placing of Biocidal Products on the Market. 1998.

EACHUS, A. C. & PASSMAN, F. J. "Applications of a Morpholine-Derivative Product in Fuel Preservation." In: Bartz, W. J. Ed. "Fuels 2005 – **5th International Colloquium.**" **Technische Akademie Esslingen**, Ostildern, Germany. 477-481, 2005.

EGUCHI, J.Y. Ativos biocidas utilizados na indústria. **Revista Sociedade Brasileira de Controle de Contaminação**, São Paulo, 22, 35-39, 2007. Disponível em: http://www.sbcc.com.br/sumario_22.htm.

GAYLARDE, C. C., BENTO, F. M., & KELLEY, J. Microbial contamination of stored hydrocarbon fuels and its control. **Revista de Microbiologia**, 30: 01-10. 1999.

GEVA, J., PROPES, J., PAPIER, J., BUSANNI, M., ZEHAZI, E. & FASS, R. Effects of stabilizing additives on the susceptibility of diesel fuels to microbial attack. In: Giles, H. N. (Ed.) **Proceedings of the 4th International Conference on Stability and Handling of Liquid Fuels**, Orlando, Florida, November 1992. U.S. Department of Energy, Washington, 139-152, 1992.

GROOT, A., GEIER, J., FLYVHOLM, M.A., Lensen, G. & Coenraads, P.J. Formaldehyde+releasers: relationship to formaldehyde contact allergy. Metalworking fluids and remainder. Part 1. **Contact Dermatitis**, 63:117-128. 2010 DOI: 10.1111/j.1600+0536.2010.01714.x

HANSEN H.W., N. D. HENDERSON, & J. E. H. WARD. 1991. A review of the environmental impact and toxic effects of TCMTB. Prepared for B.C. Ministry of the Environment, **Environm Protec Div.** Disponível em http://wlapwww.gov.bc.ca/epd/epdpa/ipmp/technical_reports/antisapstain _ chemicals/ TCMTB.pdf .

HILL, E.C. & HILL, G. C. Microbial contamination and associated corrosion in fuels during storage distribution and use. **Advanced Materials Research**, 38: 257-268, 2008.

HILL, E.C. & HILL, G.C., Strategies for resolving problems caused by microbial growth in terminals and retail sites handling biodiesels. In IASH, 2009, **The 11th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels**, Prague, Czech Republic, October, 2009.

HILL, E.C. Biocides for the future. **International Biodeterioration and Biodegradation**, 26: 281-285, 1990.

KEENE, P. & BROWNE, B.A. Effective preservation strategies for ultra low sulfur diesel, biodiesel and unleaded gasoline W.J. Bartz (Ed.), **Eighth International Fuels Colloquium, Technische Akademie Esslingen**, Ostfildern, Germany. 2011. on CD

KLINKSPON, N. Impact of biodeterioration on diesel fuel systems. In IASH, 2009, **The 11th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels**, Prague, Czech Republic, October 2009. International Association for the Stability and Handling of Liquid Fuels, Washington DC. on CD.

LUCCHESI, E.G, EGUCHI, S.Y. & MORAES, A.M. Influence of a triazine derivative based biocide on microbial biofilms of cutting fluids in contact with different substrates. **J. Ind Microb & Biot**, 39 (5): 743-748. 2012.

MORCHAT, R.M., HEBDA, A.J., JONES, G.M. & BROWN, R.G. Biocides for microbiological contamination control in naval distillate fuel. in: Hiley, R.W., Penfold, R.E. & Pedley, J.F. (Eds.), **Third International Conference on Stability and Handling of Liquid Fuels**,. Institute of Petroleum, London, 164-177. 1988.

PASSMAN, F.J. **Fuel & Fuel System Microbiology part 32** – Fuel System disinfection revisited. 2019.



Disp. <https://biodeterioration-control.com/fuel-fuel-system-microbiology-part-32-fuel-system-disinfection-revisited/>

PASSMAN, F.J. Introduction to fuel microbiology. In: Passman, F.J. (Ed.), **Manual 47+Fuel and Fuel System Microbiology: Fundamentals, Diagnosis and Contamination Control**. 1-13, 2003. ASTM International, West Conshohocken.

PASSMAN, F.J., ENGLISH, E. & LINDHARDT, C., 2007. Using adenosine triphosphate as a measure of fuel treatment microbicide performance. In: Morris, R.E. (Ed.). **Proceedings of the 10th International Conference on the Stability and Handling of Liquid Fuels**, Tucson, Arizona, USA, October, 2007. The international Society for Stability, Handling and Use of Liquid Fuels, Washington. on CD.

PASSMAN, F.J., Microbial contamination and its control in fuels and fuel systems since 1980 e a review, **Int. Biodet. & Biodeg.**, 81, 88-104, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.08.002>

PETROLEUM INSTITUTE- **IP** 385/99. Determination of the viable aerobic microbial content of fuels and fuel components boiling below 390°C – Filtration and culture method., 1999. In Passman, F. J. **ASTM International. Fuel and Fuel System Microbiology: Fundamentals, Diagnosis and Contamination Control**, Manual 47. West Conshohocken, 2003,114 p.

RAIKOS, V., VAMVAKAS, S. S., SEVASTOS, D., KAPOLOS, J., KARAIKAKIS, G., KOLIADIMA, A. Water content, temperature and biocide effects on the growth kinetics of bacteria isolated from JP-8 aviation fuel storage tanks. *Fuel*, 2012, 93, 559–566. doi:10.1016/j.fuel.2011.10.028

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, C. E., RODRÍGUEZ-CAVALLINI, E. & BLANCO, R. Bacterial contamination of automotive fuels in a tropical region: the case of Costa Rica. **Rev. De Biol Trop.** Vol. 57(3), 489-504, 2009.

SELVARAJU, S.B., KHAN, I.U. & YADAV, J.S. Susceptibility of Mycobacterium immunogenum and Pseudomonas fluorescens to Formaldehyde and Non+Formaldehyde Biocides in Semi+Synthetic Metalworking Fluids. **Intern.I Journal of Mol. Sci.**, 12(1), 725-41, 2011. doi: 10.3390/ijms12010725.

SIEGERT, N. Microbial Contamination in Diesel Fuel Are new problems arising from biodiesel blends? *In: IASH 2009 11th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels*, Prague, Czech Republic, October, 2009. Washington. on CD

SIEGERT, W. & ZIEGANN, Q. A comparison of three different actives as fuel microbicides in regards of their bactericidal and fungicidal effect *In: IASH 2013- 13th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels*, Rhodes, Greece, October, 2013. Washington. on CD.

SORENSEN ,G.PEDERSEN, D.V.Norgaard,A.K., Sorensen, K.B. & Nygaard,S.D. Microbial growth in biodiesel blends. **Bioresource Technology**, 102(8), 5259-5264, 2011. doi: 10.1016/j.biortech.2011.02.017.

WHITE, J., GILBERT, J., HILL, G., HILL, E., HUSE, S. M., WEIGHTMAN, A., & MAHENTHIRALINGAM, E. Culture-Independent Analysis of Bacterial Fuel Contamination Provides Insight into the Level of Concordance with the Standard Industry Practice of Aerobic Cultivation. **Applied and Environmental Microbiology**, 77(13) 4527–4538, 2011. doi:10.1128/AEM.02317+10

WILLIAMS , M.T. The mechanism of action of isothiazolone biocides. **Power plant chemistry**, 9, 14-22. 2007.

WILLIAMS, T. HAACK, T.K. & ROBBINS, J.A. Biocide treatment control of microbial contamination and fuel quality problems. *In:Proceedings of the 4th International Conference on the Stability and Handling of Liquid Fuels*, Orlando, Florida, USA, November, 1991. Washington. on CD.

YEMASHOVA,N.A., MURYGINA, V, P, ZHUKOV D. V., et al. Biodeterioration of crude oil and oil derived products: a review. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, 6 (4), 315-337, 2007.

ZIMMER A, OLBONI A, TEIXEIRA SLC, VISCARDI RM, FERRÃO MF, BENTO FM. Biodiesel blend (B10) treated with a multifunctional additive (biocide) under simulated stored conditions&58; a field and lab scale monitoring. *Biofuel Res J* 2017;4(2):627–36. <https://doi.org/10.18331/BRJ2017.4.2.7>.

ZIMMER, A., CAZAROLLI, J., TEIXEIRA, R. M., VISCARDI, S.L.C., CAVALCANTI, E. S. H., GERBASE, A. E., FERRÃO, M. F., PIATNICKI, C. M. S. & BENTO, F.M. Monitoring of efficacy of antimicrobial products during 60 days storage simulation of diesel (B0), biodiesel (B100) and blends (B7 and B10). **Fuel**, 112, 153-162, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2013.04.062>



CAPÍTULO 4

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA FALTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY LACK OF SEWAGE TREATMENT

Ana Kérolly Avelar Saraiva

Resumo

O modelo de desenvolvimento econômico capitalista, aliado ao crescimento populacional e à atividade industrial, vem acarretando uma série de impactos negativos ao meio ambiente. O principal objetivo deste trabalho foi conhecer os principais impactos ambientais provocados pela falta de tratamento de esgotos. Como metodologia, realizou-se uma Pesquisa de Revisão Bibliográfica, com o levantamento de publicações científicas nos bancos de dados da internet. Como resultado, pode-se constatar que os esgotos são resultantes das atividades humanas, seja de uso industrial ou doméstico e que análise dos esgotos produzidos, são considerados parâmetros físicos, químicos e biológicos. Observou-se também que a poluição dos corpos hídricos é considerada um dos principais problemas relacionados à água. Ainda, verificou-se que as Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs são unidades operacionais que tratam o esgoto gerado pelas populações e os devolvem ao meio ambiente dentro dos limites padrões aceitáveis, evitando assim a ocorrência de impactos maiores ao meio.

Palavras-chave: Impacto Ambiental, Esgoto, Problemas Ambientais.

Abstract

The capitalist economic development model, coupled with population growth and industrial activity, has led to a series of negative impacts on the environment. The main objective of this work was to know the main environmental impacts caused by the lack of sewage treatment. As a methodology, a Bibliographic Review Research was carried out, with the survey of scientific publications in the internet databases. As a result, it can be seen that the sewage is the result of human activities, whether for industrial or domestic use and that analysis of the produced sewage are considered physical, chemical and biological parameters. It was also observed that water bodies pollution is considered one of the main problems related to water. Furthermore, it was found that Effluent Treatment Stations - ETEs are operating units that treat the sewage generated by the populations and return them to the environment within acceptable standard limits, thus avoiding the occurrence of larger impacts on the environment.

Keywords: Environmental impact. Sewer. Environmental problems.



1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e com os problemas relacionados à poluição ambiental vem ganhando cada vez mais espaço nas discussões voltadas às questões ambientais. A poluição ambiental é considerada um dos maiores problemas ambientais. O descarte de efluentes no meio sem o tratamento adequado provoca problemas ao meio ambiente e à população, dificultando o acesso a uma vida de qualidade.

A falta de tratamento dos esgotos sanitários e industriais lançados no meio ambiente é uma grave consequência da falta de saneamento básico em diversas cidades e regiões. Dessa forma, deve-se atentar para esta problemática, pois ela poderá acarretar diversos outros impactos de ordem ambiental, social e de saúde, influenciando diretamente no equilíbrio do meio ambiente e na saúde das populações.

O tratamento dos esgotos sanitários produzido pela sociedade é um fator imprescindível para a manutenção da qualidade do meio ambiente e da saúde pública da população. Entretanto, muitas regiões do Brasil ainda sofrem com a falta dos serviços de saneamento básico, em especial do tratamento dos efluentes gerados pela população, o que acaba desencadeando uma série de problemas ao meio ambiente. Dessa maneira, são inúmeros os impactos ambientais provocados pelo lançamento dos esgotos *in natura* no meio ambiente, justificando essa pesquisa.

O principal objetivo desse trabalho foi conhecer os principais impactos ambientais provocados pela falta de tratamento de esgotos. Especificamente, buscou-se: apresentar os principais conceitos de esgoto, identificando suas características e parâmetros de qualidade; identificar os principais impactos ambientais provocados pela falta de tratamento de esgoto; e compreender a importância das Estações de Tratamento de Efluentes como unidades de promoção de saneamento básico ambiental para as populações.

Para a realização deste trabalho a metodologia utilizada foi uma Pesquisa de Revisão Bibliográfica. Para tanto, buscou-se auxílio em livros, revistas e artigos das bases de dados Google Acadêmico e Scielo, que pudessem oferecer referenciais teóricos condizentes com o tema apresentando, dando subsídio para a construção do trabalho. As palavras-chaves utilizadas foram: "Impacto Ambiental", "Esgoto", "Problemas Ambientais".



2. ESGOTO: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O esgoto, também conhecido como água residual, é a água resultante das atividades humanas, seja de uso industrial, doméstico e, que posteriormente ao uso, é descartada no meio, com potencial de causar poluição (MOTA, 2007).

De acordo com Araújo (2002, p.21), os esgotos são os efluentes que “não são adequadamente condicionadas e terminam poluindo as áreas receptoras.” A palavra esgoto serve para definir tanto o conjunto de tubulações que realizam o transporte de águas por determinada região, como para caracterizar o líquido que escoar por estes tubos. Segundo este autor, o termo “esgoto” também é utilizado para caracterizar os efluentes provenientes de atividades domésticas, hospitalares, agrícolas, industriais, pluviais, dentre muitas outras (BORJA; MORAES, 2011).

Entende-se por esgotos sanitários os rejeitos resultantes do uso da água de origem doméstica. Esses esgotos, geralmente são provenientes de casas, instalações comerciais e residenciais, escolas, e qualquer outro lugar que faça o uso de banheiros, cozinhas e lavanderias (CAVINATTO, 2012).

Segundo Miguel et al. (2004), o esgoto pode ser classificado de acordo com a sua origem, podendo ser então sanitário ou industrial. O esgoto sanitário tem sua origem em residências, prédios comerciais, instituições de ensino ou qualquer outra instalação predial que possua banheiros, cozinha, ou qualquer outra forma de utilização da água para fins domésticos. É formado principalmente por fezes, urina, restos de alimento, sabões, despejos domésticos, águas pluviais, etc. Já o esgoto industrial é aquele resultante de atividades industriais.

2.1 Esgoto sanitário

Entende-se por esgotos sanitários os rejeitos resultantes do uso da água de origem doméstica. Esses esgotos, geralmente são provenientes de casas, instalações comerciais e residenciais, escolas, e qualquer outro lugar que faça o uso de banheiros, cozinhas e lavanderias (SANTOS, 2007). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1986), o esgoto doméstico é definido como o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”.

O esgoto sanitário é composto principalmente pelo esgoto de origem doméstica, infiltrações presentes nas redes e águas pluviais, que são as águas provenientes da chuva, resultantes do escoamento superficial em calhas e telhados (MONT-SORIU, 2015). Eles podem alterar-se no espaço, em razão de diversas variáveis, desde o clima até hábitos culturais. Por outro lado, variam também ao longo do tempo, o que torna complexa a sua caracterização. (SANTOS, 2007).



A geração de esgoto pode ser influenciada pela época do ano, pelo dia da semana e pelo horário do dia. Essas variações na geração de esgoto podem ser observadas com mais intensidade em pequenas comunidades e está relacionada com as condições climáticas locais, pelas atividades realizadas pelo homem e pelas indústrias (MORAES, 2012).

2.2 Esgoto industrial

Segundo definição ABNT (1987), considera-se esgoto industrial todo despejo líquido oriundo de estabelecimentos industriais, sistemas de refrigeração, águas pluviais já poluídas e o esgoto doméstico.

Os esgotos industriais são compostos de água e de uma grande infinidade de componentes e produtos que dependem do tipo de material a ser fabricado, assim como o tipo de processo industrial e a matéria-prima utilizada neste processo. A resolução Nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) estabelece os padrões de lançamento de efluentes industriais e afirma que estes devem ser tratados conforme as suas características.

Para Pessoa e Jordão (2009), os esgotos industriais possuem sua origem nas diversas formas de utilização da água para fins industriais e assimilam as características do processo empregado. Diante disto, as indústrias, preocupadas em cumprir com o seu papel ambiental e em seguir os padrões de lançamento de efluentes, adotam as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) como uma maneira de se adequar às Leis Municipais, Estaduais e Federais.

Os esgotos industriais, extremamente diversos, provêm de qualquer utilização da água para fins industriais, e adquirem características próprias em função do processo industrial empregado. Dessa forma, cada indústria deverá ser avaliada individualmente, levando em consideração que os efluentes produzidos são distintos mesmo pertencendo ao mesmo processo (OLIVEIRA; SPERLING, 2005).

Segundo Nirenberg e Ferreira (2005), compostos poluentes lançados na água por indústrias "potencializam a necessidade de tratamento dos despejos, minimizando assim os efeitos devastadores, decorrentes da poluição dos efluentes, os quais degradam os cursos d' água e prejudicam o meio ambiente e a saúde animal".

2.3 Parâmetros de qualidade dos esgotos

Conhecer os parâmetros que caracterizam os esgotos é de grande importância para a identificação dos possíveis impactos destes sobre o meio ambiente e sobre a saúde e bem-estar da população. Para isso, a legislação estabelece padrões e



limites para a presença destes parâmetros. Dessa forma, as ETEs devem operar de forma a garantir que os esgotos descartados estejam dentro dos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes, garantindo a manutenção do equilíbrio local e qualidade do meio que recebe estes efluentes (REZENDE; HELLER, 2002).

A qualidade do esgoto gerado deve ser definida com base em informações passíveis de mensuração, com o objetivo de se definir seus parâmetros químicos, biológicos e físicos. Esses parâmetros, quando respeitados e mantidos dentro dos limites estabelecidos, viabilizam o uso deste esgoto ou permitem o descarte do mesmo. Nirenberg e Ferreira (2005) afirmam que essas características (químicas, físicas e biológicas), são as responsáveis pelos inconvenientes nos corpos hídricos receptores.

2.3.1 Parâmetros Físicos

As principais características físicas das águas residuárias são: temperatura, cor, turbidez e matéria sólida (JORDÃO; PESSOA, 1995).

A temperatura do efluente é uma propriedade muito importante. Ela apresenta os parâmetros de poluição térmica, que acontece devido às perdas de calor nos processos industriais ou de resfriamento. O aumento da temperatura das águas residuais ocasiona diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido na água, interrompendo o desenvolvimento de microrganismos presentes nela e conseqüentemente a sua atividade biológica (MATUSAKI, 2009),

Conhecer a presença de coloides, assim como a transparência de um efluente sanitário pode ser permitido através da verificação da sua turbidez (GIORDANO, 2005). Para Matusaki (2009) este valor não deve ultrapassar o limite 5, quando for um efluente tratado por meio de membranas de ultrafiltração.

A matéria sólida é considerada uma das principais características físicas das águas residuárias. Ela formada por cerca de 70 % de sólidos voláteis e 30 % de sólidos fixos (PESSOA; JORDÃO, 2009).

2.3.2 Parâmetros Químicos

Na grande maioria das vezes, as características físicas dos esgotos são avaliadas juntamente às características físicas e biológicas. Para Menezes (2010), o tratamento das características químicas do efluente passa a ser utilizado quando os demais tratamentos não conseguem ser eficientes no processo.



As principais características analisadas são: pH, Cloreto, Nitrogênio, Fósforo, Oxigênio Dissolvido (OD), Óleos e Graxas, Metais, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (PESSOA; JORDÃO, 2009).

O pH é o potencial hidrogeniônico da água. É uma característica importante no controle operacional das Estações de Tratamento de Águas Residuárias. O pH do esgoto sanitário varia entre 6,5 e 7,5 (PESSOA; JORDÃO, 2009).

A presença de cloreto nos esgotos domésticos pode ter origem através da dissolução de minerais, rejeitos industriais, ou até mesmo intrusão de águas salinas. O Nitrogênio se faz presente nos esgotos sob a forma de nitrato, nitrogênio orgânico, nitrito ou gás nitrogênio. O fósforo por sua vez, está presente nos esgotos sanitários sob a forma de fósforo orgânico, ortofosfato ou polifosfato (TUCCI, 2011).

Oxigênio dissolvido (OD) é considerado um dos mais importantes parâmetros de caracterização de qualidade do corpo d'água, pois fundamental para a respiração de microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica disponível. A principal fonte de oxigenação das águas é a atmosférica, mas também pode ser introduzido por meio da ação de algas (GIORDANO, 2015).

Esses elementos se fazem presentes nos esgotos de origem doméstica, e tem origem em sua maioria, na preparação de alimentos. Segundo Pessoa e Jordão (2009), eles podem ter sua origem também em óleos minerais derivados do petróleo.

Os elementos químicos mais presentes nessa categoria são: Zn, Se, Ag, Cd, Co, Hg, As, Ni, Sb, Se e Cr e a sua concentração em níveis altos pode ocasionar sérios problemas ao ambiente. A Demanda Bioquímica de Oxigênio, também conhecida como DBO, corresponde ao quantitativo total de oxigênio necessário para tornar estável o material orgânico (SPERLING, 2005).

A Demanda Química de Oxigênio, mais conhecida por DQO, é um importante parâmetro de caracterização dos efluentes de origem sanitária. A DQO corresponde à quantidade de oxigênio dissolvida no meio e que possibilita a degradação da matéria (SPERLING, 2005). Para Zuccari, Graner e Leopoldo (2005), a DQO é muito importante para se estabelecer os impactos dos esgotos domésticos sobre os corpos hídricos.

A Resolução CONAMA nº 357 estabelece, em seu capítulo IV as condições e parâmetros de lançamento de efluentes. O artigo 34 §4º define o limite para o pH, que deve estar entre cinco e nove, e a temperatura, que não deverá ultrapassar 40°. A mesma resolução estabelece os níveis de nitrogênio amoniacal para os efluentes lançados, que deve ser no máximo, vinte miligramas por litro (BUDA, 2004).



2.3.3 Parâmetros Biológicos

Os parâmetros biológicos das águas residuais determinam nestas, a existência de microrganismos. Estas características biológicas são também indicadoras de poluição e de transmissão de doenças (SPERLING, 2005).

A identificação dos parâmetros ambientais permite analisar a presença de microrganismos responsáveis pelos processos biológicos de degradação dos esgotos nas Estações de Tratamento de Esgotos. Entre os principais parâmetros biológicos que caracterizam os esgotos sanitários, os mais encontrados são as algas, fungos, bactérias e protozoários (PESSOA; JORDÃO, 2009).

3. IMPACTOS CAUSADOS PELA FALTA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

A água é considerada um elemento essencial para o ser humano. No entanto, ela pode ser também um importante meio de veiculação e transmissão de epidemias. As patologias relacionadas à água são originadas principalmente a partir dos dejetos. Muitos microrganismos que transmitem doenças parasitam o intestino do homem e são eliminados junto às suas fezes. Quando há falta de sistemas de tratamento de esgoto sanitários, esses rejeitos conseguem alcançar mananciais hídricos superficiais e subterrâneos. Quando a água desses mananciais é utilizada pelo homem para seu consumo, pode vir a provocar inúmeras doenças, causadas pelo acesso desses organismos patogênicos ao corpo humano (MOTA, 2000).

Dados da Agenda 21 revelam que cerca de 80% das doenças e mais de 2/3 dos óbitos ocorridos nos países em desenvolvimento sejam ocasionados por doenças transmitidas pela água contaminada. Além disso, aproximadamente 10% da população dos países ainda em desenvolvimento são acometidas por doenças como a esquistossomose. Deste número, mais de 20 milhões apresentam graves sequelas (LA ROVERE et al., 2002).

Inúmeras doenças acometidas sobre as populações estão relacionadas com a contaminação da água. Dentre elas, as que mais se destacam são a leptospirose, amebíase, hepatite infecciosa, diarreia, disenteria e Giardíase. A ausência de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários, por sua vez, pode provocar patologias como febre Tifóide e Paratifoide, Tucuríase, Ascaridíase e Ancilostomíase (VITERBO JR, 1998).

A ausência de tratamento de esgotos e o seu lançamento em corpos hídricos podem ocasionar inúmeros problemas, tanto sociais, como econômicos e ambientais. Tais impactos estão relacionados à presença de microrganismos patogênicos e substâncias no esgoto, assim como a alteração das características do corpo hídrico receptor do esgoto (MOTA, 2000).



Este mesmo autor categoriza os principais impactos ambientais, sociais e econômicos dos fatores relacionados ao esgoto, bem como as principais consequências destes, conforme pode-se observar no Quadro 01:

ASPECTO EM FOCO	CONSEQÜÊNCIAS
Sólidos suspensos e dissolvidos	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da vazão do rio e de volumes de armazenamento (Assoreamento); • Inundações; • Soterramento de animais e ovos de peixes; • Aumento da turbidez da água; • Redução da transparência da água; • Diminuição da atividade fotossintética; • Redução do oxigênio dissolvido; • Impactos sobre a vida aquática.
Nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofização da água; • Proliferação de algas e de vegetação aquática; • Prejuízos a recreação e navegação.
Presença dos microrganismos patogênicos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmissão de doenças ao homem.
Mudanças no pH	<ul style="list-style-type: none"> • Efeitos sobre a fauna e flora.
Compostos tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> • Danos à saúde humana; • Danos à vida aquática.
Corantes	<ul style="list-style-type: none"> • Danos à vida aquática; • Prejuízos aos usos.
Substâncias tenso-ativas	<ul style="list-style-type: none"> • Danos a fauna; • Geração de espumas.
Substâncias radioativas	<ul style="list-style-type: none"> • Danos à saúde humana e animal.

Quadro 1- Fatores impactantes do efluente e as consequências no meio ambiente
Fonte: Mota (2000).

A cada 14 segundos, uma criança é vítima fatal de doenças ocasionadas pela água contaminada no Brasil. De acordo com dados do Instituto de Economia Aplicada – IPEA, na década de 90, a taxa de mortalidade infantil por doenças associadas à falta de saneamento básico foi de 59,1% (MIGUEL et al., 2004). Esse fato é atribuído principalmente pela falta de investimento em questões de saneamento básico, principalmente a coleta e tratamento de esgotos domésticos (OGERA; PHILIPPI JR., 2004).

De acordo com estudos realizados no Brasil por Cavalcanti (2008), as Doenças Relacionadas com o Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) causam inúmeros impactos na saúde. Tais autores constataram que, no período de 1996 a 1999

no Brasil, as mortes causadas por DRSAI representaram 7,61% dos óbitos totais no país. Nesse contexto, a doença de Chagas e a diarreia representam 90% desses óbitos, incidindo entre crianças de 5 anos até adultos de acima de 65 anos. Os gastos do SUS com as internações resultantes dessas doenças apresentaram considerável aumento, de R\$ R\$ 82.378.751,36, em 1996, para R\$ 111.340.444,52, em 2000, correspondendo a 3,2% e 2,3%, respectivamente,

Desde as primeiras civilizações, o homem intuitivamente aprendeu que a água poluída por rejeitos poderia transmitir doenças. As civilizações gregas e romanas, por exemplo, já desenvolviam técnicas para o tratamento e a distribuição da água consumida. A descoberta de que os seres microscópios podiam transmitir doenças só veio a acontecer no século XIX, por volta do ano de 1850, através de pesquisas realizadas pelo cientista Pasteur. Com essas descobertas, pôde-se verificar que mesmo a água aparentemente limpa poderia transmitir doenças (MIGUEL et al., 2004).

Cavinatto (2012) explicita que o saneamento básico tem como objetivos também evitar a transmissão de vetores pela água contaminada:

A maioria dos microrganismos existentes na natureza são de vida livre e apenas uma pequena porcentagem é capaz de causar doenças ao ser humano, pois dependem de outro ser vivo para sobreviver, parasitando um hospedeiro e assim originando as doenças. Os parasitas se proliferam em determinados órgãos do corpo, perturbando o funcionamento normal do organismo. A forma mais adequada de evitar grande parte de tais doenças é cuidando da higiene, da limpeza do ambiente e da alimentação e uma das formas de fazê-lo é através do saneamento (CAVINATTO, 2012, p.30).

A OMS define o termo saúde como o estado de bem-estar físico, mental e social dos indivíduos, não apenas como o estado de ausência de doenças. No Brasil, as condições de saneamento são precárias e pouco adequadas, o que acaba agravando o quadro de doenças que são transmitidas pelo esgoto não tratado (STEVENS, 1988).

Diversas doenças infecciosas podem ser transmitidas pela água, quando há ausência de um sistema de saneamento e tratamento de efluentes. A implantação de sistemas de tratamento de efluentes, nesse caso, implicaria no ciclo de transmissão de doenças (MIGUEL et al., 2004).

3.1 A poluição hídrica como consequência da falta de tratamento de esgoto

A qualidade dos corpos hídricos vem sofrendo bastantes alterações nas últimas décadas. Esse problema vem se acentuando principalmente pela intensificação do uso deste recurso pelo homem, o que acaba provocando a degradação ambiental e



a redução significativa da quantidade de água de qualidade disponível, produzindo diversos problemas para o seu aproveitamento (CHAGAS, 2000).

A qualidade dos corpos hídricos pode ser afetada por diferentes ações antrópicas, sejam elas de origem industrial, doméstica ou comercial. Cada setor desses produz poluentes específicos que acabam interferindo diretamente na qualidade do corpo hídrico receptor (SPERLING, 2005).

A poluição dos corpos hídricos pode ser de origem física, química ou biológica. Cada tipo de poluente possui uma interferência característica na qualidade da água. Assim, conhecer as interações dos diferentes poluentes presentes no corpo hídrico é de grande importância para que cada tipo de poluição seja tratado da melhor forma possível (STEVENS, 1988).

Em suma, os impactos de um dado tipo de poluente estão relacionados à sua concentração no corpo hídrico, das características do corpo hídrico receptor e dos diferentes usos dessa água. No Brasil, o CONAMA classifica os corpos hídricos em 13 diferentes classes, de acordo com o tipo de corpo receptor e o uso de suas águas. O mesmo Conselho especifica as limitações para os tipos de concentrações dos diferentes poluentes nos corpos receptores, o que torna-se referência para fiscalizações e o gerenciamento de recursos hídricos.

3.2 Fontes de Poluição dos Corpos Hídricos

A poluição dos corpos hídricos ocorre geralmente em razão da inserção de substâncias que acabam, direta ou indiretamente, alterando as suas características físicas ou químicas e inviabilizando seu uso para fins necessários. Tal problema pode ocorrer em virtude na existência de diferentes fontes de poluição, destacando-se as difusas, pontuais e mistas (TUCCI, 1998).

A poluição difusa ocorre quando os poluentes chegam aos corpos d'água de forma irregular e aleatória, sem nenhum padrão de lançamento, frequência, composição e quantidade. O controle dessa poluição é considerado bastante difícil devido à falta de regularidade nos lançamentos. Esse tipo de poluição está presente nas drenagens urbanas, acidentes com produtos químicos, escoamento de água da chuva, transbordos de combustíveis, etc. (MIERZWA, 2001).

A poluição pontual ocorre quando os poluentes são lançados de forma específica em determinados pontos dos corpos hídricos, individualmente e de forma controlada. Ainda, pode-se destacar que existem padrões médios de lançamento, quantidade, composição e frequência dos poluentes. Nesse aspecto, podem-se citar as indústrias e ETEs (MIERZWA, 2001). A poluição mista, por sua vez, engloba as características das poluições difusas e pontuais.



Cada fonte de poluição determina um grau específico de poluição no corpo hídrico atingido, o que pode ser medido através das características físicas, químicas e biológicas dos efluentes. Em relação à natureza do poluente, a poluição do corpo hídrico pode ser de origem química, física e biológica (PESSOA; JORDÃO, 2009).

A poluição química caracteriza-se pela existência de poluentes biodegradáveis, como fertilizantes, detergentes, inseticidas, petróleo, etc., e por poluentes persistentes, que são compostos que permanecem por muito tempo na natureza e nos seres vivos, como o DDT (diclodifenitricloroetano) e o mercúrio. A poluição física altera as condições físicas da água e pode ser térmica ou por resíduos sólidos. A poluição biológica, por sua vez, ocorre quando o corpo hídrico é contaminado por microrganismos patogênicos presentes nos esgotos (NIRENBERG; FERREIRA, 2005).

As águas residuárias que constituem o esgoto doméstico são formadas principalmente por águas utilizadas na higiene pessoal e atividades domésticas. Os esgotos domésticos são formados principalmente por matéria orgânica, microrganismos, nutrientes, detergentes, metais, óleos e graxas. A poluição hídrica causada por este esgoto acaba provocando a deterioração significativa da qualidade hídrica, alterando consideravelmente as qualidades físicas, químicas e biológicas do corpo receptor (PESSOA; JORDÃO, 2009).

4. A UTILIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – ETES COMO FERRAMENTAS DE PROMOÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

Uma ETE é considerada uma estrutura operacional que tem como principal objetivo tratar os esgotos antes de devolvê-lo ao meio ambiente. Através de processos físicos, químicos ou biológicos, o homem simula as condições de autodepuração que acontecem na natureza, onde supervisiona e controla tal processo, antes de lançar o efluente tratado no corpo hídrico receptor (LA ROVERE, 2002).

Para Montsoriu (2015), os contaminantes presentes nas águas residuárias podem ser tratados e eliminados por meios químicos, físicos ou biológicos, ou até mesmo pela combinação destes. Apesar de serem classificados individualmente, tais métodos de tratamento atuam em conjunto durante o processo.

Para Oliveira (2005), a divisão dos níveis de tratamento pode ser feita de acordo com o grau de remoção dos poluentes que se deseja atingir dentro do processo.

Em linhas gerais, o tratamento de esgoto pode ser classificado nos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. Tal classificação depende de fatores como: poluentes removidos, eficiência na remoção e do tipo do tratamento empregado (MOTTA, 2000).



Os níveis ou etapas de tratamento do esgoto sanitário em uma ETE são: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

4.1 Tratamento preliminar

Corresponde à primeira etapa do tratamento do esgoto e se destina à remoção de sólidos grosseiros e areia. Esta etapa tem como objetivo preparar a água do esgoto para um tratamento subsequente. Para isso, ela remove os resíduos sólidos grosseiros e areia. Essa separação é feita por meio de grades, peneiras, caixas de areia e desarenadores (MOTA, 2000).

Para Sperling (2005), a remoção dos resíduos sólidos realizada na etapa preliminar de uma estação de tratamento de esgotos garante que não ocorram danos nas bombas, válvulas e outros equipamentos da ETE, evitando também a obstruções da sua estrutura.

4.1.1 Grades e Peneiras

Grades são unidades formadas por barras paralelas e devidamente espaçadas, com a finalidade de segurar os materiais sólidos que ficam em suspensão no esgoto. Geralmente, elas são classificadas em grades grossas, médias e finas (PESSOA; JORDÃO, 2009). No gradeamento, os materiais mais grosseiros que ficam presos nas grades, podem ser removidos de manualmente ou de forma mecanizada. Essas unidades podem ser circulares, quadradas ou retangulares. A remoção dos materiais sólidos grosseiros realizados pelas grades impede que ocorram danos às válvulas e bombas (SPERLING, 2005).

As peneiras por sua vez, realizam a remoção de partículas mais finas, geralmente com granulometria superior a 0,25 mm. Essas estruturas são classificadas em rotativas ou estáticas.

Pessoa e Jordão (2009) ressaltam a importância dessas unidades no sistema de tratamento de efluentes sanitários:

Em ETE de esgoto sanitário, as grades (mais comum do que peneiras) são fundamentais para impedir a entrada no sistema de lixo sólido como, por exemplo, pedaços de madeira, plásticos, latas, tecidos e etc. Já em ETE de esgoto industrial, a utilização de peneiras (mais comum do que grades) é imprescindível para a retirada de fibras, principalmente em tratamentos de efluentes de indústrias de refrigerantes, têxtil, pescado, abatedouros e frigoríficos, curtumes, cervejarias, sucos de frutas e outras indústrias de alimentos. Caixa de areia ou desarenadores. No desarenador, caixa de areia ou cai-



xa de areia aerada, que é a utilizada nas grandes ETEs – dá-se a remoção da areia por sedimentação. Os grãos de areia, por terem dimensões e densidade maiores, vão para o fundo do tanque, e a matéria orgânica, de sedimentação mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as próximas unidades. Assim como as grades e peneiras, as caixas de areia são utilizadas com o objetivo de proteger bombas e tubulações contra abrasão e entupimento, além disso, as areias podem se acumular nos sistemas de tratamento (PESSOA; JORDÃO, 2009, p. 56).

Dessa forma, as grades e peneiras possuem como função impossibilitar a entrada de sólidos maiores e grosseiros no sistema de tratamentos de esgoto, mantendo-os em suspensão, facilitando desta forma o funcionamento correto da ETE e o desempenho do sistema como um todo.

4.2 Tratamento primário

O tratamento primário tem como objetivo principal a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e de sólidos flutuantes. Esse processo ocorre por meio de decantadores primários através do uso de processos físico-químicos (MOTA, 2000).

4.2.1 Decantadores Primários e Reatores Anaeróbios

Os decantadores são unidades utilizadas com a finalidade de separar os sólidos sedimentáveis dos sólidos flutuantes presentes no esgoto. São dimensionados de forma a garantir uma baixa velocidade de passagem do líquido, para que as partículas sólidas sejam sedimentadas (PESSOA; JORDÃO, 2009). A remoção dos sólidos é mais simples e menos onerosa que as etapas seguintes. Portanto, os decantadores possuem grande importância nos tratamentos primários.

Os reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), são processos biológicos presentes no processo primário de uma ETE. Essas estruturas possuem a capacidade de remover organoclogrados e poluentes de esgotos industriais e domésticos. Nesses reatores, a biomassa cresce independente do meio, formando suporte para bactérias que formam o lodo (SPERLING, 2005). O reator de manta de lodo (UASB) é o principal reator utilizado para o tratamento de esgotos domésticos e industriais (METCALF; EDDY, 2003).

Stevens (1988) ressalta que o uso de reatores UASB proporciona consideráveis vantagens no tratamento de esgotos industriais com alta concentração de substâncias biorefratárias, proporcionando estabilidade do processo e estabilização dos níveis desses compostos.



4.3 Tratamento secundário

Esta etapa do tratamento tem como objetivo principal a remoção da matéria orgânica dissolvida, que será feita por meio de reações bioquímicas realizadas por microrganismos.

O nível de tratamento secundário tem como objetivo principal a retirada da matéria dissolvida do efluente, que não foi removida nos processos físicos anteriores (SPERLING, 2005). Podem ser citados como principais tratamentos biológicos utilizados nesta etapa: Lodos Ativados e Filtros Biológicos.

No processo de lodos ativados, a matéria orgânica é introduzida em um tanque, onde as bactérias anaeróbias presentes no meio degradam a matéria orgânica (MUEL et al., 2004). De acordo com Metcalf e Eddy (2003), o processo de lodos ativados apresenta algumas desvantagens quanto ao seu uso, como a produção de lodo (que pode apresentar impactos ambientais caso não sejam tratados e dispostos de forma correta), além de exigir grande quantidade de energia para a operação dos reatores biológicos.

Os filtros biológicos, por sua vez, equivalem a sistemas aeróbios que permitem o fornecimento de oxigênio para microrganismos presentes no leito flutuante. Pessoa e Jordão (2009) descrevem de forma sucinta o funcionamento dos filtros biológicos:

Existem diversas variantes dentro do conceito de filtros biológicos. Contudo o funcionamento básico consiste no processo de filtração biológica, onde o despejo líquido é aspergido sobre objetos inertes (pedras, plásticos e etc.) escoado através do leito filtrante. Neste leito filtrante, altamente permeável, os microrganismos são afixados, ao contrário da biomassa que cresce dispersa no sistema de lodos ativados. O meio filtrante, através do qual o despejo líquido é percolado, usualmente apresenta profundidade média de 2 metros (filtros de pedra) é de 9 a 12m (meio de plástico) (PESSOA; JORDÃO, 2009, p.67).

Observa-se também que o uso dos filtros biológicos pode trazer algumas vantagens, como a estabilização dos lodos produzidos. Assim, este resíduo não precisa ser direcionado à um biodigestor, devendo ser desidratado, além do baixo consumo de eletricidade por estes equipamentos. Entretanto, eles podem apresentar algumas desvantagens, como por exemplo, a necessidade de áreas maiores para a sua instalação (BORJA, 2011).

4.4 Tratamento terciário

No tratamento terciário ocorre a remoção de compostos biodegradáveis, nutrientes, organismos patogênicos, compostos tóxicos, metais pesados ou ainda



sólidos em suspensão que não foram biodegradados no tratamento secundário. Para este fim, geralmente, são utilizados processos físico-químicos. Os processos de tratamento terciários mais utilizados são os processos oxidativos avançados e radiação ultravioleta (BUDA, 2004)

O processo de oxidação química, também conhecido como POA, tem como finalidade a geração de radicais hidroxilas ($\bullet\text{OH}$) capazes de promover a degradação de poluentes em um intervalo de poucos minutos (HUANG et al., 1993). Esse processo apresenta um alto custo para a sua utilização, se comparado aos demais tratamentos convencionais.

Os processos de desinfecção que utilizam a radiação ultravioleta vêm ganhando destaque em razão da eliminação da possibilidade de formação de compostos orgânicos clorados. A radiação violeta utilizada nesses procedimentos provoca alterações genéticas nos microrganismos presentes, causando a inativação destes. Microrganismos como *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Salmonella typhi*, *Shigella spp*, são evidentemente reduzidos ou eliminados do processo através da utilização da radiação ultravioleta (SILVA, 2007). O autor ressalta também que a radiação ultravioleta provoca a ruptura das moléculas dos compostos químicos presentes nos efluentes, proporcionando a fotólise.

Desta forma, verifica-se que o tratamento terciário visa remover os compostos residuais e demais sólidos presentes no efluente que ainda não foram removidos e para isso utiliza processos oxidativos e a radiação ultravioleta.

4.5 Opções tecnológicas

Podem ser utilizados diversos outros tipos de tratamento com o mesmo fim de uma Estação de Tratamento de Esgotos. Podemos citar:

- **Floculação Química:** Esse processo consiste na adição de reagentes químicos no efluente com o objetivo de proporcionar a precipitação das partículas no material. Os flocculantes mais empregados no processo são: cloreto de alumínio, sulfato de alumínio e cloreto de ferro. Mota (2000) ressalta que a floculação tem bastante eficiência no controle da turbidez do efluente, induzindo a aglomeração das cores de materiais coloidais.
- **Separador de Água e Óleo:** Comumente conhecido como SAO, este equipamento tem o objetivo de separar o óleo presente no efluente. O processo ocorre por meio da separação física por densidade e em regime constante, onde o óleo é separado e acondicionado em tambores posicionados nas laterais do aparelho. O SAO é utilizado principalmente em ETEs de efluentes industriais (MENEZES, 2010).



- Decantador Laminar: Equivale a um tipo de decantador utilizado principalmente em indústrias de mineração e diferencia-se dos demais pelas presenças de placas em seu interior, o que propicia a criação de zonas de sedimentação (MARTINS, 2012).
- Filtros: A filtração separa os materiais sólidos dos líquidos, através de filtros porosos. Atualmente, a filtração com membranas constitui o processo mais utilizado, sendo empregado principalmente em reatores de lodos ativados (MOTA, 2000).
- Flotação a Ar: Nesse processo, o efluente sofre saturação e em seguida é direcionado para um vaso com pressão atmosférica reduzida. Com isso, formam-se bolhas que carregam consigo o material particulado, que pode ser então removido. Esse processo tem como vantagem o fato de que a separação do material ocorre de forma mais rápida (MARTINS, 2012).

Portanto, estas opções tecnológicas podem ser consideradas alternativas secundárias que podem ser empregadas também no processo de tratamento de efluentes, apresentando os mesmos benefícios e vantagens que o tratamento convencional utilizado nas ETEs (SOUZA; FREITAS; MORAES, 2007).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de desenvolvimento econômico capitalista, aliado ao crescimento populacional e à atividade industrial, vem acarretando uma série de impactos negativos ao meio ambiente. Os esgotos são resultantes das atividades humanas, seja de uso industrial, doméstico e, que posteriormente ao uso, é descartada no meio e com potencial de causar poluição. Para análise dos esgotos produzidos, são considerados parâmetros físicos, químicos e biológicos.

A poluição dos corpos hídricos é considerada um dos principais problemas relacionados à água. A qualidade dos corpos hídricos pode ser afetada por diferentes ações antrópicas, sejam elas de origem industrial, doméstica ou comercial. Cada setor desses produz poluentes específicos que acabam interferindo diretamente na qualidade do corpo hídrico receptor.

As Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs são unidades operacionais que tratam o esgoto gerado pelas populações e os devolvem ao meio ambiente dentro dos limites padrões aceitáveis. Seu objetivo principal é transformar o esgoto bruto em esgoto tratado, em padrões adequados de lançamento (físicos, químicos e biológicos), através de processos que se interligam. De forma geral, o tratamento do esgoto sanitário em uma ETE dá-se através de etapas: tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.



REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. N. **Degradação do corante azul reativo 19 usando UV, H₂O₂, UV/H₂O₂, Fenton e Foto-fenton. Aplicação em efluentes têxteis.** 2002. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. SP. 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9800: Critérios para o Lançamento de Efluentes.** Rio de Janeiro, 1987.
- BORJA, P.C.; MORAES, L.R.S. **Saneamento como um direito social.** 2011. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assem125.pdf>. Acesso em: 23 ago.2019.
- BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento.** 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006. Disponível em: Acesso em: 23 mar.2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 357 de 18 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Brasília, DF, 2005.
- BUDA, J.F. **Segurança e Higiene no Trabalho em Estação de Tratamento de Esgoto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2004.
- CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar.** São Paulo: Ed. Moderna, 2012.
- CHAGAS, Waldeci Ferreira. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgoto da ilha do Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro.** 2006, 96 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Fundação Oswaldo Cruz/escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2000. .
- GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** UERJ, 2015. Disponível em: Acesso em: 10 ago. 2019.
- HUANG, C. P; DONG, C; TANG, Z. Advanced chemical oxidation: its present role and potential future in hazardous waste treatment. **Waste Management**, v.13: 361-377. 1993.
- LA ROVERE, E. L; D'AVIGOGNON, A; PIERRE, C.V; KLIGERMAN, D.C; SILVA, H.V.O; BARATA, M.M.L. E MALLEIROS, T.M.M. **Manual de Auditoria Ambiental para Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos.** Rio de Janeiro. Qualitymark. 145p. 2002.
- MARTINS Maurino de Oliveira. **Curso Superior em Tecnologia em Gestão Pública**, IFPR 2012.
- MENEZES, Luiz Carlos C. **Considerações sobre saneamento básico, saúde pública e qualidade de vida.** Revista Engenharia Sanitária, v.23, n.1, p. 55-61, jan./mar. 2010.
- METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse.** 4.Ed. New Delhi, Tatá Mc Graw-Hill. 920p. 2003.
- MIERZWA, F. **A poluição das águas.** 2001. Disponível em: < <http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4-OMEioAquaticoII.pdf> >. Acesso em 23 set. de 2019.
- MIGUEL, A.R; BEVILACQUA, N; GUERRA,P.A.D.V; BAPTISTELLI,S.C. Tratamento de águas residuárias domésticas. In: ROMÉRO,M.A.; PHILIPPI JR.,A.; BRUNA,G.C. **Panorama ambiental da metrópole de São Paulo.** São Paulo: Signus, p. 77-87, 96-103. 2004.
- MONTSORIU, J.D.T. **Ingeniería Sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales.** 2ª edição. Barcelona: Editorial Labor, S. A., p. 1, 12, 13, 133. 2015.



- MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. **Degradação de recursos e seus efeitos sobre a saúde humana**. Rev. Saúde Pública, v.36, n 3, p.370, 2012.
- MOTA, S. **Introdução a engenharia ambiental**. 2º Ed. Rio de Janeiro. ABES. 2000.
- NIRENBERG, Larissa Paranhos; FERREIRA, Osmar Mendes. **Tratamento de águas residuárias de indústria de laticínios: eficiência e análise de modelos matemáticos do projeto da Nestlé**. Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2005.
- OLIVEIRA, S.M.A.C.; SPERLING, M. **Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1 – análise de desempenho**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10 n.4, p.347-357, 2005.
- PESSOA,C.A; JORDÃO, E.P. - **Tratamento de Esgotos Domésticos**, 4a. Ed. Rio de Janeiro, ABES, 2009.
- REZENDE, S. C.; HELLER, L. O **Saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.
- SANTOS, André Bezerra dos. **Avaliação Técnica de Sistemas de Tratamento de Esgotos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.
- SILVA, A. B. 2007 **Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto paranoá e seus problemas associados**. Dissertação (Mestrado em engenharia civil e ambiental) - Faculdade de tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- SOUZA, Cezarina Maria Nobre; FREITAS, Carlos Machado de; MORAES, Luiz Roberto Santos. **Discursos sobre Saneamento, Saúde e Ambiente na Legislação: Uma análise de conceitos e diretrizes**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, p. 371-379, 2007.
- SPERLING, V.M. **Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. – Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 452 p. 2005.
- STEVENS, D.K. Interaction of mass transfer and inhibition in biofilms. **Journal of Environmental Engineering**. 114: 1352-1358. 1988.
- TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS/ABRH, 1998. 669p.
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2011.
- VARGAS, Heliana Comin. **Gestão de Águas Urbanas Deterioradas**. Curso de Gestão Ambiental, USP, 2014.
- VITERBO JR, E. **Sistema Integrado de Gestão Ambiental: Como implementar um Sistema de Gestão que atenda à norma ISO 14001 a partir de um sistema baseado na norma ISO 9000**. São Paulo: Aquariana, 1998.
- ZUCCARI, Maria Lucia; GRANER, Celso Augusto Fessel; LEOPOLDO, Paulo Rodolfo. **Determinação da demanda química de oxigênio (dco) em águas e efluentes por método colorimétrico alternativo**. Energ. Agric., Botucatu, vol. 20, n. 4, 2005.



**AValiação DA PIRólISE
RÁPIDA PARA ObTENÇÃO DE
HIDROCARBONETOS RENOVÁVEIS,
A PARTIR DOS RESÍDUOS DO AÇAÍ
(*Euterpe oleracea* M.)**

EVALUATION OF RAPID PYROLYSIS TO OBTAIN RENEWABLE
HYDROCARBONS FROM AÇAÍ RESIDUES

**Daniel Arnóbio Dantas da Silva
Andrea Lopes de Oliveira Ferreira
Nataly Albuquerque dos Santos
Amanda Duarte Gondim
Giovanilton Ferreira da Silva
Amanara de Souza Freitas**

Resumo

As últimas três décadas, têm-se observado um esforço global para a investigação de tecnologias de obtenção de combustíveis derivados de biomassa, e parte disso é consequência do declínio do petróleo e da crescente conscientização ambiental, já que além de ser uma fonte abundante e de grande potencial para suprir a demanda de energia, combustíveis derivados de biomassa são considerados essenciais para a captura de CO₂, e possuem baixo teor de enxofre em comparação aos combustíveis de fontes fósseis. A produção mundial de biomassa chega a 100 trilhões de quilogramas por ano, demonstrando um alto potencial energético para obtenção de combustíveis de fontes renováveis. O Brasil, por sua vez, possui uma produção de biomassa agroindustrial considerável, e nesse contexto, destaca-se o açaí no norte do país, um dos produtos mais consumidos e produzidos na região, que após o beneficiamento para obtenção da polpa, têm-se o caroço e as fibras como principais resíduos. Estima-se que a cada 100 toneladas de frutos processados, 80 toneladas de resíduos são gerados. Em Belém, a maior produtora e consumidora do fruto no país, os pontos de venda de açaí geram aproximadamente 24 toneladas de caroços e fibras diariamente, onde o descarte desses resíduos é, normalmente, realizado de forma irregular, em canais e vias públicas, contribuindo para alagamentos, assoreamento dos canais, além de modificar negativamente a paisagem da cidade, e causar riscos à saúde da população local pela contaminação do meio-ambiente. Atualmente, não existe nenhum empreendimento em larga escala no Brasil explore o potencial energético dos resíduos do açaí para obtenção de combustíveis renováveis, e neste sentido pode-se destacar a pirólise rápida, um processo de conversão térmica de biomassa bastante promissor que têm o potencial de agregar valor a uma gama de resíduos agroindustriais, transformando a energia química acumulada dentro da biomassa sólida, em produtos energéticos através da transferência de calor e massa. Sendo assim, o seguinte artigo tem como objetivo avaliar o potencial do processo de pirólise rápida dos resíduos do açaí para produção de hidrocarbonetos renováveis para a aviação.

Palavras Chave: *Euterpe oleracea* M., hidrocarbonetos renováveis, pirólise.

Abstract

In the last three decades, there has been a global effort to investigate technologies for obtaining fuels derived from biomass, and part of this is a consequence of the decline in oil and growing environmental awareness, since in addition to being an abundant and great potential to supply the energy demand, fuels derived from biomass are considered essential for the capture of CO₂, and have low sulfur content in comparison to fuels from fossil sources. World biomass production reaches 100 trillion kilograms per year, demonstrating a high energy potential for obtaining fuels from renewable sources. Brazil, in turn, has a considerable agro-industrial biomass production, and in this context, açaí stands out in the north of the country, one of the most consumed and produced products in the region, which after processing to obtain the pulp, has core and fibers as the main waste. It is estimated that for every 100 tons of processed fruit, 80 tons of waste are generated. In Belém, the largest producer and consumer of the fruit in the country, açaí points of sale generate approximately 24 tons of seeds and fibers daily, where the disposal of this waste is usually carried out in an irregular way, in channels and public roads, contributing for flooding, silting of the canals, in addition to negatively modifying the city's landscape, and causing risks to the health of the local population through contamination of the environment. Currently, there is no large-scale enterprise in Brazil to explore the energy potential of açaí residues to obtain renewable fuels, and in this sense, rapid pyrolysis can be highlighted, a very promising process of thermal conversion of biomass that has the potential to add value to a range of agro-industrial waste, transforming the chemical energy accumulated within solid biomass, into energy products through the transfer of heat and mass. Therefore, the following article aims to assess the potential of the pyrolysis process of açaí residues for the production of renewable hydrocarbons for aviation.

Keywords: *Euterpe oleracea* M., renewable hydrocarbons, pyrolysis.



1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade limitada de combustíveis fósseis, tensões geopolíticas e instabilidades econômicas concentradas em países com as maiores reservas de petróleo do mundo, em conjunto com os esforços internacionais para a mitigação das mudanças climáticas, mobilizaram lideranças a elaborarem medidas para ampliação do uso de combustíveis renováveis na matriz energética mundial. Atualmente, a aviação comercial é responsável por 2,6% das emissões de CO₂, e estima-se que até a metade do século, a quantidade de emissões aumente em 20,2% (Melikoglu, 2017; Staples et al., 2018).

O Brasil possui uma produção agroindustrial considerável, tendo como consequência disso uma imensa quantidade de resíduos lignocelulósicos provenientes de diferentes regiões do país, que na maioria das vezes, não possuem um destino apropriado. No caso do norte, destaca-se o açaí, um dos produtos mais consumidos e produzidos na região, que após o processamento para obtenção da polpa, têm-se o caroço e as fibras como principais resíduos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção nacional de açaí em 2017 foi de aproximadamente 217 mil toneladas, onde cerca de 80% desse montante são resíduos gerados após o beneficiamento da fruta. No presente, os caroços e fibras do açaí caracterizam-se como resíduos urbanos, e constituem-se como um dos principais inconvenientes ao bem-estar e higiene de cidades do norte do Brasil (Martins, Mattoso e Pessoa, 2009; Oliveira, 2014; Baroni, 2015; Sato et al., 2019). Atualmente no Brasil, não existe nenhum empreendimento em larga escala que explore o potencial energético dos resíduos do açaí, ou estudos que investiguem a viabilidade desses resíduos como matéria-prima para obtenção de combustíveis renováveis de aviação a partir de rotas termoquímicas, como por exemplo, a pirólise rápida (Maciel-Silva, Mussato e Foster-Carneiro, 2019).

A projeção do consumo de querosene de aviação no Brasil é de 1,2 bilhão de litros em 2020, e devido a grande experiência do país com a exploração de resíduos agroindustriais, pode-se destacar o potencial da conversão via pirólise rápida para a obtenção, e possível implementação de uma cadeia de produção de um biocombustível de aviação no país (Boeing, Embraer e Fapesp, 2013). Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial dos resíduos do açaí como insumo energético para produção de um combustível renovável de aviação via pirólise rápida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Levantamento bibliográfico, mediante busca por palavras-chaves relacionadas ao tema nas bases de dados *Science Direct*, *Web of Science* e *Scolar Google*.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, a agroindústria do açaí é uma das cadeias produtivas mais importantes para a região norte do país. Segundo Sato et al. (2019), a cada 100 toneladas de frutos beneficiados para obtenção de polpa, 80 toneladas de resíduos são gerados. Estima-se que só em Belém, os pontos de venda de açaí gerem aproximadamente 24 toneladas de caroços e fibras diariamente, onde o descarte desses resíduos é, normalmente, realizado de forma irregular, em canais e vias públicas, o que contribui para alagamentos, assoreamento dos canais, além de modificar negativamente a paisagem da cidade, e causar riscos à saúde da população local pela contaminação do meio-ambiente. O caroço do açaí possui alto poder calorífico (19,88 MJ/kg), e sua composição elementar apresenta teor abundante em carbono (46,04%) e oxigênio (38,3%), além de um baixo teor de nitrogênio (7,99%), o que torna essa biomassa uma fonte renovável promissora para obtenção de combustíveis renováveis utilizando processos de termoconversão (Araújo, 2018).

A indústria de aviação requer combustíveis que possuam alta densidade energética, e atualmente depende estritamente de hidrocarbonetos líquidos que atendam as rígidas exigências de qualidade, segurança, e que garantam o bom desempenho e performance das aeronaves. O querosene de aviação fóssil está compreendido na faixa de 150 a 300 °C, com predominância de hidrocarbonetos parafínicos entre 8 a 16 carbonos. As principais categorias são as n-parafinas, iso-parafinas, cicloparafinas, aromáticos, e aleanas, como mostrado na Figura 1. Entre 75% e 85% do volume é composto por parafinas (normal-, iso-, e ciclo-parafinas) e o restante por aromáticos (menos de 25%) e aleanas (1%) (Brooks et al., 2016).

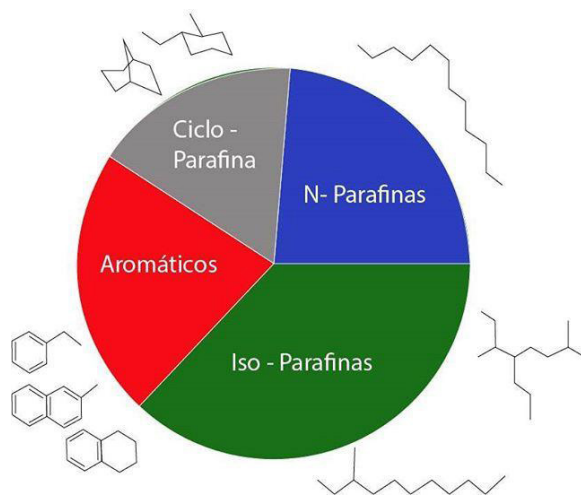


Figura 1: Classes de hidrocarbonetos no querosene de aviação fóssil. Adaptado de Brooks et al., 2016.

Diversas metodologias já estão certificadas, ou em fase de certificação, para a conversão de biomassa em bioquerosene de aviação, como a gaseificação seguida de Fischer-Tropsch (FT); mediante o hidrocessamento de ésteres e ácidos graxos (HEFA); através do tratamento de álcoois para obtenção de hidrocarbonetos parafínicos (ATJ); e por meio do hidrotreamento de açúcares fermentados para obtenção de iso-parafinas (SIP). Outras rotas ainda estão em fase de testes e certi-

ficação, como a conversão via pirólise rápida. O processo convencional para obtenção de bioquerosene via pirólise rápida é mostrado na Figura 2 (Roitman, 2018).

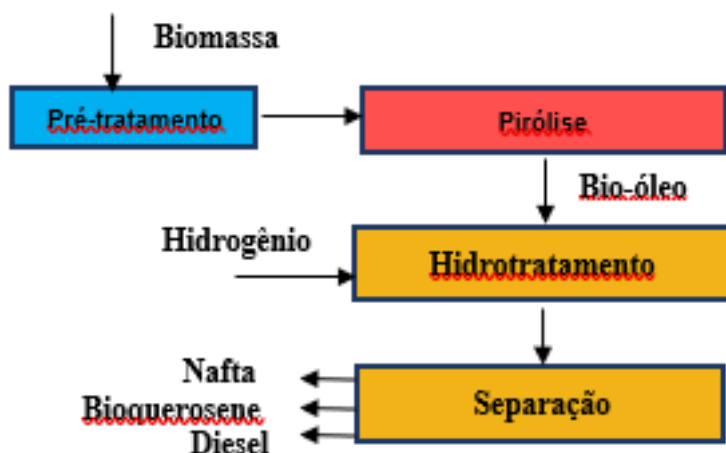


Figura 2: Processo de obtenção de bioquerosene via pirólise. Adaptado de Neuling e Kaltschmitt, 2014.

A pirólise de biomassa pode ser definida como sendo a decomposição térmica dos materiais orgânicos (celulose, hemicelulose e lignina) na ausência parcial ou total de agentes oxidantes, para produzir uma série de produtos de interesse, como carvão vegetal, bio-óleo e gases. As diferentes condições de temperatura, taxa de aquecimento, tempo de residência, e cinética de decomposição afetam diretamente tanto a composição dos produtos finais, como suas propriedades físico-químicas. Dessa maneira, com as devidas alterações dessas condições pode-se privilegiar, por exemplo, a formação específica do bio-óleo (Baroni, 2015).

O bio-óleo é um combustível renovável, e pode ser empregado como uma alternativa aos combustíveis derivados do petróleo. Estudos mostram que o bio-óleo pode ser usado como matéria-prima para uma gama de insumos químicos de interesse, e apresenta vantagens promissoras caso seja direcionado para a obtenção de bioquerosene. Entretanto, devido a alta acidez, presença de compostos oxigenados e reatividade, o bio-óleo pode ser corrosivo e ter difícil ignição, gerando vários poluentes em sua queima e danificando os motores das aeronaves. Essas inconveniências podem ser contornadas com o uso de técnicas de refino químico (*upgrading*), como o hidrotratamento, destilações secundárias e desoxigenação (Neuling e Kaltschmitt, 2015; Baroni, 2015).

4. CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que a reação de pirólise rápida destaca-se como uma alternativa promissora para a destinação sustentável dos resíduos do açaí e obtenção de um combustível renovável para a aviação.

5. AGRADECIMENTOS

UFPB, CAPES.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. O. Catalisador sólido ácido obtido a partir do resíduo do caroço do açaí: estudo de sua atividade na reação de esterificação, Manaus, 30p. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-graduação em química, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, **2018**.
- BARONI, E. G. Estudo cinético da pirólise do endocarpo do tucumã (*Astrocaryum aculeaum* G. MEYER) para obtenção de biocombustíveis, Campinas, 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, **2015**.
- BOEING, EMBRAER, FAPESP. Plano de voo para biocombustíveis de aviação no Brasil: plano de ação, **2013**. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicacoes/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>. Acesso em 14/05/2019.
- BROOKS, K. P.; SNOWDEN-SWAN, L. J.; JONES, S.B.; BUTCHER, M. G.; LEE, G. S. J.; ANDERSON, D. M.; FRYE, J. G.; HOLLADARY, J. E.; OWEN, J.; HARMON, L.; BURTON, F.; PALOU-RIERA, I.; PLAZA, J.; HANDLER, R.; SHONNARD, D. Low-carbon aviation fuel through the alcohol to jet pathway. *Biofuels for aviation: Feeds-tocks, Technology and Implementation*, **2016**, 109-150.
- IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura, **2017**, 32, 1-8. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/15f538e9095614fc3204f828b22fa714.pdf. Acesso em 27/08/2019.
- MACIEL-SILVA, F. W.; MUSSATO, S. I.; FOSTER-CARNEIRO, T. Integration of subcritical water pretreatment and anaerobic digestion technologies for valorization of açaí processing industries residues. *Journal of Cleaner Production*, **2019**, 228, 1131-1142.
- MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C. Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras de mesocarpo e caroço do açaí (*Euterpe Oleracea* Mart.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, **2009**, 31, 4, 1150-1157.
- MELIKOGLU, M. Modeling and forecasting the demand for jet fuel and bio-based jet fuel in Turkey till 2023. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, **2017**, 19, 17-23.
- NEULING, U.; KATSCHMITT, M. Conversion routes for production of biokerosene – status and assessment. *Biomass conversion and Biorefinery*, **2015**, 5, 4, 367-365.
- OLIVEIRA, J. A. R. Investigação das etapas para o processo de produção de etanol de segunda geração a partir da biomassa do caroço de açaí (*Euterpe Oleracea*), Campinas, 200p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campina, **2014**.
- ROITMAN, T. Perspectivas e propostas de inserção de bioquerosene de aviação no transporte aéreo de passageiros no Brasil, Rio de Janeiro, 146p, Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Estratégico), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, **2018**.
- SATO, M. K.; LIMA, H. V.; COSTA, A. N.; RODRIGUES, S.; PEDROSO, J. S.; MAIA, C. M. B. F. Biochair from acao agroindustry: study of pyrolysis conditions. *Waste Management*, **2019**, 96, 158-167.
- STAPLES, M. D.; MALINA, R.; SURESH, P.; HILEMAN, J.; BARRET, S. R. H. Aviation CO₂ emissions reductions from the use of alternative jet fuels. *Energy Policy*, **2018**, 114, 342-354.



CAPÍTULO 6

IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA PLANTA PILOTO DESCENTRALIZADA DE COMBUSTÍVEIS SINTÉTICOS DE AVIAÇÃO

ENVIRONMENTAL IMPACTS IDENTIFICATION OF A DESCENTRALIZED
PILOT PLANT FOR SYNTHETIC AVIATION FUELS

Heloísa Helena Bredemann da Silva

Marcos de Oliveira Costa

Resumo

O combustível sintético ou eletrocombustível é uma alternativa para a geração de combustíveis por meio da síntese de Fischer-Tropsch. O processo depende de uma fonte de carbono e eletricidade para que possa gerar os hidrocarbonetos. Uma alternativa é a retirada de CO₂ a partir do ar ou de outros subprodutos de outras produções, como a glicerina do biodiesel, e utilizar a geração de energias renováveis como fonte de eletricidade. Como o setor de aviação firmou um acordo para a neutralização do carbono até 2020, este combustível pode apresentar-se como uma solução. Apesar do processo ainda não ser o mais rentável tratando-se de grandes gerações, em alguns casos instalações de plantas pilotos descentralizadas podem valer a pena. O Brasil possui o potencial de ambas matérias-primas necessárias para a geração do combustível sintético, principalmente tratando-se de energia eólica, solar e hidrelétrica. Ao mesmo tempo, possui um grande território onde a distribuição de combustíveis acaba sendo dificultada, justificando a possibilidade de uso do eletrocombustível. Todavia, as instalações podem apresentar impactos ao meio ambiente e inviabilizar a instalação de uma planta piloto. Dessa forma, este artigo procurou identificar possíveis impactos associados à instalação das plantas e classificá-los como positivos e negativos. Os impactos apresentaram-se majoritariamente negativos devido ao distúrbio aplicado pela infraestrutura em um ambiente natural, todavia, estes impactos devem ser balanceados de forma a comparar o benefício da produção do eletrocombustível, utilizando apenas recursos naturais renováveis ou subprodutos como matéria-prima em comparação com a exploração de combustíveis fósseis.

Palavras chave: Combustível Sintético, Fischer-Tropsch, Impactos Ambientais, Aviação.

Abstract

Synthetic fuels or electrofuel is an alternative for generating fuels through Fischer-Tropsch synthesis. The process depends on a source of carbon and electricity to generate hydrocarbons. An alternative is to remove CO₂ from the air or by-products from other productions, such as biodiesel glycerin, and use renewable energy generation as an electricity source. As the aviation sector has signed an agreement for carbon neutralization by 2020, this fuel can present itself as a solution. Although the process is still not the most profitable for large scales, in some cases decentralized pilot plants may be worthwhile. Brazil has the potential of both raw materials necessary for synthetic fuel generation, for example wind, solar and hydroelectric power. At the same time, it has a large territory where the distribution of fuels ends up being difficult, justifying the possibility to use the electrofuel. However, the pilot plants may have environment impacts capable to make the installation unfeasible. Thus, this article sought to identify possible environmental impacts associated with the installation of the plants and to classify them as positive and negative. The impacts were mostly negative due to the disturbance applied by the infrastructure in a natural environment, however, these impacts must be balanced in order to compare the benefit of the fuel production, using only renewable natural resources or by-products as raw material in comparison with the exploitation of fossil fuels.

Key-words: Synthetic Fuels, Fischer-Tropsch, Environmental Impacts, Aviation.



1. INTRODUÇÃO

Os combustíveis sintéticos são resultado de processos antropogênicos para a produção de hidrocarbonetos e podem ser categorizados como uma forma de armazenamento de energia. Pode utilizar diferentes matérias primas e processos, tais como, a gaseificação, a pirolise e a síntese Fischer-Tropsch. Durante períodos de escassez do petróleo passou a ser desenvolvido e utilizado como uma alternativa de substituição dos combustíveis de origem fóssil.

Em consonância com o progresso do setor energético em fontes renováveis, desenvolveram-se estudos aplicados à produção de combustíveis sintéticos renováveis que, pelo uso intenso de eletricidade, também são chamados de eletrocombustíveis. Estes utilizam apenas dois ingredientes para a síntese do hidrocarboneto: o CO₂ e a água, resultando no gás de síntese e, posteriormente, no petróleo limpo. A energia elétrica é usada no processo de eletrólise da água onde se obtém o hidrogênio, já o CO₂ pode ser captado de processos industriais, ou mesmo, da atmosfera. Com esse petróleo é possível produzir combustíveis líquidos como gasolina, diesel e querosene de aviação (QAV).

Apesar da produção de eletrocombustíveis ainda não ser competitiva do ponto de vista econômico em grandes centros urbanos, pode ser uma excelente opção para a produção de combustíveis líquidos descentralizados.

Após os dados do IPCC (2014) mostrarem que, apenas a aviação é responsável pela emissão anual de aproximadamente 2% do total de emissão anual de Gases de Efeito Estufa (GEE) do setor de transporte, as empresas aéreas firmaram um acordo que definiu um crescimento neutro de carbono na indústria da aviação a partir de 2020, denominado CORSIA - Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (ICAO, 2018).

Como o Brasil é um país com um grande potencial em energia renovável e possui dificuldades para o abastecimento do setor aéreo em regiões remotas como Amazônia, apresenta-se se como uma região oportuna para instalação de uma Planta Piloto para a fabricação de eletrocombustíveis renováveis de aviação.

As instalações, por sua vez, podem provocar impactos ao meio ambiente. Para avaliar esses impactos, a legislação brasileira exige a submissão do empreendimento ao Licenciamento Ambiental. Através desse processo os órgãos competentes decidem sobre a viabilidade ambiental do empreendimento e quais medidas deverão ser adotadas no sentido de mitigar e compensar eventuais impactos ambientais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar alguns modelos de licenciamento ambiental existentes para mapear e identificar os impactos relacionados a instalação da planta piloto de modo a facilitar a elaboração de um termo de referência aplicado

à produção de combustível sintético descentralizada no Brasil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Usualmente o combustível sintético deve apresentar as mesmas características funcionais dos combustíveis fósseis, deve ser Drop-in. Devido à similaridade da aplicabilidade de ambos e a escassez de informações referente ao eletrocombustível renovável de aviação, a análise foi baseada na revisão bibliográfica acerca de aspectos históricos e econômicos do petróleo e das características produtivas do biodiesel.

A partir da compreensão de todas as etapas físico-químicas desde a extração do petróleo ou produção do biocombustível até suas refinarias, vendas e transportes, foram avaliados quais os impactos positivos e negativos das atividades ao meio ambiente. Alguns Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos Ambientais (EIA/RIMA) foram utilizados como modelo de comparação.

O EIA/RIMA utilizado para o licenciamento ambiental de uma refinaria de petróleo foi da Refinaria Premium II e Dutovia, na localidade do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, no Ceará. Para avaliação de impactos foram consideradas as áreas para cada instalação (refinaria e da dutovia) dois seguimentos distintos: Área de Influência Indireta e Área de Influência Direta. Também foi quantificado o nível de magnitude do impacto de 1 a 3, sendo o 1 com menor importância e 3 com maior. A natureza, a forma, o alcance, a temporalidade, a reversibilidade e a duração foram as características atribuídas para a verificação dos impactos de cada atividade.

Para o estudo do licenciamento ambiental da usina de biodiesel utilizou-se o EIA/RIMA da Usina de Biodiesel BBE Brasil Bioenergia AS do ano de 2018, localizado no município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul. As atividades desenvolvidas no empreendimento serão extração de óleo vegetal, fabricação e comercialização de combustível vegetal, biodiesel e co-produtos (glicerina e farelos de oleaginosas).

O mapeamento dos impactos foi apresentado em uma Matriz de Interação de Impactos Ambientais, inspirada no modelo clássico de Leopold, exibindo de forma interativa as características e consequências em categorias do meio ambiente delimitada como: Meio Físico, Meio Biótico e Meio Antrópico. Com essa matriz foi possível contabilizar as consequências positivas e negativas de cada atividade e selecionar em forma de tabelas, as atividades correspondentes ao processo de síntese do combustível sintético.



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para cada categoria do meio ambiente foram determinadas as consequências das atividades desenvolvidas no processo de instalação e operação.

Para o meio físico foram determinadas: aumento do potencial de erosão do solo; transportes de sólidos e assoreamento; aumento do potencial de riscos geotécnicos; impactos sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos; interferências nos usos de recursos hídricos e na drenagem; impacto na qualidade da água; geração de resíduos sólidos; geração de resíduos líquidos; emissões atmosféricas e de poeiras e emissões de ruídos e vibrações. O resultado apresentado foi de 100% de impactos negativos ao meio físico em ambas as construções. Cerca de 75% deles são locais, distribuídos entre médio e longo prazo, de característica irreversível e permanente. Tanto a refinaria de petróleo como a usina de biodiesel apresentam uma característica indireta aos impactos, porém, o biodiesel apresenta uma consequência direta nos recursos hídricos.

O meio biótico representou a menor porção de atividades impactantes. São elas: impactos na flora decorrentes da supressão vegetal; impactos na fauna terrestre; impactos na biota aquática; interferências em áreas especiais: unidades de conservação, apps e outras. Assim como no meio físico, 100% dos impactos relacionados à biota apresentaram-se negativos. Todos também foram em sua maioria impactos locais, irreversíveis e permanentes. Entretanto, 75% são diretos e de médio prazo.

Por fim, os impactos do meio antrópico foram representados por: geração de expectativa da população; interferência no cotidiano da população; geração de emprego e qualificação; dinamização da economia local e regional; impactos sobre o uso e ocupação do solo; pressões sobre a infraestrutura de serviços essenciais; impactos sobre a saúde da população local e impactos sobre o sistema viário e o tráfego terrestre. Diferentemente dos outros meios, as atividades citada apresentaram impactos positivos, principalmente relacionados à geração de empregos, desenvolvimento econômico e uso do solo, representando 50% dos impactos. Em geral, as características analisada ficaram bem divididas, porém ainda apresentando uma maior representatividade por serem de longo prazo, irreversíveis e permanentes.

A importância dos impactos ambientais variaram de 1 a 3. Em ambos empreendimentos, as atividades que obtiveram maior relevância de impactos ambientais (3) foram: aumento do potencial de erosão do solo; impacto na qualidade da água; geração de emprego e qualificação; dinamização da economia local e regional e impactos sobre o uso e ocupação do solo. Existiram ainda valores de maior relevância para a usina de biodiesel, atribuindo a importância de 3 para: impactos na flora decorrentes da supressão vegetal; impactos na fauna terrestre; impactos na

biota aquática e pressões sobre a infraestrutura de serviços essenciais. Para essas atividades, a refinaria de petróleo determinou a importância 2.

Na Tabela 1 são apresentados todos os valores percentuais das atividades quanto sua natureza, forma, alcance, temporalidade, reversibilidade e duração. A Matriz de Interação atua como uma ferramenta para a apresentação de informações correlacionadas a outras, entretanto, o resultado é arbitrário e depende, muitas vezes da experiência de análise. Consta em anexo o exemplo da matriz de impactos utilizada para o presente trabalho.

	Meio Físico (%)	Meio Biótico (%)	Meio Antrópico (%)
Positivo	0	0	50
Negativo	100	100	75
Direta	25	75	38
Indireta	88	25	50
Local	75	100	38
Regional	25	0	50
Curto Prazo	0	25	50
Médio Prazo	75	75	38
Longo Prazo	75	0	63
Reversível	25	0	38
Irreversível	88	100	63
Temporário	0	0	38
Permanente	100	100	63

Tabela 1 - Resultado dos impactos ambientais da Matriz Interativa de ambas indústrias.

Como a AIA da produção de combustível sintético será baseada nos resultados dos empreendimentos analisados, observa-se que a grande maioria dos impactos são negativos e locais, portanto, é necessário avaliar medidas mitigatórias ou de compensação para reduzir tais efeitos ao meio ambiente local. Além disso, a maior parte dos impactos são indiretos, ou seja, são consequências distantes de uma ação. Esse tipo de impacto é mais difícil de quantificar, mas será necessário qualificá-los para medidas de precaução.

Os maiores resultados para a temporalidade de longo prazo, irreversível e duração permanente indica que a instalação e operação do empreendimento modificará o meio ambiente independente das medidas mitigadoras. Para esse caso cabe a avaliação das consequências positivas do empreendimento para a população e ao ambiente em geral. Como a instalação de combustíveis sintéticos resultará na neutralidade de carbono em balanço global, os impactos ambientais podem ser compensatórios com a finalidade da planta piloto instalada de forma descentralizada nos locais remotos.

4. CONCLUSÕES

Existem impactos negativos para serem avaliados na planta piloto de combustíveis sintéticos, porém, a fabricação do produto já resulta em uma mitigação ambiental de escala global com a neutralização do carbono no setor da aviação.

Quanto a AIA da planta piloto, é necessário precaver e prevenir e mitigar os impactos associados à instalação e produção do combustível sintético no local. Para isso deverão ser seguidas recomendações e condicionantes aplicadas pelo órgão ambiental para seu Licenciamento Ambiental.

5. AGRADECIMENTOS

ProQR e GIZ.

REFERÊNCIAS

FIBRA; **EIA/RIMA: Construção e licenciamento da Usina de Biodiesel BBE Brasil Bioenergia SA.** Edição. Campo Grande: Fibra - Consultoria, Perícias e Projetos Ambientais S/S Ltda.

ICAO ENVIRONMENT. **What it CORSIA and how it works?**. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/A39_CORSIA_FAQ2.aspx. Acesso em: 13 ago. 2019.

IPCC; **AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. 5. Ed., 2014. p. 599-670

PETROBRÁS; **RIMA: Refinaria Premium II e Dutovia**. Edição. Rio de Janeiro: Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS , 2010.



ANEXO

MAGNITUDE DOS IMPACTOS 1 - Pouca importância 2 - Média importância 3 - Muita importância		Natureza		Magnitude		Forma		Alcance		Temporalidade			Reversibilidade		Duração	
		Positivo	Negativo	Importância	Direta	Indireta	Local	Regional	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo	Reversível	Irreversível	Temporário	Permanente	
IMPACTOS SOBRE O MEIO:	Físico	AUMENTO DO POTENCIAL DE EROÇÃO DO SOLO TRANSPORTES DE SÓLIDOS E ASSÓRTEAMENTO	X		3		X	X			X		X			X
		AUMENTO DO POTENCIAL DE RISCOS GEOTÉCNICOS		X	1		X	X			X			X		X
		IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS INTERFERÊNCIAS NOS USOS E NA DRENAGEM		X	2	X		X			X	X		X		X
		IMPACTO NA QUALIDADE DA ÁGUA		X	3	X		X			X	X		X		X
		GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS		X	2		X		X		X	X	X	X		X
		GERAÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS		X	2		X		X		X	X	X	X		X
	Biótico	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E DE PÓCERAS		X	1		X	X				X		X		X
		EMISSÕES DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES		X	1		X	X				X		X		X
		IMPACTOS NA FLORA DECORRENTES DA SUPRESSÃO VEGETAL		X	3	X		X			X			X		X
		IMPACTOS NA FAUNA TERRESTRE		X	3	X		X			X			X		X
		IMPACTOS NA BIOTA AQUÁTICA		X	3		X	X			X			X		X
		INTERFERÊNCIAS EM ÁREAS ESPECIAIS: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, APPS E OUTRAS		X	2	X		X		X				X		X
	Antropico	GERAÇÃO DE EXPECTATIVA DA POPULAÇÃO		X	2	X		X		X			X			X
		DESAPROPRIAÇÃO E REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO	X	X	2			X		X			X			X
		INTERFERÊNCIA NO COTIDIANO DA POPULAÇÃO		X	2			X		X			X			X
		GERAÇÃO DE EMPREGO E QUALIFICAÇÃO	X		3	X				X	X			X		X
		DIVERSIFICAÇÃO DA ECONOMIA LOCAL E REGIONAL	X		3				X			X		X		X
		IMPACTOS SOBRE O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	X	X	3		X		X			X		X		X
		PRESSÕES SOBRE A INFRAESTRUTURA DE SERVIÇOS ESSENCIAIS		X	3		X		X		X	X		X		X
		IMPACTOS SOBRE A SAÚDE DA POPULAÇÃO LOCAL		X	2	X		X		X			X		X	
		IMPACTOS SOBRE A PAISAGEM NATURAL E AS ATIVIDADES TURÍSTICAS	X	X	3		X		X			X		X		X
		IMPACTOS SOBRE O SISTEMA VIÁRIO E O TRÁFEGO TERRESTRE		X	3		X		X			X		X		X
		INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS DE AUTORIZAÇÕES E CONCESSÕES DE DIREITOS MINERÁRIOS MINERÁRIOS		X	2	X		X			X			X		X
		INTERFERÊNCIAS SOBRE O PATRIMÔNIO HISTÓRICO, CULTURAL E ARQUEOLÓGICO		X	1	X		X			X			X		X



**UTILIZAÇÃO DO SABUGO DE MILHO
CARBONIZADO COMO ADSORVENTE
DE ÁCIDOS GRAXO LIVRES DE ÓLEO
RESIDUAL DE FRITURA**

USE OF CARBONIZED CORN COB AS AN ADSORBENT OF FATTY
ACIDS FREE OF RESIDUAL FRYING OIL

Aline Bavaresco

Jaqueline Zanovelli Nalevaiko

Camila da Silva

Joel Gustavo Teleken

Resumo

O sabugo de milho é um resíduo agroindustrial abundante em diversas regiões do país. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade do sabugo de milho carbonizado de remover a acidez de óleos residuais de fritura por meio do processo de adsorção. Foram avaliadas suas características físicas e químicas e comparadas às de um carvão ativado de origem comercial, destinado para este fim. Também foi possível prever o tamanho das moléculas de ácidos graxos presentes nas amostras de óleo residual, e estimar seu acesso aos poros dos materiais adsorventes. Pelos dados obtidos na caracterização do sabugo de milho carbonizado verificou-se maior quantidade de mesoporos com diâmetro superiores aos do carvão ativado, bem como superfície com elementos de caráter predominantemente básico e pHPCZ mais alto, resultando em um material com melhor desempenho adsorptivo para ácidos graxos livres se comparado adsorvente comercial.

Palavras-chave: Carvão, sabugo de milho, óleo residual de fritura, adsorção.

Abstract

Corn cob is an agro-industrial residue abundant in several regions of the country. In this context, the objective of this work was to evaluate the capacity of the carbonized corn cob to remove the acidity of residual frying oils through the adsorption process. Its physical and chemical characteristics were evaluated and compared to those of activated carbon of commercial origin, destined for this purpose. It was also possible to predict the size of the fatty acid molecules present in the residual oil samples, and to estimate their access to the pores of the adsorbent materials. According to the data obtained in the characterization of the carbonized corn cob, there was a greater amount of mesopores with a diameter greater than those of activated carbon, resulting in a material with better adsorptive performance for free fatty acids when compared to commercial adsorbent.

Keywords: Coal, corn cob, residual frying oil, adsorption.



1. INTRODUÇÃO

Os resíduos agrícolas e agroindustriais têm conquistado um espaço cada vez maior na produção de biocombustíveis, principalmente pela necessidade de se buscar soluções a curto ou médio prazo para os efeitos da degradação ambiental, decorrentes de atividades industriais e urbanas (Costa, 2010).

O óleo residual de fritura (ORF) tem sido aplicado como matéria-prima alternativa ao óleo vegetal. Suas características físicas e químicas do ORF estão intimamente associadas à presença de contaminantes como a água e ácidos graxos livres (AGL) que influenciam diretamente a reação de transesterificação (Solomons e Fryhle, 2002; Diya'Uddeen, 2012).

O processo de adsorção possui grande importância nas etapas de purificação do óleo, em virtude de sua eficiência e baixo custo energético, pelo uso de diversos tipos de adsorventes tanto sintéticos como naturais (Mahajan, Konar e Boocock, 2007; Corro et. al, 2010).

Os resíduos do processamento do milho totalizam em média 60 % da produção. Cerca de 15 a 20% desses resíduos são os sabugos (Lora, 2008; IPEA, 2012). Estudos indicam que o sabugo de milho carbonizado pode ser um substituto para o carvão ativado comercial e, assim, alcançar vantagens ambientais e econômicas em suas aplicações (Webley e Sun (2010); Lopes et al., (2013).

O objetivo deste trabalho foi prever o tamanho das moléculas de ácidos graxos presentes no óleo residual de fritura e avaliar a possibilidade de seu acesso ao interior dos poros do adsorvente em análise.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O sabugo de milho *in natura* (SM), precursor do sabugo de milho carbonizado (SMC) usado como adsorvente, foi fornecido pela empresa Contiagro Comércio Indústria e Representação Ltda, de Palotina/PR. Foi submetido a secagem em estufa a 60 °C por 24 h e, posteriormente, triturado em moinho de facas tipo Willey (Fortinox) com peneiras de malha 1 mm. A carbonização foi feita em um recipiente aberto, de metal e conduzida até que o material já não inflamasse. Este material não passou por processos de ativação. O carvão ativado comercial (CAC), utilizado como adsorvente padrão, possuía partículas uniformes de tamanho 0,004 mm (4 µm), um reagente analítico do fabricante Alphatec.

O óleo residual de fritura (ORF) foi obtido por doação de diversos restaurantes e lanchonetes da cidade de Palotina/PR. Foi filtrado para remoção de impurezas



mantido sob agitação por recirculação por 24 h para garantir uma completa homogeneização. Ao final, o óleo acondicionado em tambores de plástico, devidamente tampados e mantido ao abrigo da luz e do calor.

O SMC foi submetido à análise de fisissorção de nitrogênio. Pelo método de B.E.T. buscou-se conhecer os valores de sua área superficial enquanto que pelo método de B.J.H verificou-se o volume e diâmetro dos poros do SMC. Para a análise da composição dos ácidos graxos presentes no ORF foi realizada a análise de perfil cromatográfico utilizando o equipamento Cromatógrafo a gás da marca Thermo Cientific (modelo Trace 1310), de acordo com a norma DIN EM 14103.

Dois testes teóricos computacionais foram realizados a fim de prever o tamanho das moléculas de ácidos graxos presentes no ORF e avaliar a possibilidade de seu acesso ao poro do SMC. O primeiro método foi o de minimização de energia MMFF94 simulado no JSmol (mecanismo de renderização 3D - software MolView v2.4) que forneceu o diâmetro médio e longitudinal de cada molécula encontrada na análise de perfil de ésteres, sem considerar as interferências da nuvem eletrônica presente nas moléculas. O outro método foi o de HF, um método semi-empírico AM2. Os softwares utilizados foram Gabedit 4.2.8, Gaussian 03® e Gaussview 4.1®. Foi possível, por este método, considerar toda a interferência das nuvens eletrônicas e, por consequência, todo o espaço ocupado por elas. Contudo, para este método, devido à sua complexidade, utilizou-se para análise apenas o ácido oleico que, apesar de ser o segundo mais abundante na amostra, foi o mais facilmente obtido para os testes no laboratório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fisissorção, verificou-se que a maior área superficial específica e o maior volume de poros foram observados no carvão ativado comercial (CAC). Comparando-se o SM com o SMC, nota-se que o processo de carbonização aplicado ao sabugo de milho possibilitou um aumento de todos os parâmetros expressos na Tabela 1.

Tabela 1: Características morfológicas do SM e dos adsorventes analisadas pelo método de fisissorção de N_2 .

Amostras	S_{BET} ($m^2 g^{-1}$)	S_m ($m^2 g^{-1}$)	$V_{P T}$ ($cm^3 g^{-1}$)	V_m ($cm^3 g^{-1}$)	\varnothing_p (Å)	Classificação
SM	2,662	-	0,006557	0,0002164	98,50	Meso
SMC	109,380	140,7	0,07522	0,04999	27,50	Meso
CAC	564,400	819,8	0,3564	0,2913	25,26	Meso

A distribuição de volume de poros foi majoritária de mesoporos, com diâmetros entre 30 Å e 40 Å. Somente alguns poros alcançaram 850 Å na amostra de SM, 1.300 Å no SMC e 1.100 Å no CAC, indicando a presença de macroporos. Tais

dados justificam os valores baixos obtidos para volume de poros e área superficial de microporos em todas as amostras.

Os principais ácidos graxos presentes nas amostras de ORF estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Perfil de ésteres da amostra de ORF e dimensões dos seus ácidos graxos, estimadas pelo método computacional MMFF94.

Molécula de ácidos graxos TR (min)		ORF		d_{long}^a (Å)	$d_{\text{méd}}^b$ (Å)
		AR (%)	Dimensões		
C14:0	Mirístico	14,303	0,22	19,4	2,2
C16:0	Palmítico	18,268	12,05	22,0	2,2
C18:0	Estearico	22,240	4,33	24,1	2,2
C18:1	Oleico	22,682	32,20	14,5	7,6
C18:2	Linoleico	23,570	43,26	14,2	6,8
C18:3	Linolênico	24,675	3,77	10,8	8,7
C20:0	Araquídico	25,802	0,34	26,6	2,2

TR: Tempo de resposta; AR: área relativa. ^a Diâmetro longitudinal (Å); ^b Diâmetro médio (Å).

Pela composição em ácidos graxos do ORF, pode-se simular e estimar o tamanho e geometria destas moléculas, relacionando-os com o diâmetro de poros (Tabela 1) do adsorvente em estudo e com a capacidade de adsorção em monocamada, a fim de avaliar se haveria acesso diretamente ao poro ou somente na superfície dos adsorventes. Pelo método MMFF94, acredita-se que seja possível que os AGL's difundam pelos poros, uma vez que suas dimensões (Tabela 2) são menores que a dos poros dos adsorventes. Já no método HF, a molécula de ácido oléico (Figura 1) possui um tamanho maior que os poros dos adsorventes, considerando todo o espaço teórico ocupado pela "nuvem" de elétrons nela existentes (núcleos, ligações e elétrons). Deste modo, a molécula não conseguiria adentrar completamente nos poros com tanta facilidade.

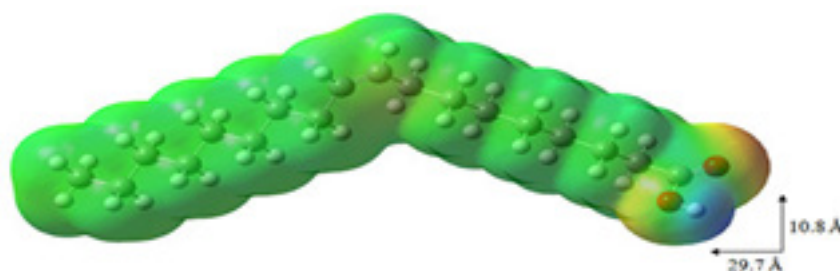


Figura 1: Estrutura tridimensional do ácido oleico, obtida pelo método HF.

Sugerindo uma superfície genérica de um carvão ativado, com seus grupos funcionais ativos interagindo com aqueles da molécula de AGL, pelo mesmo método de análise semi-empírico, observou-se, além das forças fracas de van der Waals, também as interações tipo ligações de hidrogênio (2,8 Å), formadas entre um átomo de hidrogênio de uma molécula de AGL com um átomo de oxigênio de um grupo ativo presente no carvão ativado, e vice-versa. Sugere-se também, no caso

de amolécula entrar parcialmente nos poros, que esta parte inserida possa fazer a interação com os grupos funcionais presentes no interior do poro da mesma forma como interagiriam na superfície do adsorvente.

4. CONCLUSÕES

Ainda que as moléculas do AGL não possam entrar totalmente nos poros dos carvões, ficando apenas em suas superfícies, é possível que estas interações superficiais sejam as responsáveis pela adsorção da acidez livre no óleo residual de fritura, melhorando sua qualidade no que diz respeito a diminuição da acidez do mesmo

5. AGRADECIMENTOS

À UFPR – setor Palotina/PR e ao Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu (mestrado) em Bioenergia.

REFERÊNCIAS

- COSTA, A. E. da. Purificação de biodiesel com uso de adsorventes alternativos. 163 f. Teste (Doutorado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFSC, Florianópolis/SC, 2010.
- CORRO, G.; TELLEZ, N.; JIMENEZ, T.; TAPIA, A.; BANUELOS, F.; VAZQUEZ-CUCHILLO, O. Biodiesel from waste frying oil. Two step process using acidified SiO₂ for esterification step. Elsevier - Catalysis Today. v. 166, p. 116-122, out.2010. Disponível em <<http://www.elsevier.com/locate/cattod>> Acesso em: 14 jun. 2015.
- DIYA'UDDEEN, B. H.; AZIZ, A. R. A.; DAUD, W.M.A.W.; CHAKRABARTI, M.H. Performance evaluation of biodiesel from used domestic waste oils: A review. Process Safety and Environmental Protection v. 9 0, p. 164–179, 2012.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvo-pastoril e agroindústrias associadas – Relatório de pesquisa, 134 p. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília, 2012.
- LOPES, C. W.; BERTELLA, F.; PERGHER, S. B. C.; FINGER, P. H.; DALLAGO, R. M.; PENHA, F. G. Síntese e caracterização de carvões ativados derivados do sabugo de milho: perspectiva. Erechim. v.37, n.139, p.27-35, setembro/2013. Disponível em <http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/139_360.pdf> Acesso em 20 jan. 2017.
- LORA, E. E. S.; AYARZA, J. A. C. Gaseificação. CORTEZ, Luis Augusto Barbosa (Org). Biomassa Para Energia. Campinas-SP: Editora Unicamp, 2008. p. 241-327
- MAHAJAN, S; KONAR, S. J.; BOOCOCK, D. G. B. Journal of American Oil Chemists Society, 2007, 84: 189-195.
- SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. (7a Ed) (2002). Química Orgânica - Vol 2. Rio de Janeiro-RJ: Editora LCT.



WEBLEY, P.A.; SUN, Y. Preparation of activated carbons from corncob with large specific surface area by a variety of chemical activators and their application in gas storage. *Chemical Engineering Journal*, v.162, p. 883-892, 2010.



**INFLUÊNCIA DAS ENZIMAS
CELULASE E PROTEASE NA
EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE GIRASSOL**

INFLUENCE OF CELULASE AND PROTEASE ON SUNFLOWER OIL
EXTRACTION

Camila Roders

Bruna Tais Ferreira de Mello

Camila da Silva

Denise Silva de Aquino

Resumo

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é cultivado em todos continentes por ter capacidade de adaptação a diferentes solos e condições climáticas. É uma semente oleaginosa que possui de 38% a 50% de óleo de alta qualidade. Nas indústrias, a extração de óleo é realizada por meio de técnicas utilizando solventes ou prensagem, porém pode ser substituído pela extração enzimática, que caracteriza-se por utilizar água como solvente e enzimas para hidrólise da parede celular. O objetivo do trabalho foi comparar o rendimento de óleo livre utilizando as enzimas celulase e protease na extração de óleo de girassol. Desta forma, a extração enzimática realizada com a enzima Celluclast 1,5L apresentou o rendimento em óleo livre maior quando comparado a extração com enzima Alcalase 2.4L FG. Porém, para obter este resultado a extração com a celulase foi realizada com uma temperatura maior do que a extração com protease, por outro lado a concentração de enzima utilizada foi menor.

Palavras chave: Celluclast 1,5L, Alcalase 2.4L FG, extração enzimática.

Abstract

The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is grown on all continents because it has the capacity to adapt to different soils and climatic conditions. It is an oilseed that contains 38% to 50% of high quality oil. In industries, oil extraction is carried out using techniques such as solvent and pressing. However it can be replaced by enzymatic extraction, which is characterized by using water with a solvent and enzymes for hydrolysis of the cell wall. The objective of the work was to compare the free oil yield using cellulase and protease enzymes in the extraction of sunflower oil. Thus, the enzymatic extraction with the Celluclast 1.5L enzyme showed a higher free oil yield when compared to extraction with the Alcalase 2.4L FG enzyme. However, to obtain this result, cellulase extraction was carried out at a higher temperature than protease extraction, on the other hand, the enzyme concentration used was lower.

Key-words: Celluclast 1,5L, Alcalase 2.4L FG, enzymatic extraction.



1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é cultivado em todos continentes por possuir grande capacidade de adaptação a diferentes solos e condições climáticas (Castro e Leite, 2018). É uma semente oleaginosa que possui de 38% a 50% de óleo de alta qualidade, sendo destinado principalmente à alimentação humana e também é empregado em fármacos e cosméticos e para produção de biodiesel (Rai et al., 2016).

A produção mundial de girassol é de mais de 40 milhões de toneladas por ano. No Brasil, o Mato Grosso é o maior produtor e a produção foi de 149 mil toneladas na safra 17/18 (CONAB, 2019).

O óleo de girassol destaca-se por apresentar em sua composição a predominância de ácidos graxos insaturados, sendo o principal o ácido linoleico (60 a 70%), seguido do ácido oleico (20 a 30%) e estes ácidos pode auxiliar na redução do colesterol (LDL) (Belo et al., 2017).

Nas indústrias, a extração de óleo é realizada por meio de técnicas utilizando solventes ou prensagem (Cheng et al., 2019). Porém, este processo de extração apresenta algumas desvantagens, como eliminação do solvente ao final da extração, uso de recursos não renováveis, necessidade de cuidados especiais em seu manuseio (alta volatilidade e inflamabilidade dos líquidos), toxicidade do solvente, necessidade de tratamento dos resíduos e alteração da qualidade nutricional do produto (Ribeiro et al., 2016).

Em busca de processos menos prejudiciais ao meio ambiente, sem utilização de solventes tóxicos e inflamáveis, a extração de óleos vegetais pode ser realizada pela extração enzimática (Castejón et al., 2018). A extração enzimática caracteriza-se por utilizar água como solvente e enzimas para hidrólise da parede e membranas celulares e assim o óleo que se encontra nos vacúolos intracelulares é liberado (Campbell et al., 2016). A parede celular vegetal é composta por celulose, hemicelulose, proteínas e pectinas. Devido à composição da estrutura da parede celular, as enzimas mais utilizadas para extração enzimática são: celulase, hemicelulase, pectinase, protease e α -amilase (Liu et al., 2015).

Na extração aquosa enzimática ocorre a formação de três camadas: emulsão, fase aquosa e sólida, sendo que na emulsão está a maior quantidade de óleo, cerca de 80% do óleo total (Moura et al., 2008). A emulsão é estabilizada por proteínas, fosfolipídios e carboidratos. Para obter um elevado teor de óleo, a camada de emulsão deve ser desmanchada para que o óleo emulsionado seja liberado, o que torna esta etapa o maior desafio da extração aquosa de óleo vegetal (Morales et al., 2008).



O presente trabalho teve como objetivo comparar o rendimento de óleo livre utilizando as enzimas celulase e protease na extração de óleo de girassol

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As sementes da oleaginosa foram trituradas em liquidificador doméstico e classificadas por meio do conjunto peneiras. Foram selecionadas as amostras com diâmetro médio de 0,725 mm. As enzimas utilizadas na extração enzimática foram a celulase (Celluclast 1,5L, Novozyme) e a protease (Alcalase 2.4L FG, Novozymes).

No processo de extração enzimática com a enzima celulase, as sementes da oleaginosa foram diluídas em água destilada na razão mássica de 1:5 (g/g) e adicionadas em frascos Erlenmeyer de 250 mL, totalizando o volume de 50 mL. O pH da suspensão foi ajustado para 4,5. Após, foi adicionado 9% (v/v) da enzima. Os frascos foram incubados em equipamento com agitação orbital a 60 °C e com agitação de 180 rpm por 5 horas. Após a extração, foi realizada a desemulsificação, a qual consiste em ajustar o pH das suspensões para 5, incubar por 1 hora, com agitação de 180 rpm a temperatura de 25 °C e armazenar overnight a 4°C. Em seguida, os frascos foram centrifugados para obtenção do óleo livre. O rendimento em óleo livre foi determinado pela razão entre a massa de óleo livre recuperada e massa de semente utilizada.

A extração enzimática com enzima protease foi utilizada o mesmo procedimento descrito acima, porém os parâmetros utilizados foram: pH 8,0, temperatura de 40 °C e concentração de enzima de 9% (v/v).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições das extrações enzimáticas realizadas com as enzimas Celluclast 1,5L e Alcalase 2.4L FG foram maximizadas em estudos prévios por meio do planejamento Box-Behnken com 3 pontos centrais. Para a extração com a enzima Celluclast 1,5L foram avaliados os parâmetros temperatura (40 a 60 °C), concentração da enzima (1 a 9%) e a razão mássica semente de girassol e água (1:5 a 1:15). Na extração com a enzima Alcalase 2.4L FG foram avaliadas as variáveis temperaturas (40 a 60 °C), pH (7,0 a 8,0) e a concentração de enzima (1 a 9%). Em ambos os estudos a variável resposta foi o rendimento em óleo livre. Na Tabela 1, estão os parâmetros e os rendimentos maximizados.



Parâmetros	Celulase	Protease
Temperatura (°C)	60	40
pH	4,5	8,0
Concentração da enzima (%)	1	9
Rendimento em óleo livre (%)	17,76±0,46 ^a	14,77±0,55 ^b

^{ab} Médias seguidas de letra diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 1 - Parâmetros e rendimento em óleo livre da extração enzimática de girassol com as enzimas celulase Celluclast 1,5L e protease Alcalase 2.4L FG.

O maior rendimento em óleo livre foi obtido com a enzima celulase Celluclast 1,5L, o qual foi de 17,76%±0,46, enquanto com a enzima protease Alcalase 2.4L FG o rendimento foi de 14,77%±0,55. O rendimento de óleo de girassol obtido por Sineiro et al. (1998) após 2 h de extração enzimática com 1,4% da enzima Celluclast 1,5L e razão mássica semente:água de 1:8, foi de 30% de óleo de girassol. Campbell et al. (2016) relataram um rendimento 39% de óleo de girassol na razão mássica de 1:10 de semente para água, a 50 °C e com adição de 2% de protease (Protex 7L) e 2% de celulase (Multifect CX 13L). Porém, em ambos os casos, o valor do rendimento inclui o óleo emulsionado, enquanto que no presente trabalho foi considerado apenas o óleo livre.

A extração com a enzima celulase apresentou o maior valor do rendimento em óleo livre, para este resultado a temperatura utilizada no processo foi maior quando comparado este parâmetro com a extração utilizando a enzima protease. No entanto, a concentração de enzima adicionada foi de apenas 1% (v/v), enquanto que no processo com a protease foi necessário a adição de 9% (v/v) da enzima.

A menor concentração de enzima fornece uma maior viabilidade econômica do processo pois a enzima representa cerca de 30% do custo dos insumos utilizado na extração enzimática de óleo vegetal (Cheng et al., 2019). Além disso, quando se utiliza uma concentração maior de enzima pode ocorrer extração de compostos que possam ocasionar uma maior estabilidade da emulsão e conseqüentemente reduzir a quantidade de óleo livre recuperado ou a extração de outros compostos que possam inibir a ação da enzima, assim como interferir na qualidade do óleo (Yussof et al., 2016).

Já no caso da temperatura, este é um parâmetro que depende tanto da enzima quanto da oleaginosa utilizada no processo (Liu et al., 2016). A enzima Celluclast 1,5L possui a faixa de temperatura ótima de 50 a 60 °C. Yusoff et al. (2016), testaram diferentes temperatura para o processo de extração aquosa enzimática de Moringa Oleifera utilizando as enzimas Neutrase e Celluclast 1.5L e encontraram o melhor rendimento do processo na temperatura de 60 °C. Abdulkarim et al. (2006) verificaram a influência da temperatura na extração aquosa enzimática de óleo de Moringa Oleifera com a enzima Celluclast 1.5L e concluíram que na temperatura a 60 °C tiveram o rendimento mais elevado. Sineiro et al. (1998) e Ribeiro et al. (2016) utilizaram a Celluclast 1.5L na extração aquosa enzimática de óleo de gi-



rassol a 50 °C, porém em ambos os estudos não avaliaram a influência da temperatura no rendimento do óleo.

4. CONCLUSÕES

A extração enzimática realizada com a enzima Celluclast 1,5L apresentou o rendimento em óleo livre maior quando comparado a extração com enzima Alcalase 2.4L FG. Entretanto, para obter este resultado a extração com a celulase foi realizada com uma temperatura maior do que a extração com protease, por outro lado a concentração de enzima utilizada foi menor.

REFERÊNCIAS

- ABDULKARIM, S., LAI, O., MUHAMMAD, S., LONG, K., GHAZALI, H. Use of enzymes to enhance oil recovery during aqueous extraction of moringa oleifera seed oil. **Journal of Food Lipids**, v.13, n. 2, p.113-13, 2006.
- BELO, R. G., NOLASCO, S., MATEO, C., IZQUIERDO, N. Dynamics of oil and tocopherol accumulation in sunflower grains and its impact on final oil quality. **European Journal of Agronomy**, v.89, p.124-130, 2017.
- CAMPBELL, K. A., VACA-MEDINA, G., GLATZ, C. E., PONTALIER, P. Y., Parameters affecting enzyme-assisted aqueous extraction of extruded sunflower meal. **Food Chemistry**, v.208, p.245-251, 2016.
- CASTEJÓN, N., LUNA, P., SEÑORÁNS, F. J. 2018. Alternative oil extraction methods from *Echium plantagineum* L. seeds using advanced techniques and green solvents. **Food Chemistry**, v.244, p.75-82, 2018.
- CASTRO, C., LEITE, R. M. V. B. C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Oil seeds e Fats Crops and Lipids**, p.1-11, 2018.
- CHENG, M. H., DIEN, B. S., SINGH, V. 2019. Economics of plant oil recovery: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.18, p.101-106, 2019.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Boletim dos grãos de Dezembro. Brasília: Conab.
- JIANG, L., HUA, D., WANG, Z., XU, S. Aqueous enzymatic extraction of peanut oil and protein hydrolysates. **Food and Bioproducts Processing**, v.88, p.233-238, 2010.
- KUMAR, S. P. J., PRASAD, R. S., BANERJEE, R., AGARWAL, D. K., KULKARNI, RAMESH, K. V. Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds. **Chemistry Central Journal**, v.11, p.1-7, 2017.
- LIU, J. J., GASMALLA, M. A. A., LI, P., YANG, R. Enzyme-assisted extraction processing from oilseeds: Principle, processing and application. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.35, p.184-193, 2016.
- MORALES, C. R., KIM, H. J., ZHANG, C., GLATZ, C. JUNG, S. Destabilization of the emulsion formed during aqueous extraction of soybean oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.85, n.4, p.383-390, 2008.
- MOURA, J., CAMPBELL, K., MAHFUZ, A., JUNG, S., GLATZ, C., & JOHNSON, L. A. Enzyme-assisted aqueous extraction of oil and protein from soybeans and cream de emulsification. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.85, n.10, p.985-995, 2008.
- RAI, A., MOHANTY, B., BHARGAVA, R. Supercritical extraction of sunflower oil: A central composite design for extraction variables. **Food Chemistry**, v.192, p.647-659, 2016.

RIBEIRO, S. A. O., NICACIO, A. E., ZANQUI, A. B., BIONDO, P.B.F., ABREU-FILHO, B. A., VISENTAINER, J. V., GOMES, S. T. M., MATSUSHITA, M. Applications of enzymes in sunflower oil extraction: antioxidant capacity and lipophilic bioactive compositions. **Journal of the American Chemical Society**, v.27, n.5, p.1-7, 2016.

SINEIRO, J., DOMÍNGUEZ, H., NÚÑEZ, M. J., LEMA, J. M. Optimization of the enzymatic treatment during aqueous oil extraction from sunflower seeds. **Food Chemistry**, v.61, p.467-474, 1998.

YUSOFF, M, M, GORDON, M. H., EZEH, O., NIRANJAN, K. Aqueous enzymatic extraction of *Moringa oleifera* oil. **Food Chemistry**, v.211, p.400-408, 2016.

YUSOFF, M. M., GORDON, M. H., NIRANJAN, K., Aqueous enzyme assisted oil extraction from oilseeds and emulsion de-emulsifying methods: a review. **Food Science and Technology**, v.41, p.60-82, 2015.



**AVALIAÇÃO DA MODELAGEM DE UM
BIOREATOR REAL UTILIZADO PARA
OBTENÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE
GLICEROL BRUTO**

EVALUATION OF THE MODELING OF A REAL BIOREATOR USED TO
OBTAIN ETHANOL THROUGH CRUDE GLYCEROL

Amanara Souza de Freitas

Daniel Arnóbio Dantas da Silva

Andrea Lopes de Oliveira Ferreira

Giovanilton Ferreira da Silva

Resumo

O crescimento populacional e industrial tem demandado um aumento no consumo de energia, principalmente daquelas associadas aos combustíveis de origem fóssil. Entretanto esses combustíveis ao longo do tempo tem sido substituídos por biocombustíveis, como o biodiesel, que tem ganhado protagonismo na produção brasileira. A principal rota para a produção do biodiesel é a reação de transesterificação, que tem como um dos produtos principais o 1,2,3-propanotriol, ou glicerol. Pesquisas recentes já mostram a possibilidade de produzir etanol através da fermentação do glicerol bruto que é um resíduo amplamente disponível e de baixo custo. Mas, ainda é preciso avaliar a viabilidade dessa produção em escala real. Diante disso, compreender o comportamento de um reator real usado na produção de etanol por meio fermentativo, é necessário à construção de um modelo matemático que permita a projeção de produção em tamanho de escala real. Dessa forma o presente artigo tem como objetivo principal construir um modelo que descreva a produção real de um biorreator usado para a obtenção de etanol através do glicerol bruto, por meio fermentativo, usando diferentes microrganismos.

Palavras Chave: Modelagem de processos; Biorreator; Glicerol bruto; etanol.

Abstract

Population and industrial growth has demanded an increase in energy consumption, especially those associated with fossil fuels. However, these fuels over time have been replaced by biofuels, such as biodiesel, which has gained prominence in Brazilian production. The main route for the production of biodiesel is the transesterification reaction, whose main product is 1,2,3-propanotriol, or glycerol. Recent research already shows the possibility of producing ethanol through the fermentation of crude glycerol, which is a widely available and low-cost waste. However, it is still necessary to evaluate the viability of this production on a real scale. Therefore, to understand the behavior of a real reactor used in the production of ethanol by means of fermentation, it is necessary to build a mathematical model that allows the projection of production in real scale. Thus, the present article has as main objective to build a model that describes the real production of a bioreactor used to obtain ethanol through crude glycerol, through fermentation, using different microorganisms.

Keywords: Process modeling; Bioreactor; Crude glycerol; ethanol.



1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e industrial tem demandado um aumento no consumo de energia, principalmente daquelas associadas aos combustíveis de origem fóssil. Entretanto esses combustíveis além de serem não renováveis, acarretam danos ao meio ambiente, como a alta taxa de emissão de gases. Dessa forma, os biocombustíveis têm se tornado uma alternativa atraente para resolução deste problema. O Brasil é pioneiro no uso de fontes renováveis e dispõe de uma posição única no mundo, com diversas opções para ampliar a produção e o uso de energias limpas (FGV, 2018). E o etanol é o atual protagonista do mercado, ele pode ser usado como combustível em sua forma pura ou misturado à gasolina, como também fazer parte de biocombustíveis e, no Brasil, é amplamente utilizado nos motores automobilísticos à combustão (CARVALHO, 2013). Nas últimas quatro décadas, o país se tornou o segundo maior produtor de etanol do mundo através da adoção de estratégias de expansão de produção a partir da cana-de-açúcar (SILVA, 2017), entretanto este crescimento não será o suficiente para atender as futuras projeções do mercado, havendo à necessidade de implementação de outras matérias-primas e tecnologias de fabricação.

A principal rota para a produção do biodiesel é a reação de transesterificação, que tem como um dos produtos principais o 1,2,3-propanotriol, ou glicerol. Este resíduo tem gerado grande problema na indústria do biodiesel, visto que a cada 10 kg de biocombustível produzido é gerado 1 kg de glicerol bruto (GONZÁLEZ-PAJUELO Et al., 2004). Desde 2017, a produção de biodiesel tem sido superior a superior a 25 milhões de m³ por ano, em decorrência disso aumentou a disponibilidade do glicerol, fazendo com que seu preço caísse (ANP, 2019). Com o intuito de evitar futuros problemas derivados da acumulação de glicerol e para tornar a produção de biodiesel mais competitiva, torna-se necessária a busca de alternativas para o uso do glicerol bruto gerado nesta produção.

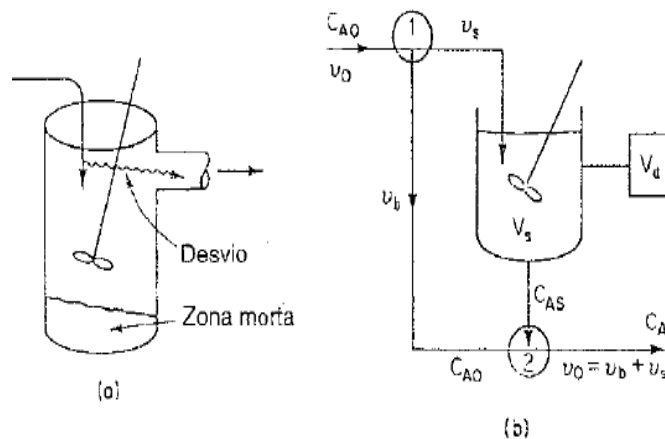
Pesquisas recentes já mostram a possibilidade de produzir etanol através da fermentação do glicerol bruto, em escala laboratorial. Mendes (2010) conseguiu produzir etanol através de fermentações com a bactéria *Klebsiella pneumoniae* 396 (ATCC 29665), usando o resíduo como fonte de carbono. Silva (2010) também obteve resultados promissores de conversão usando a bactéria *Escherichia Coli* 224 (ATCC 25922).

Diante disso, compreender o comportamento de um reator real usado na produção de etanol por meio fermentativo é necessário à construção de um modelo matemático que permita a projeção de produção em tamanho de escala real. Desta maneira, o objetivo principal deste trabalho é avaliar a metodologia de modelagem para um bioreator usado para produção real de etanol através do glicerol bruto, por meio fermentativo, usando diferentes microrganismos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a modelagem do problema, iremos considerar que o biorreator se trata de um reator de mistura (Continuous Stirred-Tank Reactor – CSTR) não ideal. Segundo Fogler (2009), um CSTR real pode ser modelado através da combinação de um CSTR ideal de volume V_s , de uma zona morta de volume V_d e de um desvio com vazão volumétrica V_b . A Figura 1, mostra a comparação entre o reator real e o sistema a ser considerado no modelo.

Figura 1: (a) Reator real, (b) Sistema modelo.



Fonte: Fogler, 2009.

O sistema usado no modelo assume que a corrente de desvio (bypass) e a corrente do efluente do volume de reação são misturados no ponto 2. Logo, haverá uma fração da corrente de alimentação do biorreator que é desviada e misturada a corrente de saída. Além disso, considera-se a presença de uma zona de estagnação, ou zona de volume morto, onde parte do fluido não sofre nenhum tipo de mistura. As equações de balanço de massa que serão usadas no modelo são expressadas abaixo:

$$v_s = (1 - \beta) \cdot v_0$$

$$v_b = \beta \cdot v_0$$

$$v_s = \alpha \cdot v_0$$

$$V_s = (1 - \alpha) \cdot V$$

$$C_{TG} = \frac{v_0 - v_s}{v_0} \cdot C_{TGO} + \frac{v_s}{v_0} \cdot C_{TGS}$$

Onde, α representa a fração do volume total (V) ocupada pela região não estagnada, e β representa a fração do vazão que sofre desvio. Desta maneira, ao determinar estes parâmetros pode-se prever prontamente a concentração de saída e conseqüentemente, a conversão do reator.

Considerando a taxa de diluição (D) no biorreator como a razão entre o volume total e a corrente de alimentação. Xiu Et. al (2004), demonstrou as equações que governam balanço de massa da fermentação, utilizando a bactéria *Klebsiella pneumoniae*, que ocorre no biorreator real para os produtos, substrato e biomassa, para são apresentadas a seguir nas equações a seguir:

$$\frac{dC_b}{dt} = C_b(\mu - D)$$

$$\frac{dC_s}{dt} = D(C_{s0} - C_s) - C_b \cdot \zeta_s$$

$$\frac{dC_{Pd}}{dt} = D \cdot C_{Pd} + C_b \cdot X_{Pd}$$

$$\frac{dC_{Ac}}{dt} = -D \cdot C_{Ac} + C_b \cdot X_{Ac}$$

$$\frac{dC_{Et}}{dt} = -D \cdot C_{Et} + C_b \cdot X_{Et}$$

Em que, μ é taxa de crescimento de biomassa, ζ_s é taxa específica de consumo de substrato e X_{Pd} , X_{Ac} e X_{Et} são as taxas de formação de produtos, 1,3-propandiol, ácido acético e etanol, respectivamente: e são expressas pelas equações abaixo: (Xiu et al, 2004).

$$\mu = \mu_m \left(\frac{C_s}{K_s + C_s} \right) \left(1 - \frac{C_s}{C_s^*} \right) \left(1 - \frac{C_{Pd}}{C_{Pd}^*} \right) \left(1 - \frac{C_{Ac}}{C_{Ac}^*} \right) \left(1 - \frac{C_{Et}}{C_{Et}^*} \right)$$

$$\zeta_s = m_s + \frac{\mu}{\gamma_s^m} + \Delta\eta_s^m \left(\frac{C_s}{K_s^* + C_s} \right)$$

$$X_{Pd} = m_{Pd} + \mu\gamma_{Pd}^m + \Delta\eta_{Pd}^* \left(\frac{C_s}{K_{Pd}^* + C_s} \right)$$

$$X_{Ac} = m_{Ac} + \mu\gamma_{Ac}^m + \Delta\eta_{Ac}^* \left(\frac{C_s}{K_{Ac}^* + C_s} \right)$$

$$X_{Et} = \zeta_s \cdot \gamma_{Et}^m$$

$$\gamma_{Et}^m = \frac{b_1}{(C_1 + D \cdot C_s)} + \frac{b_2}{(C_2 + D \cdot C_s)}$$

Este tipo de modelo leva a resolução de um sistema de EDO's não lineares com valores definidos nos contornos (entrada e saída do reator, com base nos dados experimentais). Devido a não linearidade das equações e sua complexidade, é necessária uma resolução numérica desse sistema. Esta solução será feita usando o software SCILAB, através de um método de resolução de equações não lineares.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se que ao longo desta pesquisa que sejam obtidos os modelos cinéticos para produção de etanol a partir de glicerol bruto por meio fermentativo utilizando os microorganismos: *Klebsiella pneumoniae* 396 (ATCC 29665) e *Escherichia Coli* 224 (ATCC 25922). E a realização da determinação dos parâmetros cinéticos dos modelos. O ajuste matemático dos dados experimentais permitirá que estes modelos sirvam de base para a determinação da velocidade global de produção de etanol no biorreator e análise do seu comportamento de acordo com as variáveis estudadas. A obtenção destes modelos permitirá publicações em revistas e eventos no meio científico.

De posse do modelo, na segunda fase espera-se realizar a modelagem do biorreator real para produção de etanol a partir de glicerol bruto. De posse destes modelos, pode-se então determinar os principais parâmetros associados à produção do biocombustível, como volume de reator, conversão, comportamento da concentração de etanol ao longo do reator, tempo de residência, entre outros.

4. CONCLUSÕES

Através do exposto, concluímos que os métodos numéricos de resolução de equações não lineares, é possível modelar o comportamento de um biorreator. E além disso, é possível utilizar um resíduo da indústria do biodiesel, produzido em larga escala e para gerar etanol combustível.

5. Agradecimentos

UFPB, PPGEQ-UFPB, CNPq, Capes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP). Biocombustíveis. Brasília: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016. Disponível em < <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2019.

CARVALHO, L. C. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Botucatu, 2013.

FOGLER, H. S. Elementos de engenharia das reações químicas / H. Scott Fogler; tradução: Verônica Calado, Evaristo C, Biscaia Jr; revisão técnica Frederico W. Tavares. – 4ed.- Rio de Janeiro: LTC, 2009.



MENDES, J. S. Produção de Etanol a partir da Fermentação de glicerol bruto usando *Klebsiella Pneumoniae*. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) – Universidade Federal do Ceará, UFC. Ceará. 2010.

SILVA, J. S. Processo fermentativo para produção de etanol utilizando glicerol bruto como substrato. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) – Universidade Federal do Ceará, UFC. Ceará. 2010.

SILVA, M.R. Mandatos de biocombustíveis e crescimento da demanda mundial de etanol: Efeitos sobre a economia brasileira. 85f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2017.

XIU, Z. L.; SONG, B. H.; WANG, Z. T.; SUN, L. H. FENG, E. M.; ZENG, A. P. Optimimization of dissimilation of glycerol to 1,3-propanediol by *Klebsiella pneumoniae* in one and two-stage anaerobic cultures. *Biochemical Engineering Journal*. V 19, p 198-197, 2004.



**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE
QUALIDADE DA ÁGUA E CRITÉRIOS
DE QUALIDADE DE SEDIMENTO DOS
MANANCIAIS DA BACIA DO RIO
DOCE (MG) COMO INDICADORES DE
AVALIAÇÃO AMBIENTAL E DE SAÚDE
PÚBLICA**

ANALYSIS OF WATER QUALITY INDICES AND SEDIMENT QUALITY
CRITERIA OF THE WATERFALLS OF RIO DOCE BASIN (MG) AS
INDICATORS OF ENVIRONMENTAL AND PUBLIC HEALTH ASSESSMENT

**Israel Henrique Ribeiro Rios
Alexsandro Fiscina de Santana**

Resumo

O presente trabalho visou analisar a variação dos índices de qualidade de água e critérios de qualidade de sedimento em mananciais da Bacia do Rio Doce, no estado de Minas Gerais, no período de 2014 a 2016, observando a influência do acidente ocorrido no final de 2015. O derrame e o transporte de rejeito de mineração sobre os mananciais deterioraram a qualidade da água dos rios, além de consequências econômicas, ambientais e sociais devastadoras. No âmbito desse trabalho, foi utilizada a planilha de dados parâmetros de qualidade da água do órgão ambiental de Minas Gerais para cálculo dos índices envolvidos: IQA-CETESB, IVA-CETESB e IQA-CCME para parâmetros organolépticos e para substâncias tóxicas. Além disso, os dados de parâmetros químicos e granulometria do sedimento foram analisados a partir de trabalhos acadêmicos e do monitoramento emergencial realizado pelo órgão ambiental do Estado de Minas Gerais. O uso dos índices de qualidade da água e a implementação dos critérios de qualidade de sedimento no monitoramento ambiental de um corpo hídrico pode ser uma ferramenta eficiente para detectar problemas e elaborar metas mais embasadas.

Palavras chave: Rio Doce, índices de qualidade da água, qualidade do sedimento.

Abstract

The present work aimed to analyze the variation of water quality indices and sediment quality criteria in the Rio Doce Basin, in the state of Minas Gerais, from 2014 to 2016, observing the influence of the accident occurred at the end of 2015. The spillage and transport of mining tailings over the springs has deteriorated river water quality, as well as devastating economic, environmental and social consequences. In the scope of this work, the water quality parameters of the environmental agency of Minas Gerais were used to calculate the indices involved: IQA-CETESB, IVA-CETESB and IQA-CCME for organoleptic parameters and toxic substances. In addition, the data of chemical parameters and sediment granulometry were analyzed from academic studies and from the emergency monitoring done by the environmental agency of Minas Gerais. The use of water quality indexes and the implementation of sediment quality criteria in the environmental monitoring of a water body can be an efficient tool to detect problems and elaborate more grounded goals.

Key-words: Rio Doce, water quality indexes, sediment quality.



1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem estar social, possuindo múltiplos usos, dos mais simples aos mais complexos. Já os sedimentos, segundo Baird(2002), são as camadas de partículas minerais e orgânicas, com frequência finamente granuladas, que se encontram em contato com a parte inferior dos corpos d'água natural, como lagos, rios e oceanos. Os sedimentos têm grande importância ambiental já que neles se depositam muitos produtos químicos, especialmente metais pesados e compostos orgânicos. A partir deles, os produtos tóxicos podem ser transferidos para os organismos que habitam essa região.

Os parâmetros envolvidos no monitoramento de qualidade das águas dos mananciais são muitos, o que dificulta a divulgação de uma informação mais resumida e consolidada de um determinado ambiente hídrico. Como alternativa, tem-se a agregação dos parâmetros através de índices de qualidade da água, a fim de mostrar as condições de qualidade dos corpos d'água. Já a qualidade do sedimento, é classificada segundo critérios, cujos padrões e classificações gerais para cada poluente se diferenciam de modelo para modelo adotado por agências ambientais mundiais.

Nesse âmbito das problemáticas envolvendo o meio ambiente, a extração do minério de ferro contribui para impactos ambientais negativos que são, às vezes, irreversíveis. Dentre as exportações de minérios no país, o ferro tem grande destaque, estando entre os minerais mais explorados no território; e o estado de Minas Gerais é o principal produtor do minério. Para Andrade et al(2016), um desses aspectos ambientais relacionados à extração do ferro é o gerenciamento das grandes quantidades de rejeitos advindas do processo de beneficiamento do minério, em que a principal forma de disposição final é a barragem de rejeito. As barragens de rejeito são usadas para depositar os resíduos e a água gerados a partir do beneficiamento do minério.

No final do ano de 2015, ocorreu no estado de Minas Gerais um desastre ambiental considerado por muitos o maior da história do país. A lama do rejeito de minério proveniente do rompimento da barragem de Fundão, localizada na unidade Germano da Samarco, município de Mariana, atingiu mananciais de água doce do Estado, chegando até o oceano. Além dos prejuízos na qualidade e no ecossistema dos rios, no abastecimento de água para consumo humano das localidades, as questões econômicas, sociais e culturais do problema também são colocadas como fator importante. A deterioração dos corpos d'água encarece as tecnologias de tratamento de água, prejudica a atividade pesqueira, enfraquece a autonomia das populações difusas, aumenta os riscos de problemas de saúde pública, interfere nos processos ecossistêmicos importantes no ciclo da vida, entre outros fatores. O objetivo desse trabalho foi avaliar o impacto no meio ambiente e na saúde pública



do desastre na bacia do Rio Doce através de indicadores de qualidade da água e critérios de qualidade de sedimento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Costa et al (2012), o uso de indicadores de qualidade ambiental é uma importante estratégia em programas de monitoramento e gestão ambiental por permitir que um número elevado de informações técnicas seja convertido em um conceito de qualidade de fácil compreensão. Tipicamente, um número, um símbolo, uma cor ou uma descrição verbal são utilizados para descrever um nível de qualidade.

Contudo, é importante salientar que um índice de qualidade não deve ser adotado como única forma de avaliação ambiental, e sim utilizado para complementar as informações produzidas na avaliação individual de cada parâmetro, incluindo a observância dos padrões de qualidade determinados nas legislações específicas. (COSTA et al apud PARADA & ORTEGA, 2005).

O índice usado pela Companhia Estadual do Estado de São Paulo foi adaptado do IQA da National Sanitation Foundation (Estados Unidos). São considerados nove parâmetros relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público. Os parâmetros são: coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, temperatura e turbidez.

O Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas (IVA) tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciado, portanto, de um índice para avaliação da água para o consumo humano e recreação de contato primário. (PNMA II, 2005)

Outro índice utilizado foi o da agência ambiental canadense. O CCME Water Quality Index (IQA-CCME) foi desenvolvido por uma comissão de especialistas em qualidade de água do Canadian Council of Ministers of the Environment em 1997 (MENEZES et al, 2013). A metodologia matemática de aplicação do IQA-CCME é estatística, baseada na frequência das falhas relativas às condições de qualidade da água, indicadas pela legislação vigente, através dos padrões de qualidade da água. O IQA-CCME, além de ser flexível no que diz respeito ao tipo e número máximo de parâmetros de qualidade da água a ser analisado, também é flexível quanto ao período de aplicação e o tipo do corpo de água. (ALMEIDA, 2014).

Além dos parâmetros de qualidade da água no monitoramento dos ecossistemas aquáticos, o sedimento tem sido utilizado por sua importância na compreensão



dos processos que envolvem contaminantes na coluna de água. A Agência Ambiental do estado de São Paulo (CETESB) faz uso de 34 variáveis de qualidade de sedimento - divididas em físicas, químicas, hidrobiológicas e toxicológicas - considerando-se aqueles mais representativos. As variáveis físicas englobam granulometria, pH e umidade; já nas químicas estão inclusas alumínio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel e zinco; pesticidas organoclorados e bifenilas policloradas. Com relação às variáveis físicas, a granulometria dos sedimentos tem relação com o diâmetro das partículas que os envolve – as frações podem ser divididas em cascalho, areia, silte e argila, em geral. A granulometria é importante na análise de contaminantes no sedimento, pois a tendência observada é que quando o grão diminui, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam.

Já o grau de contaminação química do sedimento, um dos critérios utilizados são os valores guias baseados num consenso, proposto por MacDonald et al. (2000). Nesse critério de qualidade, temos valores indicando aqueles teores cuja concentração situa-se no limiar entre os valores que não causam danos aos organismos residentes em sedimentos (TEC – Threshold Effect Concentration) e os que causam provável efeito negativo (PEC - Probable Effect Concentrations) nos organismos.

3. METODOLOGIA

A região da Bacia do Rio Doce foi escolhida devido à ocorrência do acidente na Mina da Alegria no final do ano de 2015, em Mariana-MG, que alterou a qualidade da água dos mananciais da bacia, acidente este considerado por muitos o maior de cunho ambiental da história do país.

Para a análise da qualidade da água e sedimento nesse trabalho foram utilizados alguns pontos de amostragem na bacia do Rio Doce. Os pontos utilizados foram os treze pontos amostrados no monitoramento emergencial (Figura 1). Os trechos de rio envolvidos no monitoramento do IGAM (Instituto de Gestão das Águas de Minas Gerais) em ordem e proximidade com o local do acidente são RD071(Rio do Carmo no município de Barra Longa), RD072 (Rio Doce em Rio Doce e Santa Cruz do Escavado), RD019(Rio Doce em Rio Casca e São Domingos da Prata) , RD023 (Rio Doce em Marliéria e Pingo D'água) , RD035(Rio Doce em Ipatinga), RD033 (Rio Doce em Belo Oriente e Bugre), RD083 (Rio Doce em Fernandes Tourinho e Periquito) , RD044 (Rio Doce em montante de Governador Valadares), RD045 (Rio Doce em jusante de Governador Valadares) , RD053 (Rio Doce em Galiléia e Tumiritinga), RD058 (Rio Doce em Conselheiro Pena), RD059(Rio Doce em Resplendor) e RD067 (Rio Doce em Aimorés e Baixo Guandu).

Foram utilizadas as planilhas de monitoramento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas dos anos de 2014 à 2016. Calculou-se o IQA (Índice de Qualidade das



águas), IVA (Índice de qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas) para cada um dos pontos e frequências de acordo com a disponibilidade dos dados e com o índice utilizado.



Figura 1 – Diagrama unifilar dos mananciais
Fonte: Autoria Própria

Além destes, foram calculados índices utilizando o IQA-CCME (Índice do órgão ambiental do Canadá) além dos critérios de qualidade de sedimento canadense e no baseado em consenso.

No caso do IQA-CCME, foram calculados dois índices estatísticos: um índice envolvendo o padrão organoléptico de qualidade da água; e um índice envolvendo substâncias tóxicas à saúde humana e à vida aquática. Além disso, para confiabilidade dos resultados, foram utilizadas análises trimestrais ou semestrais por trecho de rio – um trecho com o RD071, RD072, RD019 e RD023; outro trecho com o RD035, RD033, RD083, RD044 e RD045; e o último trecho considerando o RD053, RD058, RD059 e RD067. As análises de 2014 até o terceiro trimestre de 2015 e de 2016 foram obtidas através das planilhas de monitoramento frequentemente feitas pelo IGAM.

O critério para a escolha dos parâmetros do IQA-CCME para padrão organoléptico foi pelo o uso de padrões organolépticos de potabilidade da Portaria 2914/11, e envolveu os seguintes parâmetros:

- Alumínio; Ferro; Manganês; Sólidos Totais Dissolvidos; Turbidez

Já o IQA-CCME para substâncias tóxicas à saúde humana à vida aquática foi estabelecido pelo critério de uso dos parâmetros da CONAMA 357/05 para classe 2, e envolveu os seguintes parâmetros:

- Arsênio total; Cádmio total; Chumbo total; Cobre dissolvido; Cromo total; Mercúrio total; Níquel total.

Com relação aos critérios de qualidade de sedimento, os parâmetros químicos analisados no critério de qualidade baseado num consenso foram:

- Arsênio, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco.

O cálculo do IQA-CETESB foi realizado através do software Qualigraf, desenvolvido pela Funceme. Já os outros índices e critérios foram calculados através de planilhas Excel confeccionadas pelo próprio autor deste trabalho seguindo instruções da CETESB e órgãos ambientais em questão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar abaixo os IQA's no período de 2014-2016 estimados para cada um dos pontos de monitoramento, divididos em gráficos por grupo de pontos. Com a maioria dos pontos com análises sendo mensais (exceção de RD071), vê-se a variação dos Índices de Qualidade da Água por ponto num determinado no tempo.

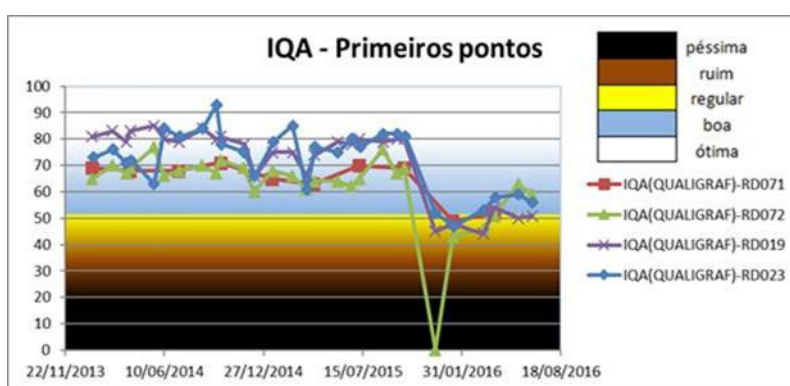


Figura 2 – Variação do IQA-CETESB dos pontos iniciais
Fonte: Autoria Própria

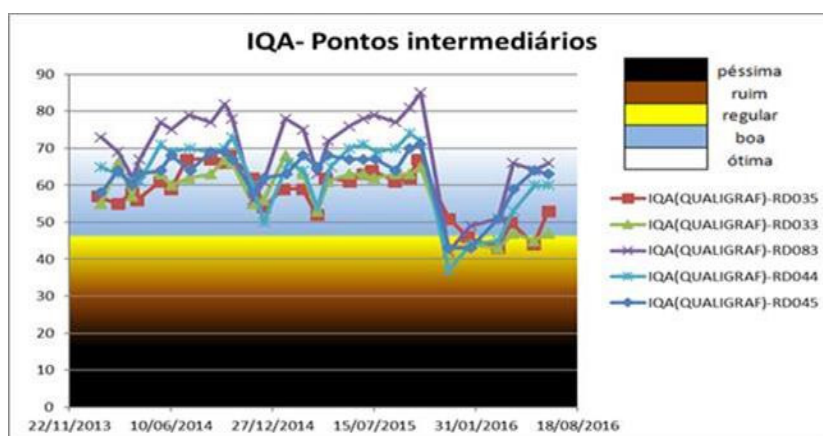


Figura 3 – Variação do IQA-CETESB de pontos intermediários
Fonte: Autoria Própria

Observa-se através dos três gráficos que em todos os pontos houve uma perturbação no quarto trimestre de 2015, uma mudança brusca no valor do Índice de Qualidade da Água – decrescendo em faixas que variam de 20% a 40%, em geral. Além disso, observa-se uma recuperação lenta, voltando a ficar em situação boa apenas em meados de abril ou maio de 2016.

Para a Cetesb, um manancial com IQA no valor de 51 já passa a ser regular. Com isso, através dos valores encontrados podemos observar que todos os mananciais de junho a outubro de 2015 seguiam um padrão relativamente constante de qualidade (bom a ótimo), e a partir de dezembro a qualidade se tornou regular. Isso pode mostrar a deterioração dos mananciais com a ocorrência do acidente de Mariana. Os parâmetros que mais influenciaram no valor do índice no período de perturbação (últimos meses de dezembro de 2015 e primeiros meses de 2016) foram turbidez e sólidos totais, que foram muito acima dos valores normais. Nesse contexto, é notável a capacidade do índice de mostrar a situação dos pontos de forma geral, sendo um bom indicador.

A grande concentração de turbidez não traz inconvenientes sanitários diretos, porém é esteticamente desagradável na água potável. Além disso, a alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas, fato este que possivelmente ocorreu nos mananciais analisados. Com relação aos sólidos totais, a parcela de sólidos dissolvidos totais é um parâmetro de potabilidade da Portaria 2914/2011. Para o recurso hídrico, os sólidos podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes.

Já para o cálculo do IVA, é necessária a análise de toxicidade. Entretanto, apenas seis pontos de monitoramento apresentaram o ensaio de toxicidade, sendo estes considerados na análise:

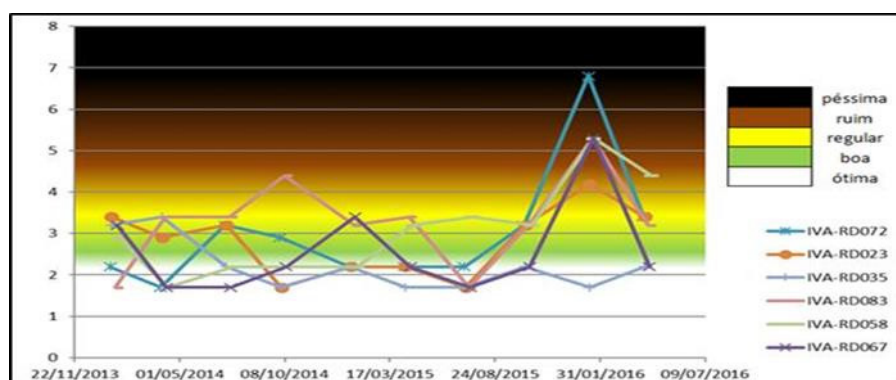


Figura 4 – Variação do IVA
Fonte: Autoria Própria

Podemos observar que o Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas na maioria dos mananciais têm uma variação considerável a partir da data do acidente. No caso do IVA, variando de boa ou regular para ruim a péssima. Em geral, os parâmetros que mais influenciaram no aumento desse índice foram o chumbo, o cromo e o ensaio ecotoxicológico. Já com relação ao IQA-CCME, adotou-se duas abordagens: um para substâncias organolépticas e outro para substâncias tóxicas. Os pontos de amostragem foram agrupados por trimestre e por trecho de rio. O gráfico abaixo apresenta os resultados para o índice IQA-CCME para parâmetros organolépticos.

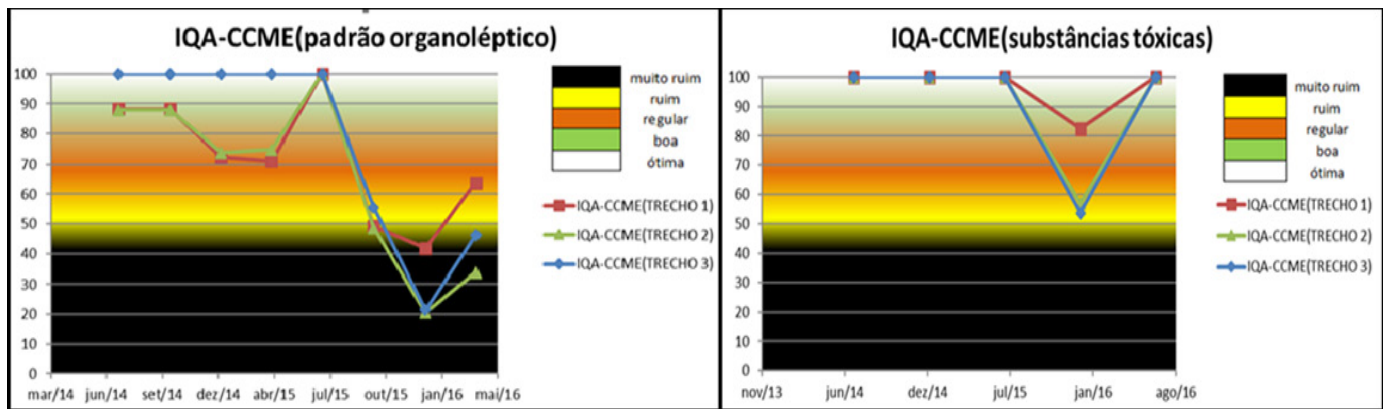


Figura 5 – Variação do IQA-CCME(org) e IQA-CCME(Subst tox)
Fonte: Aatoria Própria

O trecho 1 é definido pelos quatro primeiros pontos dos mananciais; o trecho 2 pelos cinco pontos intermediários; enquanto que o trecho 3 pelos quatro últimos pontos do manancial. Com isso, o gráfico do índice organoléptico foi elaborado considerando intervalos trimestrais e por trecho de rio. Quanto ao padrão organoléptico, em todos os trechos mencionados observou-se que a mesma tendência de decréscimo no último trimestre de 2015, o que indica a deterioração da qualidade do manancial quanto a esses tipos de substâncias. O parâmetro que mais influenciou nesse decréscimo foi a turbidez, que aumentou a níveis muito altos.

Já o para substâncias tóxicas, devido à frequência de dados dos parâmetros envolvidos, a análise do índice foi semestral. O gráfico foi elaborado considerando intervalos semestrais e por trecho de rio. No primeiro semestre de 2016, há um decréscimo considerável do valor do índice, principalmente devido às altas concentrações de chumbo, denotando a perda de qualidade do manancial nesse período com relação às substâncias tóxicas, mostrando ser um bom indicador.

Já com relação ao sedimento, o gráfico (Figura 7) apresenta a granulometria de alguns dos pontos de monitoramento estudados, no mês de abril de 2012. Podemos observar a predominância das frações de areia nos mananciais de bacia do Rio Doce utilizados na análise, indicando que a adsorção de contaminantes pelo sedimento não é muito alta.

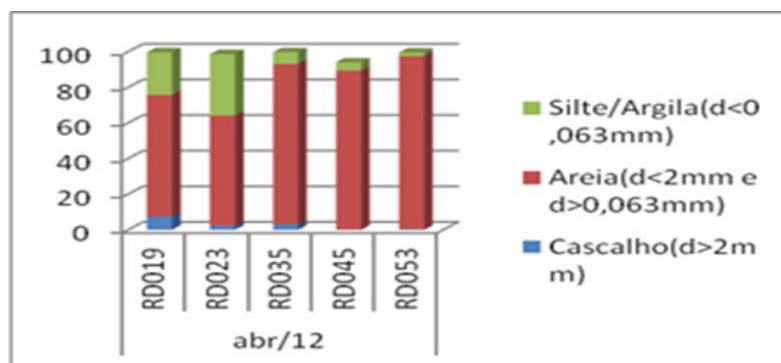


Figura 6 – Granulometria
Fonte: CPRM

Com relação às variáveis químicas, alguns dos resultados de critérios de qualidade baseados num consenso (Figura 8), baseados no monitoramento emergencial e do monitoramento realizado em 2010 estão apresentadas nas Tabelas de 1 a 4.

Contaminante	RD019	RD023	RD035	RD045	RD053
Arsênio	37.9	29.9	3.89	22.1	5.85
Cromo	207	203	151	129	101
Cobre	48.6	43.1	38	23.1	26
Ferro	12500	5500	99800	23700	14100
Manganês	781	1667	1189	1293	1186
Mercúrio	0.156	0.104	0.133	0.059	0.059
Níquel	57.2	57.4	45.2	20.3	13.6
Zinco	112	112	86.4	80.8	83.8

Tabela 1 – Classificação da qualidade do sedimento baseada num consenso em abril de 2012
Fonte: CPRM

Contaminante	RD019	RD023	RD035	RD045	RD053
Arsênio	11.5	10	7.99	3.8	-
Cromo	129	139	186	139	-
Cobre	40.8	24.3	37.7	33.2	-
Ferro	6060	9170	27400	10000	-
Manganês	915	171	169	9395	-
Mercúrio	0.103	0.049	0.094	0.095	-
Níquel	48.2	23.1	50.7	21.1	-
Zinco	81.7	135	108	111	-

Tabela 2 – Classificação da qualidade do sedimento baseada num consenso em julho de 2012
Fonte: CPRM

Contaminante	RD019	RD023	RD035	RD045	RD053
Arsênio	11	15	12	28	35
Cromo	62	40	50	146	157
Cobre	20	22	15	53	60
Ferro	325000	4.00E+05	340000	2.00E+05	2.00E+05
Manganês	1000	800	1000	2200	1750
Mercúrio	0,12	0,16	0,075	0,125	0,08
Níquel	29	36	26	77	81
Zinco	49	30	40	90	80

Tabela 2 – Classificação da qualidade do sedimento baseada num consenso em 15/11/2015
Fonte: CPRM

Contaminante	RD019	RD023	RD035	RD045	RD053
Arsênio	12	13	16	14	12
Cromo	40	46	85	75	91
Cobre	17	20	20	30	28
Ferro	265000	260000	220000	140000	135000
Manganês	600	600	750	900	1101
Mercúrio	0,07	0,05	0,16	0,171	0,165
Níquel	12	12	28	28	19
Zinco	20	23	65	60	75

Tabela 2 – Classificação da qualidade do sedimento baseada num consenso em maio de 2016
Fonte: CPRM

Foram considerados cinco pontos para a análise química do sedimento, tendo em vista que estes são pontos com dados anteriores ao acidente. O nível 4 (laranja escuro) corresponde a concentração maior que o PEC (causa provável efeito negativo).

Os critérios de sedimento baseados num consenso mostram que os elementos arsênio, cromo e níquel são contaminantes que, via de regra, estão constantemente com valores altos no sedimento. Além disso, as concentrações de ferro e manganês são as mais preocupantes, já que quase sempre estão acima do valor limite para nível 4. Vê-se também que os valores de concentração de ferro logo após o rompimento da barragem de rejeito são muito maiores que a concentração normal no ano de 2012 (no mínimo duas vezes maior), ressaltando a influência que a lama de rejeitos, rica em ferro, pode ter exercido sobre a concentração deste nos sedimentos do rio, apesar de grande parte da concentração de ferro ainda estar nos sedimentos em suspensão. O manganês, espécie química de pequena porcentagem no rejeito, tem concentrações acima do recomendado em toda a faixa de tempo. O alumínio, parâmetro de grande porcentagem no rejeito, não foi alvo de análise no sedimento pelo órgão ambiental.

4. CONCLUSÃO

A passagem da lama de rejeito de mineração de ferro acarretou nos mananciais subsequentes, principalmente, um aumento na turbidez, sólidos totais e na concentração de ferro. A frequência de dados e a diversidade de parâmetros são fatores importantes para o melhor diagnóstico da qualidade ambiental do meio aquático, porém muitas vezes no país isso não é feito na devida importância.

Foi observado que o valor do Índice de Qualidade da Água (IQA-CETESB) teve uma grande diminuição no final do ano de 2015, voltando a melhorar no primeiro semestre de 2016. O Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas (IVA) teve um aumento em cinco dos seis pontos

avaliados, denotando a deterioração dos ecossistemas aquáticos dos mananciais. O IQA-CCME para parâmetros organolépticos também obteve um grande decréscimo no último trimestre de 2015 e primeiro trimestre de 2016. Já o IQA-CCME para substâncias tóxicas teve uma pequena diminuição do índice no primeiro semestre de 2016.

A qualidade do sedimento foi averiguada através da metodologia baseada por um consenso. A partir desta, foi possível observar que o nível de ferro após o acidente da barragem aumentou consideravelmente em comparação com análises anteriores. Observou-se também, os elevados níveis de manganês, denotando que o ambiente aquático pode estar em níveis altos de toxicidade, que trazem malefícios para ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> . Acessado em: 23 mai. 2017.

ALMEIDA, Geane Silva de. **Avaliação da aplicação do IQA-CCME na divulgação da qualidade de água de bacias hidrográficas. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Joanes**. Salvador: UFBA, 2014.

ANA. **Bacia do Rio Doce**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/plano-derecursos/BaciaRioDoce.aspx>>. Acessado em 19 jul. 2017.

BRASIL. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

CAMPOS, Mayra Di Matteo ; DALL' OCCO, Paola Lupianhes. **Diagnóstico da qualidade do sedimento na avaliação de impactos antrópicos em bacias hidrográficas**. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2011.

CAMPOS, Mayra Di Matteo ; DALL' OCCO, Paola Lupianhes. **Diagnóstico da qualidade do sedimento na avaliação de impactos antrópicos em bacias hidrográficas**. 2011.

CAVALCANTI NETO, M. T. O. et al. **Qualidade de sedimentos – um estudo de caso na região de confluência dos rios Piranhas e Seridó no Rio Grande do Norte**. 2012.

CAVALCANTI NETO, Mário Tavares de Oliveira. **Qualidade de sedimentos – um estudo de caso na região de confluência dos rios Piranhas e Seridó no Rio Grande do Norte**. 2012.

CÉSAR, Paulo Sérgio Mendes; Carneiro, Ricardo. **Gestão ambiental em Minas Gerais: uma análise do sistema de gestão ambiental e do rompimento da barragem de rejeitos em Mariana. Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**. Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, 2016.

CETESB. **Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos**. Disponível em :< <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/10.pdf>>. Acessado em: 17 mai. 2017.

CETESB. **IAP - Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público**. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/03.pdf>>. Acessado em: 17 mai. 2017.

CETESB. **IET – Índice do Estado Trófico**. Disponível em: < <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/04.pdf>>. Acessado em: 17 mai. 2017.



CETESB. **IQA – Índice de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>>. Acessado em: 17 mai. 2017.

CETESB. IVA - Índices de Qualidade das Águas **para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas**. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/05.pdf>>. Acessado em: 17 mai. 2017.

Consórcio Ecoplan-Lume. **Plano integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do Rio Doce**. Volume III, Relatório final. 2010.

CPRM – Serviço geológico do Brasil. **Monitoramento especial da Bacia do Rio Doce**. Relatório 1. Belo Horizonte, 2015.

CPRM – Serviço geológico do Brasil. **Monitoramento especial da Bacia do Rio Doce**. Relatório 2. Belo Horizonte, 2015.

CUPOLILLO, Fulvio et al. **Climatologia do regime pluviométrico na Bacia do Rio Doce**.

CUPOLILO, Fulvio. Diagnóstico hidroclimatológico da bacia do Rio Doce. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

FILHO, Hilton Neves et al. **Responsabilidade civil por dano ambiental decorrente do rompimento das barragens do Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. Campo Grande, 2016.

FRITZSONS, Elenice et al. **Consequências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial**. 2003.

FUNCEME. **Qualigraf**. Disponível em: <<http://www3.funceme.br/qualigraf/>>. Acessado em 19 jul. 2017.

IGAM. Dados de monitoramento – série histórica. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/serie-historica>>. Acessado em : 18 mai. 2017.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais do Rio Doce no estado de Minas Gerais**. Relatório técnico.2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2015**. Resumo Executivo. Belo Horizonte: 2016.

MENEZES, Juliana Magalhães; SILVA JR, Gerson Cardoso da; PRADO, Raquel Bardy. Índice de qualidade de água (IQACCME) aplicado à avaliação de aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. 2013.

PNMA II. **Índice e indicadores de qualidade da água – revisão de literatura**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>. Acessado em: 17 mai. 2017.

PNMA II. SISTEMA DE CÁLCULO DA QUALIDADE DA ÁGUA (SCQA). **Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas(IQA)**. Relatório 1, 2005.

SANTANA, Alexsandro Fiscina de. **Determinación de compuestos orgánicos persistentes (cops) em sedimentos del tramo submedio del río São Francisco Estado de Bahia – Brasil**. La Coruña: Universidade da Corunã, 2008.

SANTOLIN, Camila Vidal Alves. **Quantificação e avaliação ambiental da contaminação por metais e arsênio em sedimentos da Bacia do Rio Doce – MG**. Belo Horizonte, 2015.

SEGUR. **Relatório de análise de acidente - rompimento da barragem de rejeitos fundão em Mariana – MG**. Disponível em : < http://ftp.medicina.ufmg.br/osat/relatorios/2016/SAMARCOMI-NERACAORELATORIORO_MPIMENTOBARRAGEM20160502_09_05_2016.pdf>. Acessado em: 19 jul. 2017.

UFES. **Resultados Parciais das Análises Realizadas em Amostras Coletadas na Plataforma Adjacente a Foz do Rio Doce: Embarque NOc. Vital de Oliveira**. Vitória, 2016. Disponível em: < http://www.ufes.br/sites/default/files/anexo/relatorio_parcial_expeditao_noc_vital_de_oliveira_ufes_fev_2016_final.pdf>. Acessado em: 22 mai. 2017.





CAPÍTULO 11

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE RESÍDUOS LÁCTEOS

PRODUCTION OF BIODIESEL FROM MILK WASTE

Maria Gabriela Tiritan
Guilherme Bolicó Pletsch
José Donizetti de Lima

Resumo

O resíduo sólido do efluente de um laticínio foi avaliado como matéria-prima potencial para produção de biodiesel. A emulsão coletada no flotor passou por aquecimento brando durante várias horas para separação da gordura, seguida de reações químicas para conversão em éster metílico. O biodiesel obtido foi caracterizado quanto ao índice de acidez e teste qualitativo para verificar a conversão da gordura em monoésteres. Foram apurados os percentuais de conversão em cada etapa e rendimento global da operação, com resultados semelhantes quando se utiliza óleos neutros. Os resultados foram promissores, indicando necessidade de outros estudos para determinar a viabilidade econômico-financeira para aproveitamento deste resíduo.

Palavras chave: Resíduo do flotor, Gordura do leite, Produção de biodiesel.

Abstract

The solid waste from a dairy effluent was evaluated as a potential raw material for biodiesel production. The emulsion collected in the float underwent mild heating for several hours to separate the fat, followed by chemical reactions for conversion to methyl ester. The biodiesel obtained was characterized in terms of the acidity index and qualitative test to verify the conversion of fat into monoesters. Conversion percentages were determined at each stage and overall yield of the operation, with similar results when using neutral oils. The results were promising, indicating the need for further studies to determine the economic and financial feasibility to use this residue.

Key-words: Float residue, Milk fat, Biodiesel production.



1. INTRODUÇÃO

Há algumas décadas o mundo tem buscado um desenvolvimento sustentável, ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável. Neste contexto, preocupações com a dimensão ambiental da sustentabilidade tem ganhado relevância em pesquisas científicas aplicadas ao agronegócio (CLAUDINO; TALAMINI, 2013; GOMES, 2009).

A necessidade da mensuração confiável dos impactos ambientais apresenta-se como tendência em países líderes na produção mundial de alimentos, como o Brasil. Deste modo, empresas vêm adotando práticas de produção mais limpa, focada no desenvolvimento sustentável (CLAUDINO; TALAMINI, 2013; WANG et al., 2018).

O uso tradicional de matérias-primas vegetais, sobretudo soja, milho, girassol, dendê, tem sido a alimentação humana e animal. Logo, a destinação de parcela substancial da sua produção para fins energéticos vem suscitando um debate controverso sobre alimentos versus usos energéticos (BOMTEMPO, 2010). Ao mesmo tempo, os atuais sistemas para produção de alimentos requerem grandes quantidades de entradas de recursos, o que provoca diversos efeitos negativos para o meio ambiente, sendo esses sistemas configurados e otimizados para satisfazer as demandas econômicas e as necessidades de crescimento da população mundial (CLAUDINO; TALAMINI, 2013).

Isto tem aumentado a busca por matérias-primas alternativas, diante da pressão mundial para proteção do meio ambiente, forçando o desenvolvimento e uso de processos ecologicamente corretos de tratamento e transformação das matérias primas (BOMTEMPO, 2010).

Aliado a esta demanda, o progressivo aumento nos custos de disposição adequada e o baixo desempenho ambiental das medidas adotadas com relação aos resíduos industriais, as indústrias têm direcionado seus esforços para o desenvolvimento de soluções mais efetivas (LEITE; PAWLOWSKY, 2005). Assim, a gestão de custos ambientais também se apresenta como um diferencial empreendedor às empresas, tornando relevante a evidenciação contábil desses custos (KUZMA et al., 2017).

Neste contexto, está inserida a Indústria de Laticínios, que tem como principal matéria-prima o leite fresco para produção de inúmeros derivados como queijos, manteiga, leite pasteurizado, ricota, doce de leite, iogurte, requeijão, bebida láctea pasteurizada e outros (JAGANMAI; JINKA, 2017; RABELO; ALVES, 2017).

O processamento industrial do leite gera efluentes líquidos, de diversas atividades e que contém resíduos de leite e dos seus derivados, resíduos de detergentes,

de produtos químicos diversos diluídos nas águas de lavagem dos equipamentos, pisos, tubulações e esgotos sanitários quando estes não são destinados para rede pública (RABELO; ALVES, 2017).

Todos os anos, em escala mundial, são dispostos no ambiente cerca de 4-11 milhões de toneladas de resíduos lácteos, que variam em composição, dependendo do tipo de produtos finais e operações envolvidas (AHMAD et al., 2019; CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013). Águas residuais de laticínios contêm alta carga de sólidos suspensos e dissolvidos, componentes orgânicos e traços de solúveis, lactose, nutrientes, gorduras, sulfatos e cloretos. Com estas características, estes efluentes costumam apresentar altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), carecendo de tratamento adequado para disposição final (YONAR; SIVRIOĞLU; ÖZENGİN, 2018).

Embora a busca de matérias primas ideais, incluam fatores múltiplos e não facilmente conciliáveis, como disponibilidade, preço, qualidade em relação ao processo de conversão, e sustentabilidade ambiental, resíduos lácteos também podem ser utilizados efetivamente como matéria-prima para a fabricação de outros produtos industriais ou na geração de energia (BOMTEMPO, 2010; CHANDRA et al., 2018; WONG et al., 2019).

Diante da vasta gama de efluentes líquidos e sólidos gerados nesta atividade industrial, o objetivo deste trabalho foi a utilização do resíduo sólido coletado no flotor de uma indústria de laticínios para produção de biodiesel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no departamento de pesquisa da empresa Silofértil – Dério Rost & Cia. Ltda., em Pato Branco-PR. O resíduo foi obtido em um laticínio da região, oriundo do efluente gerado na fábrica de queijos e derivados.

O volume de efluente gerado na ETE da fábrica de queijos é coletado num tanque de equalização, ao longo do dia, e posteriormente passa por um flotor para separação da gordura por injeção de ar comprimido, sem adição de polímeros.

Foram coletados aproximadamente 100 kg de resíduo do flotor, seguido de homogeneização e quarteamento da amostra. Para os ensaios em laboratório, foram utilizados 30 kg deste resíduo (Figura 1), e reagentes de grau analítico.





Figura 1 – Resíduo do flotor de uma fábrica de queijos
Fonte: Autores

A separação do material graxo foi realizada para três amostras de 1500 g de emulsão, em funil de separação de 2000 ml, em banho-maria a 45°C por 24 horas.

Para conversão do material graxo em biodiesel, foram realizadas reações de esterificação e transesterificação segundo Aiello-Mazzarria et al. (2019), em 300 gramas de material graxo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Separação da Gordura

Conforme apresentado nos funis de separação da Figura 2, no início a emulsão apresentou aproximadamente 50% de água. Ao longo do tempo, com parte da água removida, a gordura começou a se separar da emulsão.

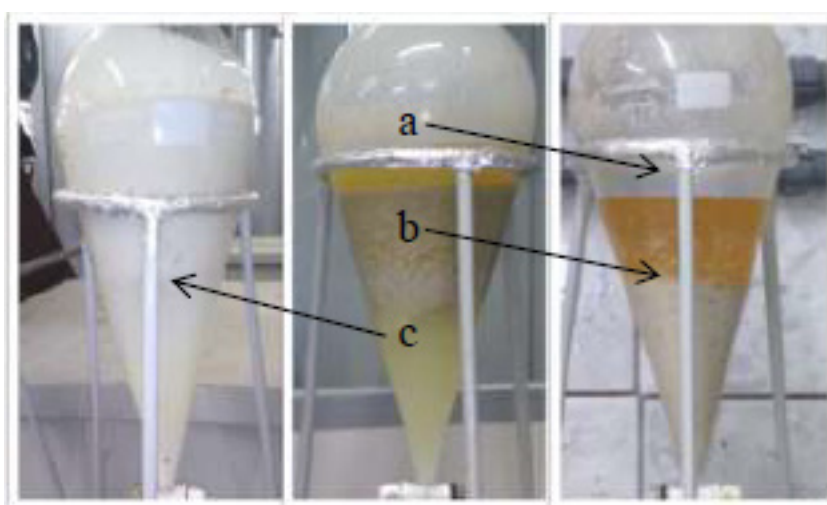


Figura 2 – Separação da gordura do leite (a) emulsão (b) e água (c)
Fonte: Autores

A cisão do material graxo no resíduo do flotor ocorreu em frações de 1500 gramas, em funil de separação, impedindo a remoção e quantificação do material orgânico residual. Apesar disto, o método de separação utilizado na pesquisa se mostrou adequado para obtenção da gordura do efluente de laticínios.

Esta técnica foi escolhida pelas características do material, especialmente por ter consistência de difícil manuseio, e também pela falta de informações sobre o teor de água e gordura presente na amostra. O estudo de Barros et al. (2015) aplicou quatro métodos para extração do material graxo de lodo sanitário, não sendo possível obter gordura para conversão em biodiesel.

3.2 Produção de biodiesel

A gordura obtida (Figura 3a) apresentou índice de acidez 51,4% em ácido oleico, e em função desta característica na mostra, foi realizada esterificação prévia para conversão dos ácidos graxos livres em ésteres metílicos.

Após esterificação, o índice de acidez foi de 0,89% em ácido oleico com rendimento de 98,3%. A reação de transesterificação realizada no óleo remanescente apresentou rendimento de 80%, e o rendimento acumulado foi 89,4%.

Após separação da glicerina (Figura 3c), foi realizado teste de solubilidade do biodiesel em metanol (1:9 v/v), verificando a conversão completa em ésteres metílicos.

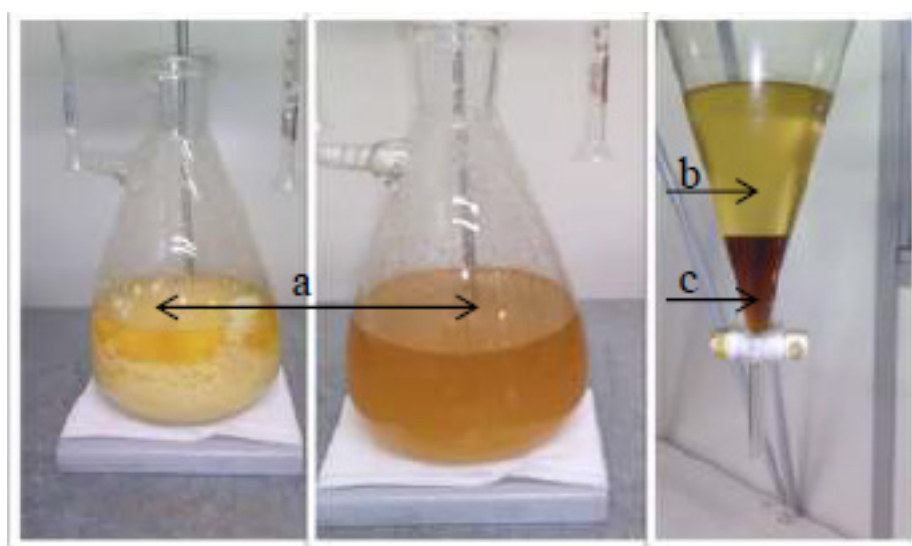


Figura 3 – Gordura do leite (a) biodiesel (b) e glicerina (c)
Fonte: Autores

A reação em duas etapas, esterificação seguida de transesterificação se mostrou eficiente para conversão da gordura residual do leite em biodiesel. O rendimento parcial referente à etapa de esterificação foi superior ao alcançado por Aiello-Mazzarria et al. (2019), mas o rendimento global, após a transesterificação

não pode ser comparada, pois os autores não apresentaram esta informação.

Como o volume de material graxo utilizado no experimento foi pequeno, a seguir é apresentado o rendimento global das reações (Figura 4) na forma de exemplo, para um volume significativo.

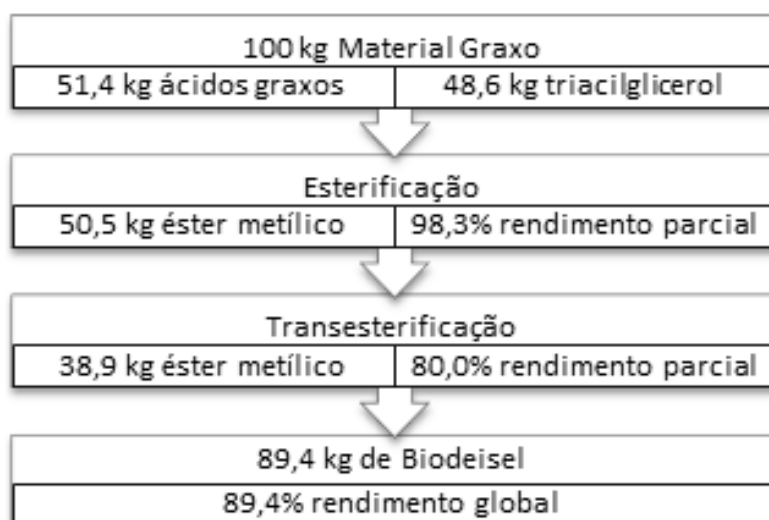


Figura 4 – Rendimento global da conversão de 100 kg da gordura do leite em biodiesel
Fonte: Autores

De maneira geral, a conversão da gordura láctea ácida em biodiesel alcançou resultado satisfatório, quando comparado a resultados obtidos com óleos refinados. O estudo de Cintra et al. (2017), alcançou rendimento de 94,3 a 95,0% para transesterificação metílica e catálise heterogênea de óleo de soja refinado. Para otimização da reação de transesterificação via modelagem matemática, Dias et al. (2014) obtiveram rendimento de 89,65% na rota etílica com óleo de girassol refinado.

Resultados alcançados com óleos e gorduras neutras demonstram viabilidade técnica para aproveitamento da gordura residual de laticínios na produção de biodiesel.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica aplicada para separação da gordura residual de laticínios foi eficiente, sendo necessários outros estudos para determinar o teor de material graxo presente neste tipo de resíduo.

Os resultados para conversão química da biomassa em monoésteres confirmam que reações de esterificação seguidas de transesterificação metílicas são apropriadas para aproveitamento de resíduos gordurosos.

Diante dos resultados obtidos, sugere-se estudo em escala piloto para avaliação da viabilidade econômico-financeira desta aplicação em escala industrial.

REFERÊNCIAS

AHMAD, T. AADIL, R. M.; AHMED, H.; RAHMAN, U. U.; SOARES, B. C. V.; SOUZA, S. L. Q.; PIMENTEL, T. C.; SCUDINO, H.; GUIMARÃES, J. T.; ESMERINO, E. A.; FREITAS, M. Q.; ALMADA, R. B.; VENDRAMEL, S. M. R.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 88, p. 361–372, 2019.

AIELLO-MAZZARRIA, C.; SALAZARB, Y.; URRIBARRÍC, A.; ARENAS-DÁVILAD, E.; SÁNCHEZ-FUENTESE, J.; YSAMBERTTF, F. Producción de biodiésel a partir de las grasas extraídas de la borra de café: esterificación con H₂SO₄ y transesterificación con KOH. **Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, v. 29, n. 1, p. 53-66, 2019.

BARROS, H. S.; SOUZA, L. V.; SANTOS, A. P. B.; SOUZA, L. D.; SANTOS, A. G. D. Extração do material lipídico presente na espuma e no lodo de esgoto sanitário através de diferentes métodos. **Holos**, v. 6, p. 137-145, 2015.

BOMTEMPO, J.V. In: **Química Verde no Brasil 2010-2030**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

CHANDRA, R.; CASTILLO-ZACARIAS, C.; DELGADO, P.; PARRA-SALDÍVAR, R. A biorefinery approach for dairy wastewater treatment and product recovery towards establishing a biorefinery complexity index. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 1184–1196, 2018.

CINTRA, J. S. A.; PEDROSA, G. A. G.; PORTELA, N.M.; SILVANY, T. C. de C.; SANTOS, L.C. L.; LOBATO, A. K. C. L. Influência do tempo de reação na produção de biodiesel via catálise heterogênea. **Holos**, 33, v. 1, p. 195-204, 2017.

CLAUDINO, E. S.; TALAMINI, E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio - Uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.77–85, 2013.

DIAS, G. H.; GUEDES, C. L. B.; SILVA, E. T.; ANGILELLI, K. G.; COPPO, R. L.; BORSATO, D. Application of the simplex-centroid design with process variable in the optimization off production conditions of B100 biodiesel from sunflower oil. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 3, p. 505-512, 2014.

GOMES, M. M. R. **Produção de biodiesel a partir da esterificação dos ácidos graxos obtidos por hidrólise de óleo de peixe**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

JAGANMAI, G.; JINKA, R. **Production of Lipases from Dairy Industry Wastes and its Applications**. v. 5, n. 5, p. 67–73, 2017.



KUZMA, E. L.; LUZ, T. E.; NOVAK, M. A. L.; NAVARRO, R. M. Tratamento de resíduos sólidos e efluentes: uma análise de custos em empresas de revenda de combustível. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 25-46, 2017.

LEITE, B. Z.; PAWLOWSKY, U. Alternativas de minimização de resíduos em uma indústria de alimentos da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n. 2, p. 96-105, 2005.

RABELO, W. A.; ALVES, M. A. C. Implantação de sistema de gestão ambiental em uma indústria de laticínios. **Revista Águas Subterrâneas**, 2017.

WANG, H.; WU. Y.; FENG. M.; TU. W.; XIAO T.; XIONG. T.; ANG. H.; YUAN. X.; MASTIGAR. J.W. Visible-light-driven removal of tetracycline antibiotics and reclamation of hydrogen energy from natural water matrices and wastewater by polymeric carbon nitride foam. **Water Research**, v. 144, p. 215–225, 2018.

WONG, Y. M.; SHOW, P. L.; WU, T. Y.; LEONG, H. Y.; IBRAHIM, S.; JUAN, J. C. Production of bio-hydrogen from dairy wastewater using pretreated landfill leachate sludge as an inoculum. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 127, n. 2, p. 150–159, 2019.

YONAR, T.; SIVRIOĞLU, Ö.; ÖZENGİN, N. Physico-Chemical Treatment of Dairy Industry Wastewaters: A Review. **Technological Approaches for Novel Applications in Dairy Processing**, 2018.



**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES
MÉTODOS ARTIFICIAIS NA
SUPERACÃO DA DORMÊNCIA DE
SEMENTES DE *Ormosia arborea***

ASSESSMENT OF DIFFERENT ARTIFICIAL METHODS IN OVERCOMING
SEEDS DORMANCY IN *Ormosia arborea*

**Brenno Souza Mundim Porto
Gustavo Ferreira Pereira
Weverson Junio da Silva
Jéssica Davi de Aquino
Maycon Eduardo Ferreira Silva
Cássio Resende de Moraes**

Resumo

Sementes que não germinam sob determinadas condições são consideradas dormentes. Tecnologia de sementes, buscam superar a quebra de dormência por meio de diferentes processos artificiais, objetivando acelerar o processo de germinação do embrião. *Ormosia arborea* é uma planta endêmica brasileira ameaçada de extinção, que mesmo apresentando grande produção de sementes viáveis anualmente, tendem a apresentar dormência considerável, devido sobretudo, a rigidez do tegumento. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o processo de aceleração de quebra de dormência de *O. arborea* por diferentes métodos de tratamentos artificiais. Sementes de *O. arborea* foram submetidas ao processo de escarificação química por 10 minutos na concentração de 100, 80, 60 e 40% de H_2SO_4 , HNO_3 , $C_{19}H_{22}O_6$, H_3PO_4 e HCl. Escarificação física foi aplicada na porção lateral das sementes com auxílio de lixa. Tratamento térmico foi realizado em sementes nas temperaturas de 100, 80, 60 e 40°C. Foi aplicado tratamento de sementes por choque térmico nas temperaturas de 100, 80, 60 e 40°C por 10 minutos, seguido de imersão em água corrente por 5 minutos. Os resultados indicam que a escarificação química por H_2SO_4 nas concentrações de 100, 80, 60 e 40%, 100% de HCl, bem como a escarificação física são mais eficientes no processo de aceleração na taxa de germinação. Concluímos que a escarificação física e química compreendem métodos viáveis para superar a dormência de *Ormosia arborea*.

Palavras-chave: Germinação; Sementes; Plantas nativas

Abstract

Seeds that do not germinate under certain conditions are considered dormant. Seed technology, seek to overcome the breakage of dormancy by means of different artificial processes, aiming to accelerate the process of germination of the embryo. *Ormosia arborea* is a Brazilian endemic plant threatened with extinction, which, even though it presents a large production of viable seeds annually, tend to present considerable numbness, mainly due to the stiffness of the integument. The present work had as objective to evaluate the process of acceleration of dormancy breaking in *O. arborea* by different methods of artificial treatments. Seeds of *O. arborea* were submitted to the chemical scarification process for 10 minutes at the concentration of 100, 80, 60 and 40% H_2SO_4 , HNO_3 , $C_{19}H_{22}O_6$, H_3PO_4 and HCl. Physical scarification was applied to the lateral portion of the seeds with the aid of sandpaper. Heat treatment was carried out in seeds at temperatures of 100, 80, 60 and 40°C. Seed treatment was applied by thermal shock at temperatures of 100, 80, 60 and 40°C for 10 minutes, followed by immersion in running water for 5 minutes. The results indicate that the chemical scarification by H_2SO_4 at the concentrations of 100, 80, 60 and 40% and 100% HCl as well as the physical scarification are more efficient in the process of acceleration in the germination rate. We conclude that physical and chemical scarification comprise viable methods to overcome the dormancy of *O. arborea*.

Keywords: Germination; Seeds; Native plants



1. INTRODUÇÃO

As plantas representam organismos eucariontes autótrofos pertencentes ao reino Vegetal, que exercem fundamental papel na manutenção da biogeocenose, uma vez que ocupam o primeiro nível trófico na cadeia alimentar, além de participar diretamente na oxigenação e no clima do planeta, bem como na conservação dos solos e dos recursos hídricos (ODUM, 2010).

O sucesso evolutivo das angiospermas apresenta forte correlação com suas características morfológicas e fisiológicas associadas a reprodução, sendo as flores e os frutos essenciais no processo, facilitando a ocorrência de polinização e dispersão, garantido o aumento da variabilidade e fluxo gênico (RAVEN; EVERT; EICHORN, 2007). No entanto, para que haja a produção de plântulas a partir de uma planta matriz, o embrião, outrora contido nas sementes, precisa germinar.

Para que a germinação possa ocorrer, o ambiente precisa oferecer condições adequadas para o desenvolvimento das sementes, tais como condições físico-químicas do solo adequadas, oxigenação e suprimento hídrico. No entanto, mesmo em condições favoráveis, algumas sementes não germinam. Este processo é conhecido como dormência da semente (ROBERTS, 1972). Muitos são os fatores que influenciam na dormência de sementes de espécies nativas, que incluem embrião imaturo ou rudimentar, impermeabilidade ao oxigênio e à água, restrições mecânicas, embrião dormente e presença de substâncias inibidoras do desenvolvimento (FOWLER e BIANCHETTI, 2000; BEWLEY e BLACK, 1994; LOPES; DIAS. MACEDO, 2004).

Visando superar a quebra de dormência de plantas nativas, diferentes metodologias foram desenvolvidas, objetivando acelerar um processo que teoricamente ocorreria naturalmente em condições favoráveis. Nesse sentido as tecnologias aplicadas na quebra de dormência de plantas nativas, possibilita a produção de plantas para diversas finalidades, dentre elas, recuperação de áreas degradadas por ação antropogênica ou mesmo de preservação permanente (MARQUES, 2004).

Ormosia arborea (Vell. Harms, 1924), conhecida popularmente como olho-de-cabra, olho-de-boi, pau-ripa, pau-santo-Inácio, angelim-ripa, coronha e tento, representa uma espécie de planta endêmica brasileira, sendo encontrada principalmente nos estados da Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina (LORENZI, 2016).

Trata-se de uma espécie vegetal semidecídua que apresenta grande produção anual de sementes viáveis (LORENZI, 2016). Apresenta flores roxas e floresce nos meses de junho a agosto, com frutificação entre agosto e setembro (FIGLIOLIA e PINÃO RODRIGUES, 1995).



O. arborea apresenta folhas compostas imparipinadas com média de dez folíolos. O tronco é reto ou levemente tortuoso e a madeira é apreciada na construção de móveis de qualidade e peças de acabamentos internos de construções civis, sendo a madeira de média durabilidade. Além disso, *O. arborea* é apreciada em aspectos ornamentais, sendo comumente usada em arborização urbana de praças e avenidas (MARQUES, 2004; LORENZI, 2016).

Mesmo apresentando grande produção de sementes viáveis, a quebra da dormência de *O. arborea* é dificultada em função da rigidez do tegumento, o que dificulta a entrada de oxigênio e água (BEWLEY e BLACK, 1994; LOPES; DIAS. MACEDO, 2004). Plantas das famílias da Leguminosae, Malvaceae, Geraniaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, solanaceae e Liliaceae, apresentam características semelhantes ao que diz respeito a rigidez do tegumento (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), e neste tipo de tegumento, a remoção por processos físicos ou químicos é fundamental no processo de superação da dormência do embrião.

Nessa temática, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o processo de aceleração de quebra de dormência de *O. arborea* por diferentes métodos de tratamentos artificiais. Estudos de quebra de dormência de espécies vegetais nativas é suma importância no intuito de maximizar o processo de produção de mudas em viveiros, contribuindo diretamente na restauração ou recuperação de ambientes antropizados. Além disso, *O. arborea* atualmente corre grande risco de extinção em diferentes estados brasileiros (LORENZI, 1992).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Agentes químicos e substratos

Ácido sulfúrico PA (98% de H_2SO_4 - CAS: 7664-93-9), ácido clorídrico (98% de HCl - CAS: 7647-01-0), ácido fosfórico (98% de H_3PO_4 - CAS: 7664-38-2) e ácido nítrico (98% DE HNO_3 - CAS: 7697-37-2) foram obtidos da empresa Labsynth®, Diadema, São Paulo, Brasil. Ácido giberélico (99% de $C_{19}H_{22}O_6$ - CAS: 77-06-5) foi obtido da empresa Nova Imigrante, Espírito Santo, Brasil.

Substrato Bioplant® foi obtido pela Casa do Campo, Ltda, Nova Ponte, Minas Gerais, Brasil e usado como meio de germinação. O substrato é composto por casca de pinus, esterco bovino, serragem, fibra de coco, vermiculita, casca de arroz, cinza vegetal, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termofosfato magnésiano e aditivos (fertilizantes) em proporções equivalentes.



2.2 Coleta de sementes

As sementes de *O. arborea* foram coletadas de 5 matrizes em outubro de 2019. Na **Tabela 1** estão apresentadas as informações das matrizes de coleta de sementes. As árvores apresentaram tamanho médio de $8,98 \pm 1,87$ m e espessura de $134,0 \pm 117,30$ cm. No momento das coletas, as árvores apresentavam frutos deiscentes contendo frutos vermelhos e aparentemente não apresentavam injúrias. As sementes foram coletadas com o simples toque nos frutos maduros (deiscentes), promovendo a abscisão das sementes. Em cada matriz, foram coletadas 330 sementes, totalizando 1650 sementes em perfeitas condições morfológicas.

Matriz	Tamanho (m)	Diâmetro (cm)	Coordenadas geográficas
1	10,0	46,0	-18.687491 e -47.559215
2	8,5	68,0	-18.687410 e -47.560959
3	6,0	103,0	-18.683436 e -47.562847
4	10,9	338,0	-18.684556 e -47.563262
5	9,5	115,0	-18.684851 e -47.562859
Média±DP	$8,98 \pm 1,87$	$134,0 \pm 117,30$	

Tabela 1. Características das matrizes de coleta de sementes de *Ormosia arborea* e localização geográfica.

m: metros; cm: centímetros; DP: Desvio padrão

Após a coleta de sementes, as mesmas foram transportadas para o Laboratório de Sementes do Centro Universitário Mário Palmério (UNIFUCAMP), Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil, onde receberam diferentes tratamentos para quebra de dormência do embrião.

2.3 Tratamentos de sementes

Para o estudo de quebra de dormência de sementes de *O. arborea* foram avaliados 4 métodos diferentes. A saber, método térmico, choque térmico, escarificação física e química. Na **Tabela 2** está apresentado o resumo dos tratamentos.



Tratamento	Número de sementes	Método	Tempo de exposição
Controle	50	-	-
T1	50	Térmico: 100°C	10 minutos
T2	50	Térmico: 80°C	10 minutos
T3	50	Térmico: 60°C	10 minutos
T4	50	Térmico: 40°C	10 minutos
CT1	50	Choque Térmico: 100°C	10 minutos
CT2	50	Choque Térmico: 80°C	10 minutos
CT3	50	Choque Térmico: 60°C	10 minutos
CT4	50	Choque Térmico: 40°C	10 minutos
EF	50	Escarificação física	-
EQ1	50	Escarificação química: H ₂ SO ₄ – 100%	10 minutos
EQ2	50	Escarificação química: H ₂ SO ₄ – 80%	10 minutos
EQ3	50	Escarificação química: H ₂ SO ₄ – 60%	10 minutos
EQ4	50	Escarificação química: H ₂ SO ₄ – 40%	10 minutos
EQ5	50	Escarificação química: H ₂ SO ₄ – 20%	10 minutos
EQ6	50	Escarificação química: HNO ₃ – 100%	10 minutos
EQ7	50	Escarificação química: HNO ₃ – 80%	10 minutos
EQ8	50	Escarificação química: HNO ₃ – 60%	10 minutos
EQ9	50	Escarificação química: HNO ₃ – 40%	10 minutos
EQ10	50	Escarificação química: HNO ₃ – 20%	10 minutos
EQ11	50	Escarificação química: C ₁₉ H ₂₂ O ₆ – 2g/L	48 horas
EQ12	50	Escarificação química: C ₁₉ H ₂₂ O ₆ – 1g/L	48 horas
EQ13	50	Escarificação química: C ₁₉ H ₂₂ O ₆ – 0,5g/L	48 horas
EQ14	50	Escarificação química: H ₃ PO ₄ – 100%	10 minutos
EQ15	50	Escarificação química: H ₃ PO ₄ – 80%	10 minutos
EQ16	50	Escarificação química: H ₃ PO ₄ – 60%	10 minutos
EQ17	50	Escarificação química: H ₃ PO ₄ – 40%	10 minutos
EQ18		Escarificação química: H ₃ PO ₄ – 20%	10 minutos
EQ19	50	Escarificação química: HCl – 100%	10 minutos
EQ20	50	Escarificação química: HCl – 80%	10 minutos
EQ21	50	Escarificação química: HCl – 60%	10 minutos
EQ22	50	Escarificação química: HCl – 40%	10 minutos
EQ23	50	Escarificação química: HCl – 20%	10 minutos

Tabela 2. Resumo dos tratamentos adotados para quebra de dormência de *Ormosia arborea*
 Controle: Grupo testemunha (sem tratamento prévio de sementes)

No tratamento térmico as sementes foram submersas em água nas temperaturas de 100, 80, 60 e 40°C por 10 minutos e em seguida foram transferidas para o substrato de plantio.

No tratamento por choque térmico, as sementes foram submersas em água nas mesmas temperaturas anteriormente descritas por 10 minutos e posteriormente foram mergulhadas em água em temperatura ambiente, onde permaneceram por 5 minutos, sendo posteriormente, transferidas para o substrato de plantio.

No método de escarificação química, as sementes de *O. arborea* foram submetidas ao tratamento com diferentes ácidos, a saber ácido sulfúrico (H_2SO_4), nítrico (HNO_3), fosfórico (H_3PO_4) e clorídrico (HCl) nas concentrações de 100, 80, 60, 40 e 20% por 10 minutos, em experimentos independentes. Adicionalmente, sementes de *O. arborea* foram submetidas ao tratamento com 2,0; 1,0 e 0,5g/L de ácido giberélico ($C_{19}H_{22}O_6$) por 48h de exposição. Após tratamentos, as sementes foram transferidas para o substrato.

No método de escarificação física, as sementes foram atritadas contra lixa de d'água (nº 80), na porção lateral das sementes, até exposição do embrião.

Todos os experimentos foram conduzidos com 50 sementes (10 sementes por matriz). Como grupo testemunha, sementes de *O. arborea* foram transferidas para substrato de plantio sem nenhum tratamento prévio.

As sementes foram acondicionadas em recipientes plásticos (200 mL- 1 semente por recipiente) contendo substrato e irrigadas com 50 mL de água a cada 48 horas. Os recipientes foram mantidos em casa de vegetação, em ambiente arejado com exposição a luz solar. A taxa de germinação foi avaliada em 20 dias após tratamento das sementes.

A cada dia, foi realizada a contagem do número de plântulas que emergiram, até a estabilização da germinação. Foram consideradas germinadas as sementes que deram origem a plântulas cuja parte aérea emergiu na superfície do substrato.

Além da contagem da frequência de sementes germinadas, foram avaliados 3 fatores associados ao desenvolvimento das mudas, a saber comprimento das hastes e das folhas e número de folhas. O desenvolvimento das plantas germinadas, foram avaliadas em 30 dias de experimento.

2.4 Análise estatística

A análise de variância (ANOVA) foi usada para determinar a significância entre a frequência de germinação das mudas de *O. arborea*. O Teste de Tukey foi empregado para comparar a frequência de plantas germinadas entre os tratamentos



e o grupo controle. O mesmo ensaio estatístico foi empregado para determinar a significância de desenvolvimento das plantas germinadas entre os tratamentos. Valores de p inferiores a 0,05 foram considerados estatisticamente significativos.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho, foi avaliado a eficiência de diferentes métodos artificiais na superação de quebra de dormência de *O. arborea*. Na **Figura 1** estão apresentados os resultados referentes aos tratamentos por escarificação química com os diferentes ácidos.

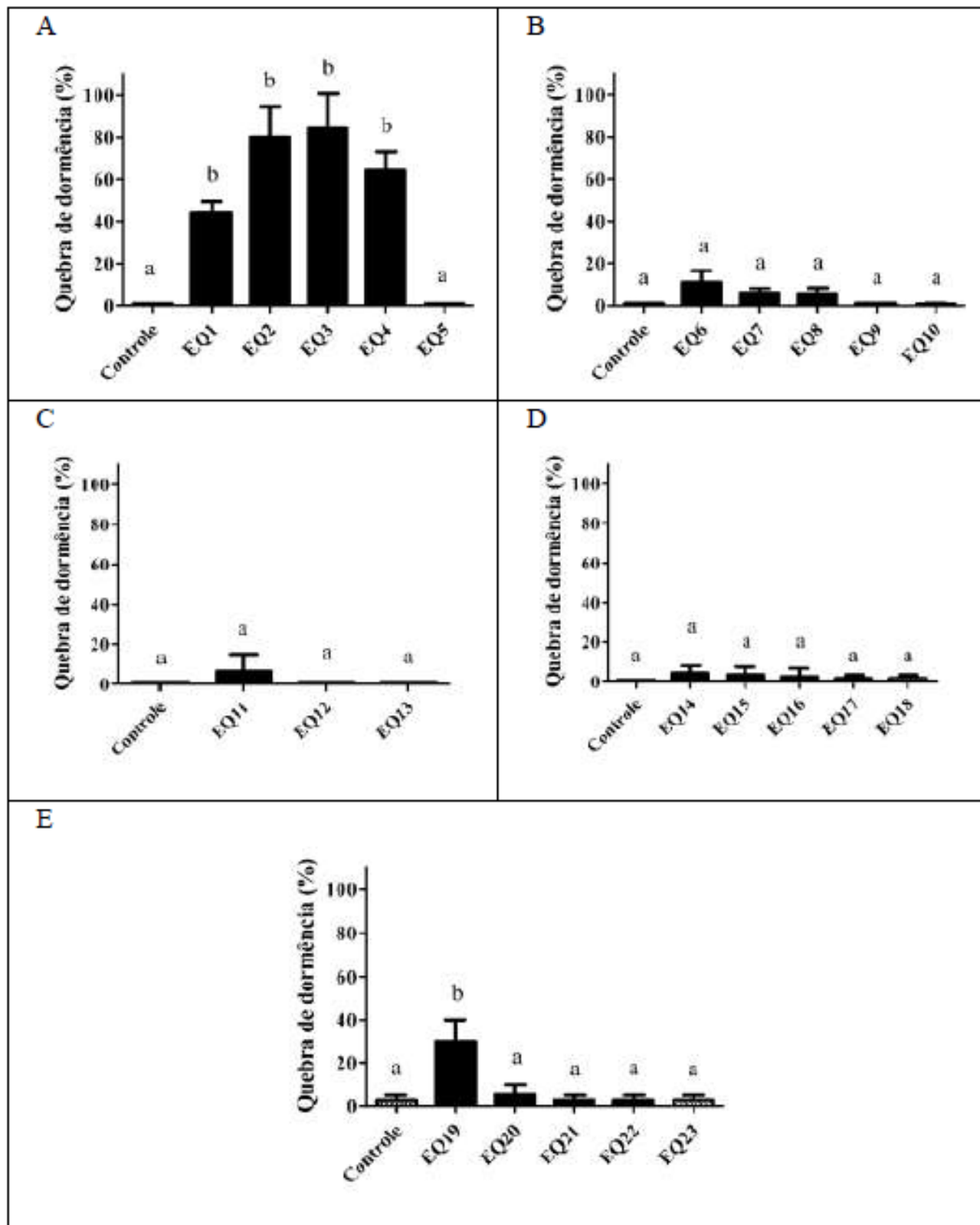


Figura 1. Porcentagem de quebra de dormência em *Ormosia arborea*, por escarificação química. Ácido sulfúrico (A), Ácido nítrico (B), Ácido giberélico (C), Ácido fosfórico (D) e Ácido clorídrico (E)

Nos tratamentos com H_2SO_4 foi observado maior frequência de sementes germinadas nos tratamentos EQ3 ($84,0 \pm 16,73\%$), EQ2 ($80,0 \pm 14,14\%$), EQ4 ($64,0 \pm 08,94\%$) e EQ1 ($43,80 \pm 5,67\%$), respectivamente, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) quando comparado ao grupo de sementes pertencentes ao controle negativo ($00,00 \pm 0,00\%$) (**Figura 1A**).

A frequência de germinação em plantas submetidas a 100% de H_2SO_4 (EQ1) por 10 minutos, mesmo que tenha apresentado resultados que diferem do controle negativo, não superaram os grupos EQ2, EQ3 e EQ4, sugerindo a morte do embrião por corrosão, fato comprovado pela alteração da cor das sementes (sementes escuras – dados não apresentados), enquanto que o tratamento com 20% de H_2SO_4 (EQ5) foi ineficiente no processo de escarificação do tegumento das sementes de *O. arborea*.

Mesmo não diferindo estatisticamente, EQ2 e EQ3 apresentaram maior eficiência no processo de superação da dormência de *O. arborea* quando comparado aos resultados observados em EQ1 e EQ4. Nesse sentido, os resultados aqui apresentados, mostram que o tratamento de sementes de *O. arborea* com H_2SO_4 (80 e 60%) por 10 minutos são suficientes para superar a dormência dos embriões.

Nenhuma das concentrações testadas de HNO_3 (**Figura 1B**), $C_{19}H_{22}O_6$ (**Figura 1C**) e H_3PO_4 (**Figura 1D**) diferiram estatisticamente da taxa de germinação de sementes pertencentes ao grupo controle, sugerindo ineficiência no processo de superação de dormência de *O. arborea*. Embora HCl na concentração de 100% (EQ19) tenha diferido do controle negativo ($P < 0,05$), os resultados não são superiores aos tratamentos EQ2 e EQ3.

Na **Figura 2** estão apresentados os resultados referentes aos tratamentos térmicos e por escarificação física das sementes.

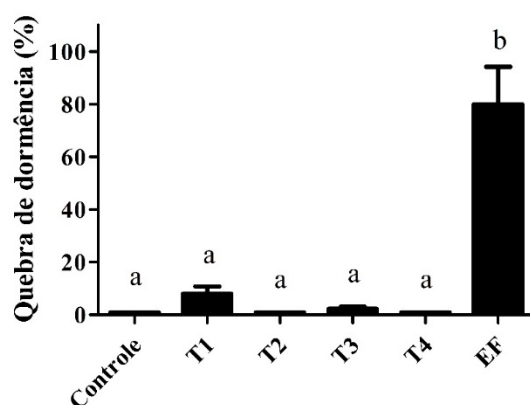


Figura 2. Porcentagem de quebra de dormência em *Ormosia arborea*, por tratamento térmico em diferentes temperaturas e por escarificação física

Foi observado diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) na taxa de superação de dormência de sementes tratadas por escarificação física ($80,0 \pm 14,14\%$), quando comparada ao grupo controle.

Os resultados obtidos no presente trabalho são concordantes com outros experimentos de superação de quebra de dormência por escarificação física e química com H_2SO_4 , apresentadas por outros autores em *O. arborea* (LOPES; DIAS e MACEDO, 2004; MARQUES et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2011; BASQUEIRA et al., 2011).

Lopes, Dias e Macedo (2004) avaliaram o efeito de diferentes métodos artificiais no processo de superação de quebra de dormência de *O. arborea*. Os melhores resultados foram observados no processo de escarificação química com H_2SO_4 (concentrado – 100%) por 1 (53%), 10 (56%), 15 (61%) e 20 (48%) minutos de exposição. A escarificação física (mecânica) obteve uma superação na quebra de dormência de 42,50%. As frequências de germinação apresentadas pelos autores foram consideradas satisfatórias. Nosso trabalho, demonstra maior eficiência no processo de escarificação química com H_2SO_4 e física. Como mencionado anteriormente, concentrações menores de H_2SO_4 (60 e 80%) são mais eficientes comparadas a altas concentrações (100%), assim como abordagens de tratamento por escarificação física.

Resultados bem próximos foram observados no trabalho de Marques et al (2004), sendo os tratamentos procedidos com H_2SO_4 e escarificação física os métodos mais eficientes no processo de superação de quebra de dormência. Além disso, o processo de escarificação mecânica pode ser influenciado pelo local da semente que sofre atrito pela lixa. Conforme apresentado por Basqueira et al (2011), a escarificação lateral da semente de *O. arborea* oferece melhores resultados ao que diz respeito ao processo de superação da quebra da dormência. No presente trabalho, a escarificação física foi feita seguindo recomendações de Basqueira et al (2011), obtendo resultados favoráveis ($80 \pm 14,14\%$) (**Figura 2**).

Segundo Dias, Lopes e Macedo (2002), o perfeito funcionamento das atividades fisiológicas associadas a germinação é dependente da capacidade de embebição da semente, uma vez que a água é fundamental nas reações bioquímicas na planta durante o processo germinativo. A germinação da *O. arborea* é limitante, mesmo em condições favoráveis devido ao tegumento rígido que recobre e protege o embrião. Nesse sentido, é fundamental a quebra do tegumento, aumentando a sua permeabilidade. Assim, a escarificação física e química com H_2SO_4 mostrou-se eficiente provavelmente pela sua capacidade de quebra do tegumento, possibilitando a hidratação e oxigenação do embrião.

No presente trabalho, também foi avaliado o efeito do tratamento térmico no processo de superação da quebra de dormência em *O. arborea*. Após tratamento térmico a 100°C (T1), 80°C (T2), 60°C (T3) e 40°C (T4) por 10 minutos, os resultados indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre T1 ($16,0 \pm 5,47\%$) e o grupo controle (**Figura 2**). No entanto os resultados indicam ineficiência do tratamento térmico como forma de superar a quebra de dormência de *O. arborea*, comparado aos processos de escarificação química com H_2SO_4 e física.



Um aumento na frequência de germinação foi observado nos tratamentos na temperatura de 100°C por 10 minutos, seguido por choque térmico por 5 minutos (CT1 – 46,00 ± 5,47%) em água corrente (**Figura 3**). Mesmo apresentando resultados superiores ao tratamento térmico isolado, os resultados de choque térmico são inferiores aos observados nos métodos de escarificação química (EQ2, EQ3 e EQ4) (**Figura 1A**) e física (EF) (**Figura 2**).

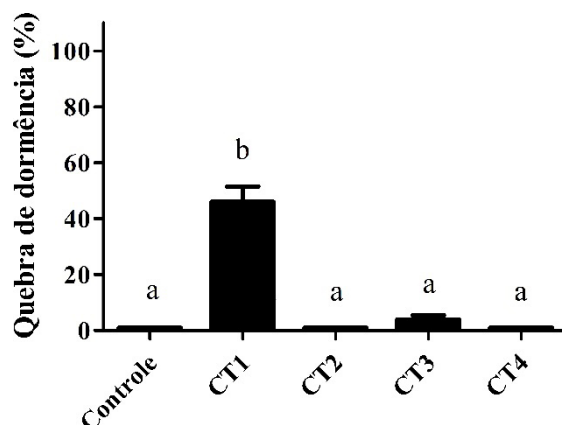


Figura 3. Porcentagem de quebra de dormência em *Ormosia arborea*, por choque térmico

* Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa, de acordo com a análise de variância ANOVA, Tukey ($P < 0,05$)

No presente trabalho, foi avaliado o desenvolvimento das mudas em 30 dias de experimento, nos melhores tratamentos de superação de quebra de dormência (EQ1, EQ2, EQ3, EQ4, EQ19, EF e CT1). Os resultados de desenvolvimento foram obtidos pela análise do comprimento das hastes (caule), tamanho da folha e quantidade de folhas por planta germinada. Os resultados estão expressos em média e desvio padrão na **Tabela 3**.

Tratamentos	Comprimento das Hastes (cm)	Comprimento das folhas (cm)	Número de folhas
EQ1	5,21 ± 1,93 ^a	1,82 ± 1,14 ^a	1,69 ± 0,71 ^a
EQ2	5,70 ± 2,60 ^a	2,01 ± 0,97 ^a	1,78 ± 0,51 ^a
EQ3	5,29 ± 2,48 ^a	1,90 ± 1,40 ^a	1,83 ± 0,70 ^a
EQ4	6,05 ± 1,98 ^a	2,35 ± 1,28 ^a	1,83 ± 0,57 ^a
EQ19	5,01 ± 0,66 ^a	1,72 ± 1,32 ^a	1,23 ± 0,33 ^a
EF	6,80 ± 1,71 ^b	2,91 ± 0,98 ^b	1,88 ± 0,33 ^a
CT1	5,80 ± 1,71 ^a	1,72 ± 1,04 ^a	1,75 ± 0,42 ^a

Tabela 3. Análise de desenvolvimento das mudas de *Ormosia arborea*

* Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa, de acordo com a análise de variância ANOVA, Tukey ($P < 0,05$)

Foi observado diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) nas plantas submetidas ao tratamento por escarificação física (EF), no comprimento das has-

tes ($6,80 \pm 1,71$ cm) e folhas ($2,91 \pm 0,98$ cm) quando comparada aos demais tratamentos (**Tabela 3**). Os resultados mostram que o método por escarificação física (escarificação mecânica lateral das sementes), além de acelerar o processo de quebra de dormência, implica no desenvolvimento mais rápido da planta quando comparado aos demais tratamentos de maior eficiência, outrora apresentados neste trabalho.

Estes resultados são satisfatórios partindo da premissa que a escarificação física compreende uma metodologia de superar a dormência de sementes nativas, mais acessível ao meio popular, quando comparado aos processos de escarificação química, possibilitando ao popular a produção de mudas de *O. arborea* em grande escala.

Por fim, os autores destacam a necessidade de mais pesquisas relacionadas a quebra de dormência de espécies nativas, em especial àquelas ameaçadas de extinção, no intuito de promover programas que norteiam e objetivam a recuperação de áreas degradadas.

4. CONCLUSÃO

Nestas condições experimentais e nestes tratamentos de superação de dormência de sementes de *O. arborea*, o método de escarificação química com H_2SO_4 nas concentrações de 80, 60 e 40%, HCl (100%), bem como o processo de escarificação física da porção lateral das sementes, demonstraram maior eficiência na quebra de dormência. Além disso, os resultados de superação de dormência de *O. arborea*, bem como o desenvolvimento das plantas germinadas, mostram que o procedimento de escarificação física é mais rentável em práticas de produção de mudas em viveiros para fins de projetos de recuperação de áreas degradadas.

Mais estudos devem ser conduzidos com sementes *O. arborea*, buscando maior eficiência no processo de superação da dormência das sementes.



REFERÊNCIAS

- BASQUEIRA, R.A.; PESSA, H.; SOUZA-LEAL, T.; MORAES, C.P. Superação de quebra de dormência em *Ormosia arborea* (Fabacea: Papilionoidea) pela utilização de dois métodos de escarificação mecânica em diferentes pontos do tegumento. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 4, n. 3, p. 547-561, 2011.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. 2. ed. New York: **Plenum Press**, 1994. 445 p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: **FUNEP**, 2000. 588 p.
- DIAS, P.C.; LOPES, J.C.; MACEDO, C.M.P. Tratamentos de Dormência de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms. **Brasil Florestal**. 2004.
- FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Manejo de sementes de espécies arbóreas. São Paulo: **Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal**, 1995. 56p. (Série Registro, 15).
- FOWLER, A.J.P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2000. 27p.
- LOPES, J.C.; DIAS, P.C.; MACEDO, C.M.P. Tratamentos para superar a dormência de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms, **Brasil Florestal**, n. 80, p. 25-35, 2004.
- LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 7ª Edição. São Paulo: **Instituto Plantarum de estudos da Flora**, 284p, 2016.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: **Plantarum**, 1992. 368p.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação de plantas arbóreas do Brasil. 1 vol. 4 ed. Nova Odessa: **Plantarum**, 2002.
- MARQUES, M.A.; RODRIGUES, T.J.D.; PAULA, R.C. Germinação de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. **Científica**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.141-146, 2004.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.
- RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHORN, S. Biologia Vegetal. 7ª ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2007.
- ROBERTS, E.H. Loss of viability and crop gels. In: Viability of seeds. New York: **Syracuse University**, 1972. 448 p.
- TEIXEIRA, W.F.; FAGAN, E.B.; CASAROLI, D.; CANEDO, S.C.; BARBOSA, K.A. Avaliação de métodos para superação de dormência de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms. **Biotema**, v. 24, n.4, p. 2175-7925, 2011.
- TEIXEIRA, W.F.; RODRIGUES, E.A.; AMARAL, A.F. Estudo de superação de dormência de *Ormosia arborea* sob diferentes testes, para produção de mudas para reflorestamento de áreas degradadas no município de Patos de Minas, MG. **Perquirere**, v. 6, p. 26-30, 2009.



**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
BRANCO - RORAIMA**

PRECIPITATION ANALYSIS IN THE RIO BRANCO HYDROGRAPHIC
BASIN - RORAIMA

Thiago Barboza Ribeiro

Luana Lisboa

Carlossandro Carvalho de Albuquerque

Michel Castro Moreira

Eduardo Morgan Uliana

Resumo

A precipitação é uma das variáveis do ciclo hidrológico mais estudada, pois o conhecimento da sua variabilidade espacial e temporal permite o planejamento de inúmeras atividades. O objetivo do trabalho foi analisar as séries históricas de precipitação, elaborar mapas de isoietas, e calcular as precipitações médias totais e semestrais para a bacia do rio Branco – Roraima. Foram utilizadas séries históricas de 23 estações pluviométricas pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional e duas estações de responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia, para o período de 1985 a 2015. Foi realizado o preenchimento das falhas nas séries históricas utilizando-se o método da ponderação regional com base em regressões lineares, e para verificar a homogeneidade das séries anuais o método da dupla massa. No cálculo dos totais precipitados anuais e mensais foi utilizado o software HIDRO, da Agência Nacional de Águas e para as análises espaciais, o software ArcGIS 10.2. A estação de chuvas para a bacia inicia-se no mês de abril, estendendo-se até setembro, enquanto a estação seca começa em outubro e vai até março. A precipitação total média anual, do semestre seco e chuvoso para a bacia variou de 1.903 a 1.965 mm, de 1.404 a 1.411 mm e 492 a 609 mm, respectivamente.

Palavras-Chave: gestão de recursos hídricos, disponibilidade hídrica sazonal, precipitações.

Abstract

Flexibility is one of the variables of the most studied hydrological cycle, since the knowledge of its spatial and temporal variability allows the planning of many activities. The project was analyzed as the historical war series, in accordance with the isoietas maps, and the data collected during the semester series for the Branco - Roraima river basin are presented. We chose historical series of 23 pluviometric sites belonging to the National Hydrometeorological Network and two stations of responsibility of the National Meteorological Institute for the period from 1985 to 2015. Failures were completed in the historical series using the regional weighting method base in linear regressions, and to verify the homogeneity of the annual series of the double mass method. In the catalog of totals was used the software HIDRO, of the National Water Agency and for the spatial analysis, ArcGIS 10.2 software. The rainy season for the base begins in the month of april, extending until september, while the dry week begins in october and runs through March. The mean annual age of the dry and rainy semester ranged from 1.903 to 1.965 mm, from 1.404 to 1.411 mm and 492 to 609 mm, respectively.

Keywords: water resource management, seasonal water availability, rainfall.



1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis atmosféricas mais estudada, pois o conhecimento da sua variabilidade espacial e temporal permite o planejamento das atividades humanas. São vários os setores que dependem diretamente do conhecimento do regime pluviométrico, por exemplo, a agricultura, o setor energético, dentre outros (GOMES, 2007). Segundo Salgado *et al.* (2007) o excesso ou a escassez da chuva podem interferir profundamente em atividades econômicas e na vida do cidadão comum. Casos como o racionamento de energia em 2001 no Brasil, e as frequentes enchentes em zonas urbanas mostram a importância da pluviosidade e de seu estudo mais sistemático e detalhado.

Associado a isso, de acordo com Moraes *et al.* (2005), a precipitação é de grande importância na caracterização do clima de uma região, pois as peculiaridades do regime de chuva influenciam as variações observadas na temperatura e na umidade do ar, na nebulosidade e na quantidade de radiação incidente à superfície.

Na determinação do regime de chuvas, Mello e Silva (2005) afirmam que as séries históricas de precipitação são informações fundamentais, sendo que Chibana *et al.* (2005) descrevem ser necessária a análise das séries históricas das estações climatológicas, pluviométricas e fluviométricas. Conforme apontam Bertoni & Tucci (2007) e Lemos Filho *et al.* (2007), as análises preliminares a serem efetuadas nas séries históricas consistem no preenchimento de falhas e na verificação da consistência, ou seja, do grau de homogeneidade dos dados disponíveis em uma estação de coleta com relação às observações registradas em estações vizinhas.

Outro fator importante relacionado ao fenômeno da precipitação diz respeito a sua distribuição geográfica. A dependência espacial da distribuição da precipitação pode ser estimada a partir de métodos de interpolação, como polígonos de Thiessen, curvas de mesma precipitação (Isoietas) e Inverso Ponderado da Distância (IDW). Nestes métodos, utilizam-se os dados das estações meteorológicas como pontos a partir dos quais haverá a extrapolação do valor de precipitação para área total. Para aplicação de tais métodos, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido de fundamental importância, uma vez que permitem a análise de grande volume de dados em tempo reduzido (BURROUGH & MCDONNELL, 1998).

Nessa perspectiva, e considerando a importância de estudos de precipitação em bacias hidrográficas associadas à região Amazônica, o objetivo do trabalho foi analisar as séries históricas de precipitações, elaborar mapas de isoietas, bem como calcular as precipitações médias totais e semestrais para a bacia do rio Branco – Roraima.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Branco (Figura 1) situa-se na região amazônica, no extremo norte do país, e possui área de drenagem de 192.392 km² (LISBOA *et al.*, 2015). Fazendo fronteira com a Venezuela e ocupando parte da Guiana, a bacia está delimitada pelas latitudes 05°16'30"N e 01°23'18"S e longitudes 59°18'27"W e 64°45'53"W (EPE, 2011).

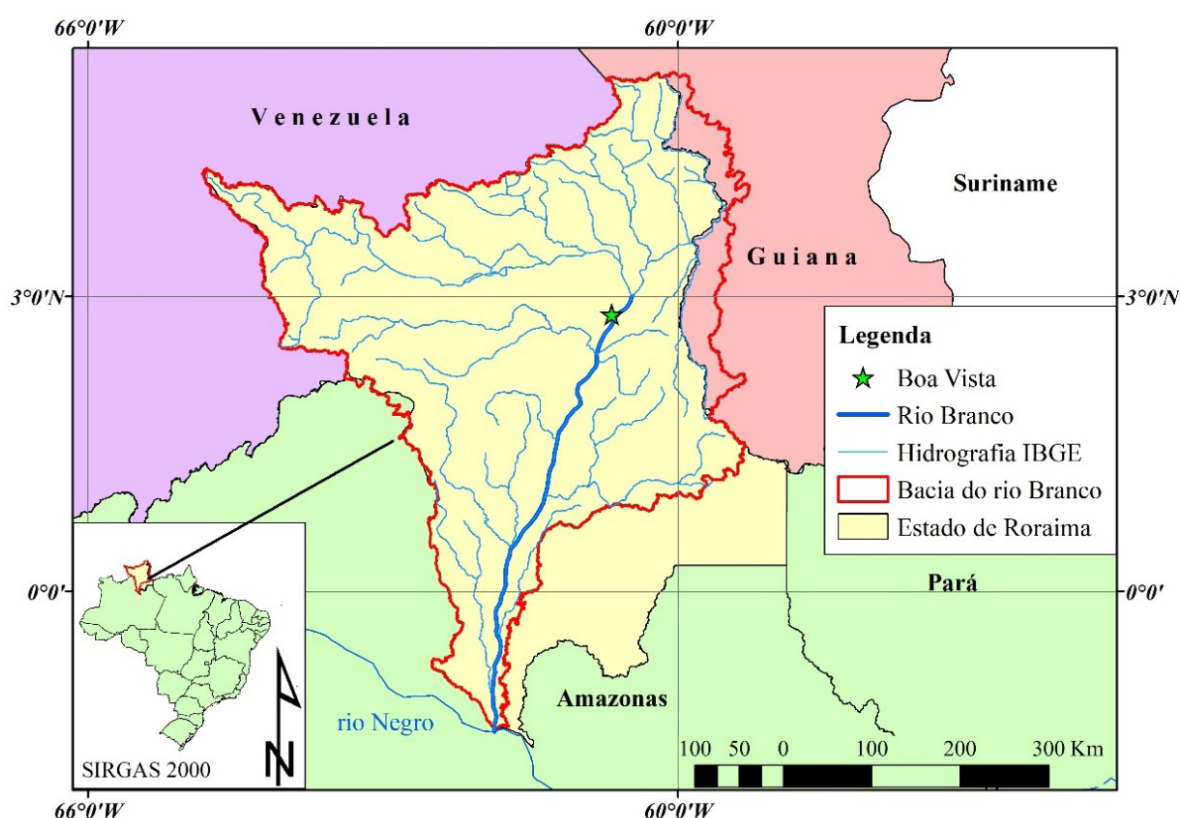


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Branco - RR.
Fonte: Autor (2018)

O rio Branco possui 1.257 km, desde sua nascente no rio Uraricoera até sua foz na margem esquerda do rio Negro, na divisa com o Estado do Amazonas. Percorre quase toda a extensão do Estado de Roraima, e a cerca de 30 km a montante da cidade de Boa Vista, recebe seu principal tributário, o rio Tacutu (LISBOA *et al.*, 2015). Entre outros afluentes do rio Branco, destacam-se os rios Mucajaí, Catrimâni, Anauá, Água Boa do Univini, Cauamé, Surumu, Cotingo e Maú.

Avaliando o regime pluviométrico na bacia, EPE (2011) apresenta três unidades climáticas, o Clima Tropical de Savana, o Clima Tropical de Monções e o Clima Tropical Equatorial. Já considerando o regime fluviométrico, IBGE (2009) cita que as vazões na bacia são baseadas no verão do hemisfério Norte, com cheias de maio a outubro e vazante de novembro a abril.

2.2 Preenchimento e consistência das séries históricas de precipitações

Para a determinação de totais precipitados anuais e mensais na bacia do rio Branco, foram utilizadas séries históricas de precipitações de 23 estações pluviométricas identificadas na bacia (Figura 2 e Tabela 1).

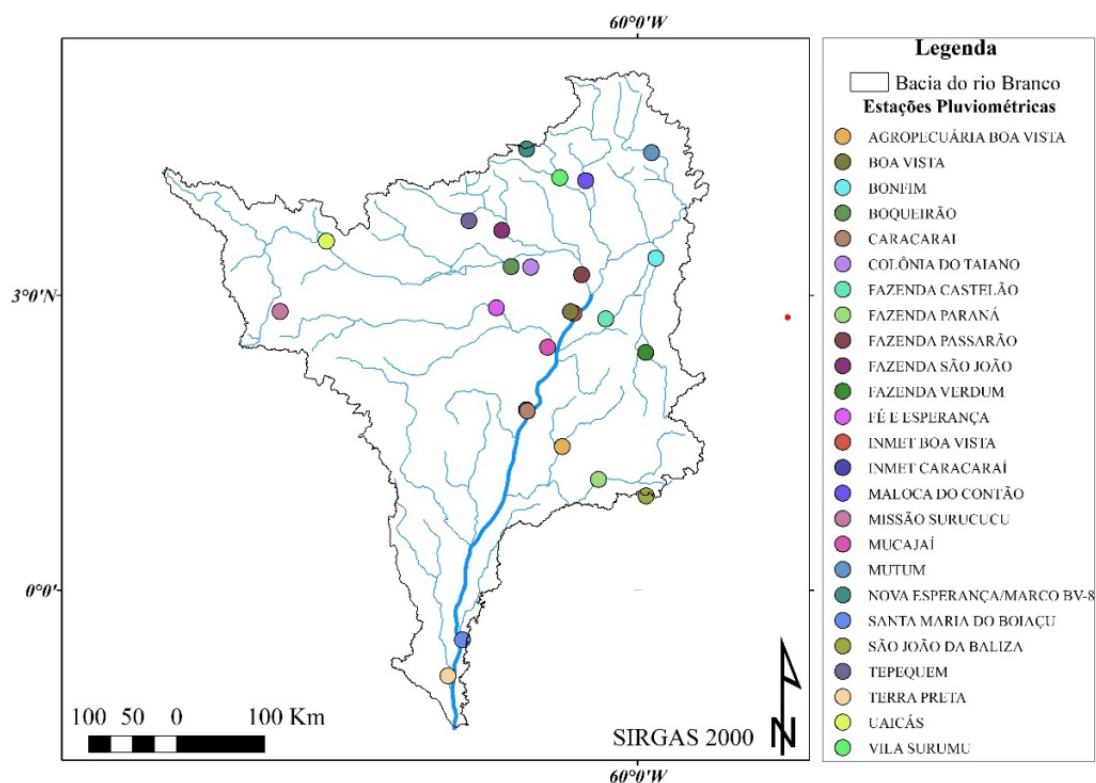


Figura 2. Estações pluviométricas utilizadas no estudo e pertencentes à bacia do rio Branco – RR.
Fonte: Autor (2018)

Tabela 1. Estações pluviométricas utilizadas no estudo e pertencentes à bacia do rio Branco – RR.

Código	Nome	Coordenadas		Sub bacia
		Lat.	Long. (O)	
00061000	Santa Maria do Boiaçu	0,51 S	61,79	Branco Sul
00061001	Terra Preta	0,87 S	61,93	Branco Sul
08059002	São João da Baliza	0,96 N	59,91	Anauá
08160001	Fazenda Paraná	1,13 N	60,40	Anauá
08160003	Agropecuária Boa Vista	1,46 N	60,77	Anauá
08161001	Caracarái	1,82 N	61,12	Anauá
08259000	Fazenda Verdum	2,42 N	59,92	Tacutu
08260000	Boa Vista	2,83 N	60,68	Branco Norte
08260003	Fazenda Castelão	2,76 N	60,33	Tacutu
08260004	Mucajaí	2,47 N	60,92	Branco Norte
08261000	Fé e Esperança	2,87 N	61,44	Branco Norte
08263000	Missão Surucucu	2,84 N	63,64	Uraricoera
08359000	Bonfim	3,38 N	59,82	Tacutu
08360000	Maloca do Contão	4,17 N	60,53	Tacutu
08360002	Fazenda Passarão	3,21 N	60,57	Uraricoera
08361000	Fazenda São João	3,66 N	61,38	Uraricoera
08361001	Boqueirão	3,29 N	61,29	Uraricoera
08361004	Colônia do Taiano	3,29 N	61,09	Uraricoera
08361005	Tepequém	3,76 N	61,72	Uraricoera
08363000	Uaicás	3,55 N	63,17	Uraricoera
08459000	Mutum	4,45 N	59,86	Tacutu
08460001	Vila Surumu	4,20 N	60,79	Tacutu
08461000	Nova esperança/ Marco BV-8	4,49 N	61,13	Tacutu
*82024	Boa Vista (INMET)	2,82 N	60,65	Branco Norte
*82042	Caracarái (INMET)	1,83 N	61,13	Anauá

*Estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As séries históricas pertencem a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), e disponibilizadas na internet, através do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb). Foram ainda utilizadas séries históricas de duas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para analisar e manipular as séries históricas de precipitação foi utilizado o software Sistema de Informações Hidrológicas (SIH/Hidro v. 1.3, 2017), disponibilizado através do site da ANA, no Hidroweb.

Inicialmente foi elaborado para cada estação o diagrama de barras, considerando o período anual, a fim de se definir o período de dados a serem utilizados, assim como a necessidade do preenchimento de falhas na série histórica das estações. O período base do estudo foi de 1984 a 2005, pois períodos anteriores a 1984 apresentaram muitas falhas na maioria das estações pluviométricas.

De acordo com Tucci (2002) e Bertoni & Tucci (2007), o método da ponderação regional com base em regressões lineares, o qual foi utilizado no estudo para o preenchimento de falhas nas séries históricas, consiste em estabelecer regressões lineares entre os postos com dados a serem preenchidos, P_x , e cada um dos postos vizinhos, P_1, P_2, \dots, P_N . De cada uma das regressões lineares efetuadas obtém-se o coeficiente de correlação, sendo o preenchimento realizado com base na Equação (1):

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^{1=n} r_{P_x P_i} \cdot P_i}{\sum_{i=1}^{1=n} r_{P_x P_i}} \quad (1)$$

em que: $r_{P_x P_i}$ corresponde ao coeficiente de correlação linear entre os postos vizinhos.

Com o intuito de fazer a consistência das séries históricas de precipitação e verificar a homogeneidade das séries anuais de precipitação, realizou-se a análise para cada estação isoladamente, empregando-se a metodologia da dupla massa, descrita por Bertoni & Tucci (2007).

Neste método, uma estação de interesse é selecionada, sendo os totais anuais acumulados plotados em um gráfico nas ordenadas e nas abscissas os totais médios anuais das estações vizinhas. Haverá consistência dos totais anuais da estação analisada quando houver uma tendência linear em relação às estações vizinhas. A verificação da linearidade entre os totais anuais da estação analisada com relação às demais é avaliada pelo ajuste da equação da reta e do coeficiente de determinação, obtidos pela técnica da minimização da soma dos quadrados dos desvios (Oliveira et al., 2010).

2.3 Isoietas de precipitações médias anuais e mensais

O software ArcGIS 10.2 foi utilizado para espacializar os totais médios mensais, semestrais e anuais de precipitação, para cada estação pluviométrica utilizada no estudo, bem como para gerar os mapas de isoietas para a bacia do rio Branco - RR. Essa última etapa se deu através da interpolação dos valores observados.

Os mapas de isoietas foram criados utilizando o interpolador Krigagem, com modelo de semivariograma esférico, disponível no software ArcGIS 10.2. O interpolador Krigagem é baseado numa função contínua, que explica o comportamento de uma variável nas distintas direções de um espaço geográfico (GALLARDO, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de dupla massa de algumas estações pluviométricas utilizadas no estudo, através das quais, foi analisada a homogeneidade das séries históricas de cada uma, considerando a média das estações vizinhas.

Para todas as estações foi constatado que as séries históricas possuem comportamento linear e os coeficientes de determinação próximos da unidade. De acordo com Buriol *et al.* (2006) e Alves *et al.* (2006), esses resultados garantem a homogeneidade regional das estações selecionadas.

Na Figura 4 é apresentada a distribuição das médias dos totais mensais precipitados das estações pluviométricas utilizadas no estudo. Observa-se que a amplitude das médias mensais precipitadas na bacia do rio Branco variou de 67,8 a 318,5 mm, com mínima ocorrendo no mês de janeiro e a máxima no mês de maio.



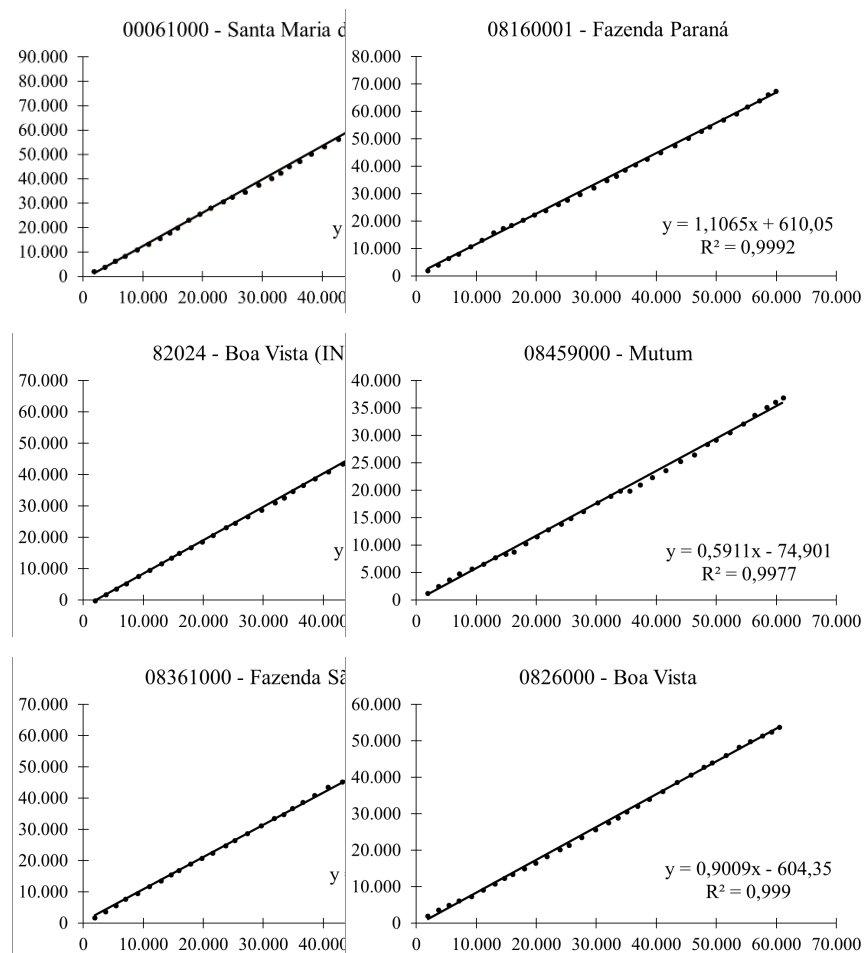


Figura 3. Curvas das duplas massas para consistência das séries pluviométricas na bacia do rio Branco. Fonte: Autor (2018)

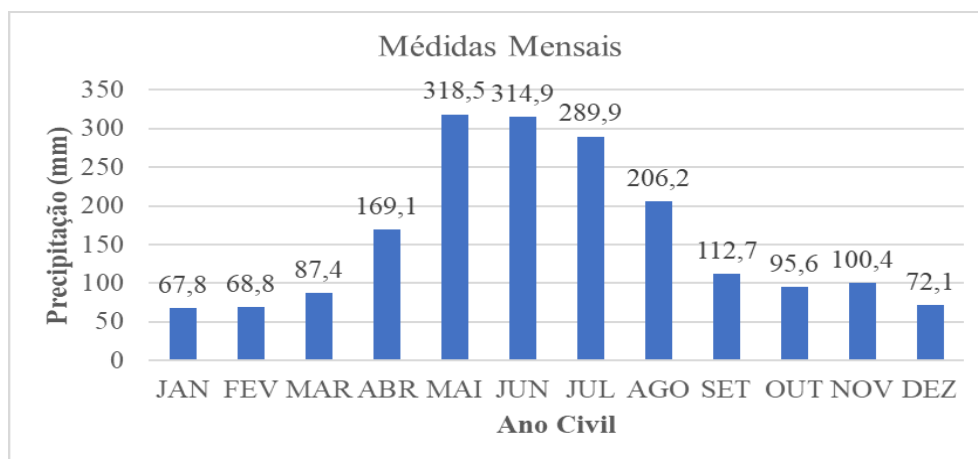


Figura 4. Precipitação total mensal média (mm) para as estações pluviométricas pertencentes a bacia do rio Branco. Fonte: Autor (2018)

O trimestre em que as médias mensais superaram 250 mm ficou compreendido nos meses de maio, junho e julho, e nesses últimos meses os valores precipitados superaram 300 mm. Já o semestre em que foi verificado maior volume precipitado está entre os meses de abril a setembro, meses estes em que o total precipitado foi superior a 100 mm. O semestre de seca, ou de pouca chuva, iniciou-se em outubro e se estendendo até março do ano seguinte.

Considerando o método das médias aritméticas, a estação de chuvas ou semestre chuvoso apresentou média de precipitações de 235,21 mm, e para o semestre seco a média observada foi de 82,01 mm. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro caracterizam um trimestre com os menores valores observados, ou seja, o trimestre mais seco do ano.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados o mapa de isoietas de precipitação média total anual e semestrais (seco e chuvoso), para a bacia do rio Branco, considerando as séries históricas consistidas das estações pluviométricas. As isolinhas foram traçadas através de interpolação, tendo sido consideradas equidistância de 200 milímetros para o período anual e de 176 milímetros para os períodos sazonais.

Constata-se pela análise da Figura 6 que a porção nordeste da bacia hidrográfica apresenta menores médias de precipitação, estendendo-se até a porção centro-oeste. As regiões sul e noroeste exibem valores precipitados consideráveis.

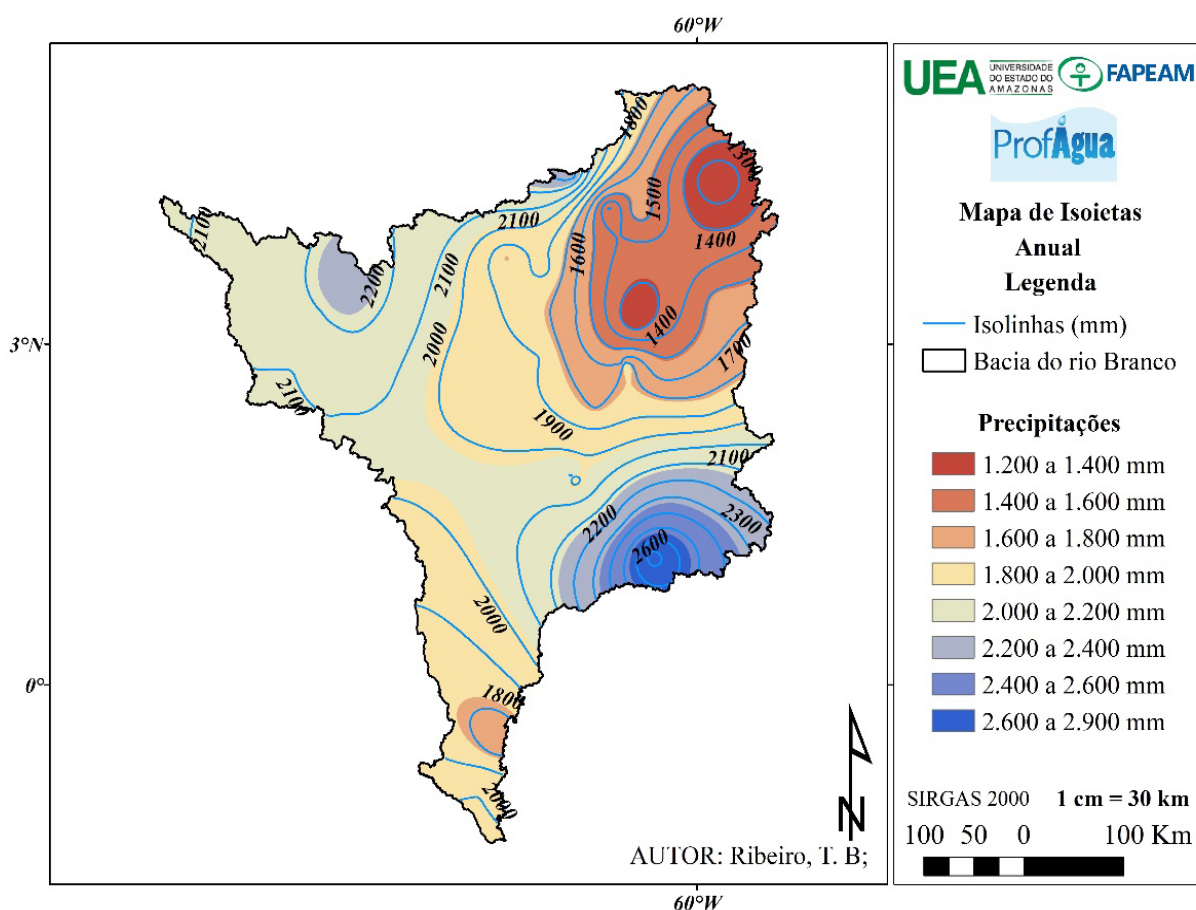


Figura 5. Mapa de isoietas de precipitação média total anual da bacia do rio Branco.
Fonte: Autor (2018)

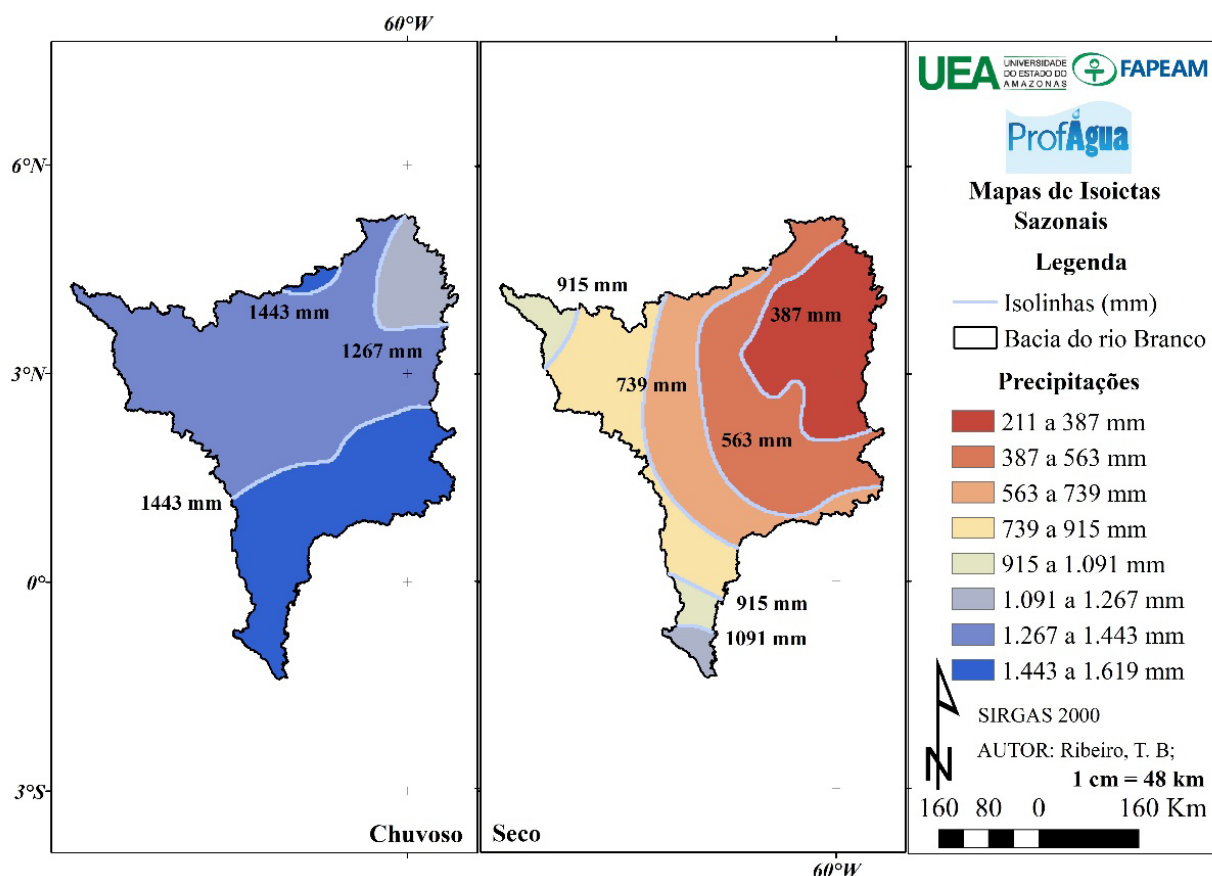


Figura 6. Mapa de isoietas da precipitação média total do semestre seco e chuvoso da bacia do rio Branco. Fonte: Autor (2018)

Na Tabela 2 são apresentados os valores da precipitação total média anual e semestral para a bacia do rio Branco, considerando o método da média aritmética e das isoietas para determinação. Considerando os dois métodos, observa-se pouca diferença nos totais precipitados, e para o período anual, o total precipitado considerando as isoietas foi 62 mm superior ao método das médias aritméticas, ou seja, apresentou diferença de 3%. Já para o período seco, a diferença foi mais expressiva, de 117 mm.

Tabela 2. Precipitação total média anual, e do período chuvoso e seco na bacia do rio Branco.

Periodicidade	Precipitações Totais (mm)	
	Método	
	Média Aritmética	Isoietas
Anual	1.903	1.965
Chuvoso	1.411	1.404
Seco	492	609

4. CONCLUSÃO

- A estação de chuvas para a bacia do rio Branco é caracterizada pelo semestre que inicia no mês de abril estendendo-se até o mês de setembro, considerando as médias mensais de totais precipitados das estações em estudo. Já a estação seca é compreendida pelos meses de outubro até março do ano civil seguinte.
- A precipitação total média anual para a bacia do rio Branco variou de 1.903 a 1.965 mm, enquanto que a precipitação total para o semestre chuvoso e seco variou de 1.404 a 1.411 mm e 492 a 609 mm, respectivamente.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado do Amazonas (UEA), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Agência Nacional de Águas (ANA).

REFERÊNCIAS

- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; SWAROWSKY, A.; D'AVILA, R. F. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.11, p.89-97, 2006.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of GIS**. Oxford University Press: London, 1998.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Bacia Hidrográfica do rio Branco: Estudos de Inventário Hidrelétrico Relatório Final: AAI – Avaliação Ambiental Integrada**. Brasília, DF: EPE, 2011. Vol. 1/2, 289p.
- LISBOA, L.; SANTOS, A. L. M. R.; ULIANA, E. M.; OLIVEIRA, B. L. F.; ANDRADE, N. M.; ALVES, L. G. S.; GARCIA, D. O.; SILVA, M. R. **Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC) e Caracterização Morfométrica da Bacia do rio Branco - RR**. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2015. Brasília. *Anais...ABRH*, 2015.
- GOMES, V. J. F. **O meio ambiente e o risco de apagão no Brasil**. II Seminário Internacional: Reestruturação e regulação do setor de energia elétrica e gás natural. Resumos, 2007. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/eventos/seminariointernacional/2007/artigos/pdf/victorjose_omeioambiente.pdf>.
- SALGADO, C. M.; SILVA, T. C.; SOUZA, G. C. A.; FREITAS, H. C. Caracterização temporal e espacial da precipitação no entorno do município de São Gonçalo (RJ) considerando a série histórica de 1968 a 2002. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 19-31, jun. 2007.
- TUCCI, C. E. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH, UFRGS. Porto Alegre, 2002. 254p.



CAPÍTULO 14

RESGATANDO A HORTA DE QUINTAL

REDEEMING THE BACKYARD GARDEN

Karine Gomes dos Santos

Gabrielly Antunes Ramos

Camila Kiill

Bruno Éric Siqueira Albino

Raul Andres Martinez Uribe

Resumo

A horta escolar urbana é uma importante ferramenta de educação ambiental e incentivo comunitário ao desenvolvimento de hábitos alimentares saudáveis. O Engenheiros sem Fronteiras, Núcleo Tupã (ESF - Tupã), implementou, na Entidade Assistencial Casa do Garoto (EACG) e na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), hortas agroecológicas com sistema de irrigação automatizado. Foram desenvolvidas atividades semanais em cada instituição, onde realizou-se o preparo do solo, montagem do sistema de irrigação automatizado, plantio, adubação, controle de pragas e doenças, doação de mudas, colheita e elaboração de receitas com os produtos colhidos. O projeto contribuiu para aumentar o interesse dos envolvidos em produzir seus próprios alimentos em hortas agroecológicas urbanas. A produtividade das hortas implementadas nas instituições filantrópicas superou as expectativas dos membros do ESF-Tupã, demonstrando que as técnicas e tecnologias de manejo utilizadas, permitiram gerar um método de cultivo viável e de fácil replicação. O desenvolvimento de pragas e doenças nas hortas foi facilmente controlado utilizando produtos indicados para agricultura orgânica, obtendo assim, baixos níveis de dano econômico. A utilização do sistema de irrigação automatizado e de baixo custo viabilizou o desenvolvimento do projeto, uma vez que, não seria possível realizar a irrigação aos finais de semana e feriados. A oficina de culinária mostrou-se como uma excelente ferramenta para a divulgação de hábitos alimentares saudáveis entre os envolvidos. Portanto, as atividades realizadas incentivaram a comunidade escolar a produzir alimentos seguros, nutritivos e em quantidade suficiente para a promoção de uma alimentação saudável.

Palavras chave: Agroecologia, Alimentação Escolar, Educação Ambiental, Irrigação.

Abstract

The urban school garden is an important environmental education tool and community incentive for the development of healthy eating habits. The Engineers Without Borders, Tupã Center (ESF - Tupã), implemented, at the Casa do Garoto Assistance Entity (EACG) and at the Association of Parents and Friends of the Exceptional (APAE), agroecological gardens with automated irrigation system. Weekly activities were carried out at each institution, where soil preparation, automated irrigation system assembly, planting, fertilization, pest and disease control, seedling donation, harvesting and recipe production were performed. The project has increased stakeholder interest in producing their own food in urban agroecological gardens. The productivity of the vegetable gardens implemented in the philanthropic institutions exceeded the expectations of the members of the ESF-Tupã, demonstrating that the management techniques and technologies used allowed the generation of a viable and easily replicable cultivation method. The development of pests and diseases in the gardens was easily controlled using products indicated for organic agriculture, thus obtaining low levels of economic damage. The use of the low cost automated irrigation system made the project development feasible, since it would not be possible to perform irrigation on weekends and holidays. The cooking workshop proved to be an excellent tool for spreading healthy eating habits among those involved. Therefore, the activities encouraged the school community to produce safe, nutritious and sufficient food to promote healthy eating.

Key-words: *Agroecology, School feeding, Environmental education, Irrigation.*



1. INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas o desenvolvimento da agricultura e o rápido crescimento econômico contribuíram na redução de 50% no número de pessoas subnutridas no mundo. O Brasil é um dos países da América Latina que poderá alcançar o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 2, que trata de atingir a fome zero até 2030 (PLATAFORMA AGENDA 2030).

No país, os números da fome podem ser considerados estáveis, porém 2,5% da população ainda encontra-se em grave situação alimentar (FAO, 2017). Segundo a pesquisadora da Fiocruz, Rosana Magalhães, “a fome não se resume à falta absoluta de alimentos, mas também às restrições qualitativas” (MAGALHÃES, 2017). O acesso a alimentos nutritivos é uma dimensão essencial da segurança alimentar, sendo que para alcançá-la, devem-se considerar os fatores quantitativos e qualitativos da alimentação.

Uma alternativa para a difusão da agricultura urbana tem sido a implantação comunitária de hortas escolares, uma vez que os alunos podem atuar como disseminadores comunitários do conhecimento adquirido em horticultura. Hortas escolares são um meio comprovado de promover a nutrição e educação infantil, pois elas familiarizam as crianças com a horticultura urbana, servem de instrumento didático aos professores para aplicação de disciplinas e desenvolvimento de cursos de nutrição, e quando replicadas em casa, ajudam na promoção da nutrição familiar (ENO et al., 2015; FAO, 2015).

A Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) e a Entidade Assistencial Casa do Garoto (EACG), ambas de Tupã-SP, são entidades filantrópicas que atuam na educação de adultos com necessidades especiais e crianças carentes. Atualmente, as duas instituições contam com 100 funcionários, e sobrevivem graças a eventos, promoções e doações coletadas pelo serviço de telemarketing. No entanto, os recursos são insuficientes, sendo constante a necessidade de ampliação de receitas ou diminuição de custos.

Todo alimento consumido na APAE e na EACG é oriundo de doações ou adquiridos no comércio local. Tal fato compromete boa parte do orçamento das entidades. No passado ambas as instituições já buscaram implementar hortas orgânicas para a produção de alimentos e aplicação didática em suas aulas. No entanto, as iniciativas fracassaram devido a dependência de insumos externos para adubação, a inexistência de recursos humanos para irrigação aos fins de semana, alto custo de irrigação com água potável e falta de assistência técnica para os cultivos. Além disso, outro fator que pode ter contribuído para a descontinuidade do projeto de horta, em ambas as instituições, foi a ausência de participação ativa dos pais de alunos no planejamento e desenvolvimento das atividades.



O presente projeto teve como objetivo promover o resgate da horticultura urbana doméstica, permitindo a produção orgânica sustentável de alimentos seguros, nutritivos e em quantidade suficiente para a promoção de uma alimentação saudável, concretizada através do compartilhamento, difusão de ideias e técnicas, entre a comunidade, universidade e o ESF - Tupã, que atuaram na cocriação e implantação comunitária de hortas agroecológicas na EACG e APAE da cidade de Tupã.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado com as crianças e alunos das instituições filantrópicas Entidade Assistencial Casa do Garoto (EACG), localizada na Rua Irmã Amália, 120 - Vila São José, e da Associação de Pais e Alunos dos Excepcionais (APAE), localizada na Av. Arthur Fernandes, 780 - Vila Marajoara, ambas de Tupã - SP. As atividades tiveram início em Março de 2019, contando com a participação de 106 crianças da EACG, 30 alunos da APAE e 10 voluntários do ESF - Tupã. O projeto foi contemplado pelo Edital 06/2018 da Pró-reitoria de Extensão Universitária e Cultura (PROEX) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), recebendo o aporte de R\$ 1500,00 para compra de materiais e disponibilização de duas bolsas para extensão universitária.

2.1 PLANEJAMENTO DAS HORTAS ESCOLARES

As hortas agroecológicas foram implementadas, em cada instituição, seguindo um planejamento prévio realizado pelos membros do ESF - Tupã. Desta forma, foram considerados as características técnicas relacionadas a disponibilidade e origem da água, luminosidade, quantidade disponível de adubo orgânico para o plantio, entre outras. Portanto, cada horta assumiu características próprias para cada instituição (Figura 1).



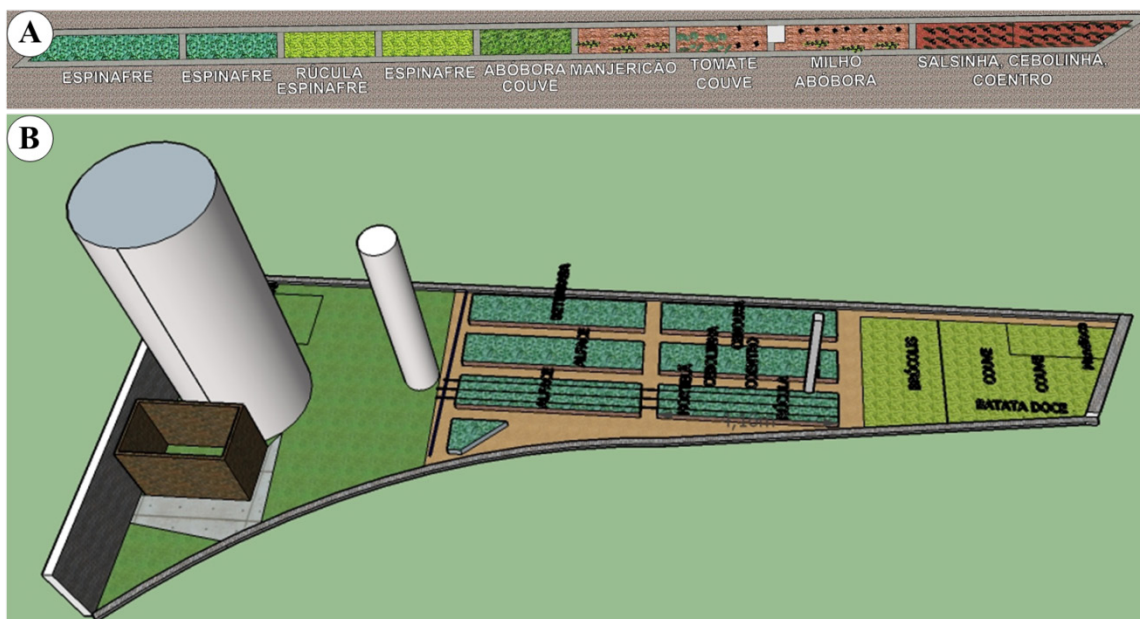


Figura 1- Desenho do planejamento de plantio das hortas. A: Horta da APAE. B: Horta da EACG
 Fonte: ESF- Tupã (2019)

2.2 Preparo do Solo e Adubação de Plantio

As hortas agroecológicas foram implementadas durante a realização de oficinas escolares e comunitárias com os alunos e crianças participantes do projeto. Na EACG, as atividades foram realizadas toda segunda-feira e na APAE, na sexta-feira. O solo foi descompactado com o auxílio de enxadão e enxada, sendo posteriormente adubado com 4 kg de composto orgânico por metro quadrado. Na EACG os canteiros foram erguidos com o tamanho de 0,8 x 2,5 x 0,2 m (L x C x A). Na APAE foi aproveitado um canteiro de alvenaria pré-existente, que apresentava o tamanho de 0,83 x 30 x 0,2 m (L x C x A).

2.3 Montagem do Sistema de Irrigação

A irrigação localizada foi montada utilizando fitas gotejadoras modelo Tiquira® com emissores espaçados a 30 cm e com vazão nominal de 2,1 L/h a 10 mca de pressão, tubos de PVC de "1 polegada de diâmetro e conexões hidráulicas necessários de 1 polegada de diâmetro" de diâmetro (curvas, CAP, TE, registros, joelhos etc.). O sistema de automatização da irrigação foi composto de válvula solenóide elétrica, vela de cerâmica microporosa, interruptor tipo pressostato, fio de cobre, mangueira de silicone, eletroduto, entre outros, seguindo a metodologia descrita por CARVALHO e MEDICI (2017), com adaptações. Para diminuir os riscos associados com o manuseio dos componentes elétricos, foi utilizado um transformador para 24 volts.

2.4 Plantio das Hortaliças

O plantio de hortaliças seguiu, sempre que possível, os princípios agroecológicos de cultivo. Assim, foram adotadas técnicas de produção consorciada, controle biológico e orgânico de pragas e doenças, técnicas de conservação do solo e adubação orgânica de plantio e cobertura. Nas hortas foram cultivadas: alface, rúcula, abóbora paulistinha, milho, espinafre, couve, cebolinha, coentro, salsinha, brócolis, manjeriço, tomate cereja, hortelã, beterraba, cenoura, berinjela, jiló, batata doce e almeirão. O espaçamento dos cultivos, forma de plantio e manejo de pragas e doenças, foram realizados de acordo com a metodologia descrita por JORGE et al., (2012) e CLEMENTE et al., (2012).

2.5 Controle de Pragas

Para o repelir borboletas e matar seus ovos e lagartas, sempre que necessário, foi utilizada a aplicação de calda natural a base de óleo de neem a 1% v/v (NE-ENMAX®). Foi utilizado também, para o controle das lagartas, catação manual. O combate de Oídio (*Sphaerotheca fuliginea*) foi realizado pela pulverização de uma mistura de leite de vaca cru a 5% (v/v) ou calda bordalesa a 0,2% (m/v). As técnicas supracitadas foram realizadas segundo a metodologia descrita por HABER et al., (2012).

2.6 Atividades de Culinária e Distribuição de Mudanças

Na cozinha da APAE e EACG foi realizada uma atividade de culinária com os alunos participantes do projeto. Nesta atividade os membros do ESF - Tupã aproveitaram a oportunidade para ensinar boas práticas de higienização dos alimentos e discutir os benefícios obtidos com a manutenção de uma alimentação saudável e nutritiva. Os alunos participantes tiveram a oportunidade de aprender a fazer duas receitas, uma de torta de espinafre e outra de suco de couve com limão. Os ingredientes principais, espinafre e couve, foram produzidos nas hortas escolares.

Durante as atividades didáticas com os alunos, foram distribuídas amostras de sementes e mudas das principais hortaliças cultivadas na horta escolar urbana. Dentre elas, alface, salsinha, coentro, cebolinha, manjeriço, tomate cereja e outras. Buscando complementar as informações, foram desenvolvidas e distribuídas cartilhas ilustradas para ensinar as principais técnicas de plantio e produção de composto orgânico caseiro.



3. RESULTADOS

Antes do desenvolvimento do projeto, a maior parte dos participantes nunca haviam cultivado hortas em casa. As atividades desenvolvidas melhoraram o interesse dos alunos da EACG, APAE e do ESF - Tupã em produzir seus próprios alimentos e praticar hábitos alimentares mais saudáveis. Segundo SANTOS et al. (2018), a horta no ambiente escolar estimula os alunos a desenvolverem noções de educação ambiental, alimentação saudável, cooperação entre os colegas, respeito à natureza e valorização do ato de plantar e colher.

A produtividade nas hortas, em ambas as instituições, superou as expectativas dos membros do ESF - Tupã. A diversidade de produção permitiu melhorar a alimentação oferecida aos alunos atendidos pela APAE e EACG. Dentre as hortaliças colhidas nas hortas destacam-se: alface, rúcula, abóbora paulistinha, milho, espinafre, couve, cebolinha, coentro, salsinha, brócolis, manjericão, tomate cereja, hortelã, beterraba, cenoura, berinjela, jiló, batata doce e almeirão. Parte desta produção foi dividida entre os alunos das instituições para que pudessem levar os produtos para a casa, incentivando hábitos alimentares saudáveis entre seus familiares (Figura 2).



Figura 2- Atividades nas hortas. A: Horta da EACG. B: Horta da APAE. C: Distribuição de hortaliças EACG. D: Distribuição de hortaliças APAE.

Fonte: ESF- Tupã (2019)

Durante o cultivo das hortas, apareceram algumas pragas e doenças nas culturas. Os membros do ESF - Tupã aproveitaram esta oportunidade para ensinar, aos alunos participantes do projeto, técnicas de controle alternativo de pragas e

doenças. Foi comum a presença de lagartas na couve e na rúcula, pragas facilmente combatidas utilizando catação manual e pulverização com óleo de Neem a 1% (v/v) (NEENMAX®). Nas folhas da salsinha ocorreu o desenvolvimento de Oídio (*Sphaerotheca fuliginea*), doença que foi controlada pela pulverização de uma mistura de leite de vaca cru a 5% (v/v) ou calda bordalesa a 0,2% (m/v).

O sistema automatizado de irrigação localizada funcionou adequadamente, atendendo à finalidade para qual foi projetado (Figura 3). Seu custo foi em torno de R\$ 350,00 reais por horta, sendo considerado baixo, quando comparado a implementação de sistemas convencionais de irrigação automatizada. Apesar do sistema estar sendo subutilizado em ambas as instituições, devido à pequena área irrigada, ele foi essencial para a viabilização do projeto, uma vez que não seria possível realizar a irrigação aos finais de semana e feriados, o que inviabilizaria o desenvolvimento das atividades.



Figura 3- Sistema de irrigação automatizado. A: Horta APAE. B: Horta EACG.
Fonte: ESF- Tupã (2019)

A oficina de culinária gerou bons resultados na APAE e EACG, os alunos ficaram satisfeitos com a receita de torta de espinafre e suco de couve com limão (Figura 4). Neste momento, os membros do ESF - Tupã aproveitaram para incentivar os alunos da EACG e APAE a manter uma alimentação saudável e nutritiva, utilizando os alimentos produzidos, por eles próprios, nas hortas escolares.



Figura 4 - Atividades de culinária. A: Alunos da APAE preparando torta de espinafre. B: Torta de espinafre assada.

Fonte: ESF- Tupã

A utilização da engenharia, como ferramenta de transformação social, permitiu o desenvolvimento humano dos alunos da APAE, EACG e do ESF - Tupã. Além disso,

as ações promovidas nas entidades proporcionaram um aumento do interesse das crianças em frequentar a universidade pública e futuramente ingressar em algum curso de graduação.

Por fim, os alunos de Engenharia de Biosistemas da UNESP - Tupã, puderam aplicar na prática as teorias aprendidas em sala de aula, através da interligação dos conhecimentos de diferentes disciplinas. Ademais, este modelo de projeto apresenta significativo impacto social, podendo ser seguido por outros núcleos do ESF e replicado em outras instituições espalhadas pelo país.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos principais do projeto foram alcançados, uma vez que este incentivou a prática de agricultura urbana em Tupã. Obviamente que as ações aqui descritas não resolverão, de todo, a falta de acesso, dos pobres e pessoas vulneráveis, a alimentos seguros, nutritivos e suficientes ao longo do ano, no entanto, representam o primeiro passo para que transformações futuras e significativas aconteçam.

O desenvolvimento e a produtividade das hortaliças cultivadas, em ambas as hortas escolares urbanas, superou todas as expectativas, demonstrando que a adoção das práticas agroecológicas de cultivo, combinadas a tecnologia de irrigação automatizada e localizada, permitiram a geração de um modelo de produção ecologicamente correto e viável tecnicamente.

Resgatando a horta de quintal servirá de modelo para a replicação em outros núcleos do ESF espalhados pelo Brasil e mundo, uma vez que, as tecnologias empregadas são de baixo custo, quando comparadas aos métodos tradicionais de cultivo, sendo passíveis de ampliação para áreas maiores, como, por exemplo, hortas comunitárias.

A realização do projeto contribuiu para a disseminação da prática de agricultura urbana entre os alunos da APAE, EACG e ESF - Tupã. As atividades realizadas nas escolas permitiram uma maior abertura com a comunidade, que foi incentivada a produzir alimentos seguros, nutritivos e em quantidade suficiente para a promoção de uma alimentação saudável.



REFERÊNCIAS

- CLEMENTE, F. M. V. T.; HABER, L. L. **Horta em pequenos espaços**. Brasília/DF: Embrapa, 2012.
- ENO, É. G. J.; LUNA, R. R.; LIMA, R. A. Horta na escola: incentivo ao cultivo e a interação com o meio ambiente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 1, jan./abr. 2015.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe 2017**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/publicaciones-audio-video/panorama/2017/es/>>. Acesso em: 26 Ago. 2019.
- FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Segurança alimentar e nutricional**, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/pt/hup/seguranca_alimentar.html>. Acesso em: 20 Ago. 2019.
- GLOBO RURAL. **Equipamento ajuda pequenos agricultores a economizar na irrigação**: Sistema permite economizar água, energia elétrica e tempo de trabalho. Com baixo custo e manutenção simples, é possível preservar a água. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2017/03/equipamento-ajuda-pequenos-agricultores-economizar-na-irrigacao.html>>. Acesso em: 26 Ago. 2019.
- HABER, Lenita L. Descrição das hortaliças. In: CLEMENTE, Flávia M.V.T. **Horta em pequenos espaços**. 1º ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 33-40.
- JORGE, M. H. A; JARD, W. F.; VAZ, A. P. A. **Como implantar e conduzir uma horta de pequeno porte**. Brasília/DF: Embrapa, 2012.
- MAGALHÃES, R. **Aumenta a fome e a insegurança alimentar no Brasil**. EcoDebate. São Leopoldo, 2017. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/569707-fome-inseguranca-alimentar-e-renda-per-capita-inferior-a-1-25-dolar-por-dia-a-realidade-de-muitos-brasileiros-entrevista-especial-com-rosana-magalhaes>>. Acesso em: 20 Ago. 2019.
- PLATAFORMA AGENDA 2030. **Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<http://www.agenda2030.com.br/ods/2/>>. Acesso em: 29 Ago. 2019.
- SANTOS, Adalberto T.D. et al. Cabana Sustentável: implantação de horta comunitária, sistema de captação de água de chuva e oficina de educação ambiental na comunidade Cabana do Pai Tomás em Belo Horizonte. In: V Congresso Brasileiro dos Engenheiros sem Fronteiras, 2018, Natal. **anais**. Belo Horizonte, 2018.



EFEITO ANTIMICROBIANO DE COMPOSTOS NATURAIS ESINTÉTICOS SOBRE COMUNIDADE MICROBIANA DETERIOGÊNICA DE BIODIESEL

ANTIMICROBIAL EFFECT OF NATURALS AND SYNTHETIC COMPOUNDS
ON A DETERIOGENIC MICROBIAL COMMUNITY

Juciana Clarice Cazarolli

Jhonata Rodrigues de Brito

Caroline Borges Agustini

Luisa Helena Cazarolli

Larissa Canhadas Bertan

Maria do Carmo Ruaro Peralba

Aline Silva Muniz

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira

Mariliz Gutterres Soares

Jorge Otávio Trierweiler

Luciane Ferreira Trierweiler

Fátima Menezes Bento

Resumo

Além de reações de natureza hidrolítica e oxidativa, que contribuem para alterações nas propriedades do biodiesel, em condições inadequadas de estocagem, o desenvolvimento microbiano pode resultar na formação de compostos solúveis, insolúveis e borras, que geram entupimentos e comprometimento da qualidade final do combustível. O uso de aditivos com capacidade de aumentar o tempo de prateleira do biodiesel, com relação à degradação oxidativa são conhecidos e comercializados. Algumas moléculas são reconhecidas na literatura puras e ou em combinação, por inibir ou eliminar o crescimento microbiano em combustíveis armazenados. O potencial antimicrobiano de aditivos de origem natural e sintética, foi avaliado com testes quanto ao desempenho desses produtos, com uma população microbiana autóctone oriundo de tanque de uma Usina de Biodiesel. Foram avaliados 12 produtos naturais e 4 produtos sintéticos, sendo que não foi observada atividade antimicrobiana, nem inibitória, tampouco biocida em nenhum dos produtos testados. Apenas um deles foi capaz de eliminar a população microbiana após 15 dias de contato, no entanto a concentração excedeu o limite imposto pela Resolução ANP nº. 45, de 2014, (5.000 ppm) para o uso em biodiesel puro.

Palavras chaves: extratos, microrganismos, biodiesel, óleo de pirólise.

Abstract

In addition to hydrolytic and oxidative reactions, which contribute to changes in the properties of biodiesel under inadequate storage conditions, microbial development can result in the formation of soluble, insoluble compounds and sludge, which generate clogging and compromise the final quality of the fuel. The use of additives capable of increasing the shelf life of biodiesel, in relation to oxidative degradation, is known and commercialized. Some molecules are recognized in the literature pure and or in mixture, for inhibiting or eliminating microbial growth in stored fuels. The antimicrobial potential of additives of natural and synthetic origin was evaluated regarding the performance of these products with an indigenous microbial population from the tank of a Biodiesel Plant. Twelve natural products and 4 synthetic products were evaluated, wherein no antimicrobial or inhibitory activity, nor biocide, in any of the tested products were observed. Only one of them was able to eliminate the microbial population after 15 days; however the concentration exceeded the limit of 5.000 ppm of additive for use in biodiesel, imposed by Resolution ANP nº 45/2014.

Keywords: extracts, microorganisms, biodiesel, pyrolysis oil.



1. INTRODUÇÃO

No Brasil, por meio da lei nº. 11.097, de 2005, o biodiesel vem sendo adicionado ao diesel de petróleo, de forma mandatória. Atualmente, a proporção de biodiesel no diesel comercializado no território brasileiro é de 12%, denominado B12, e a perspectiva no cenário nacional é que esse percentual aumente nos próximos anos. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o biodiesel é um combustível composto por álcoois ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, os quais são produzidos a partir de um processo conhecido como transesterificação e/ou esterificação, e cujas matérias primas podem ser material graxo, de gorduras de origem vegetal ou animal (ANP, 2014). A produção de biodiesel ocorre pela reação de um ácido graxo com um álcool, geralmente de cadeia curta (metílico ou etílico), denominada de transesterificação (Lôbo et al., 2009). A fonte de ácido graxo mais utilizada no território brasileiro é a soja, além dela, outras matérias primas também são utilizadas, estando entre elas a gordura animal e óleos residuais (Knothe et al., 2006; ANP, 2018). No estado do Rio Grande do Sul, o biodiesel puro B100 pode apresentar, dependendo da estação do ano, diferentes proporções quanto à origem do biocombustível, soja e sebo (Soares et al., 2014).

As propriedades e atributos dos combustíveis estão intimamente ligadas à sua composição química, ou seja, uma matéria prima com um perfil de ácidos graxos mais saturados tende a apresentar incoerências durante a exposição do biodiesel a temperaturas baixas (Lôbo et al., 2009; Banković-Ilić et al., 2014; Pinho et al., 2016; Ramos et al., 2017). Quanto maiores e mais saturadas as moléculas do ácido graxo, maior o número de cetano e a cristalização durante a exposição ao frio, a qual diminui a sua fluidez, dificultando a combustão do combustível (Banković-Ilić et al., 2014; Vargas et al., 2017). Por outro lado, ésteres saturados são mais resistentes à oxidação, demonstrando maior estabilidade durante o armazenamento (Kumar, 2017). O biodiesel somente é liberado para o mercado após passar por 24 análises especificadas pela Resolução ANP nº45, de 2014. Entre as análises exigidas estão: o teor de éster, a viscosidade cinemática a 40°C, a massa específica a 20°C, o teor de água, o índice de acidez, a estabilidade à oxidação a 110 °C, etc. Alguns parâmetros também são utilizados para avaliar o comportamento desses biocombustíveis em regiões de clima mais frio, entre eles Ponto de névoa (*cloud point*), Ponto de fluidez (*pour point*) e Ponto de entupimento de filtro a frio (*cold-filterplugging point*) (Moser, 2013).

Com o intuito de contornar problemas relacionados à estabilidade do biodiesel durante seu armazenamento, a utilização de aditivos químicos é amplamente indicada. Alguns aditivos melhoram as propriedades de fluidez a baixas temperaturas e, mesmo tendo sido desenvolvidos para o uso em combustíveis fósseis, apresentam eficácia também em combustíveis alternativos à base de gordura animal. Esses têm seu limite de aplicação em biodiesel fixado em resolução, a qual exige que



não se ultrapasse 5.000 ppm (Liu, 2015; ANP, 2014). Por ser composto por ésteres de ácidos graxos, o biodiesel possui maior degradabilidade do que o diesel, cujos constituintes são basicamente hidrocarbonetos de cadeias longas e, comparativamente, pode ser de mais difícil degradação no ambiente (Pinto et al., 2005; Mariano et al., 2008).

Em tanques de estocagem, uma vez estabelecida uma condição favorável o crescimento microbiano é iniciado, resultando no surgimento de uma massa biológica (lodo) no tanque de estocagem (Gaylarde et al., 1999; Van Hamme et al., 2003; Bückner et al., 2014; Bento et al., 2016; De Siqueira et al., 2019). Procedimentos como drenagens frequentes e limpeza dos tanques de armazenamento podem ser uma forma preventiva de controlar o crescimento microbiano e evitar o comprometimento da qualidade final do produto armazenado (Gaylarde et al., 1999; Bückner et al., 2011; Bento et al., 2016). O monitoramento da contaminação microbiana em combustíveis informa em que condições o armazenamento, se contaminado ou em condições aceitáveis. Neste sentido, a primeira Norma Brasileira ABNT 16732-19 (*Combustíveis líquidos e sistemas associados - Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana*) foi homologada, trazendo informações importantes ao setor.

O uso de biocidas, produtos químicos sintéticos (orgânicos e ou inorgânicos), puros ou em formulações com outras moléculas são uma medida química de controle, para eliminar ou inibir bactérias e fungos. Informações sobre a solubilidade na fase combustível e na fase aquosa, dosagens, toxicidade e biodegradabilidade, devem ser consideradas na escolha do produto (Gaylarde, 1985; Passman, 2003; Hill & Hill, 2008; Klinkspon, 2009; Siegert, 2009; Bento et al., 2016; Luz et al., 2018).

Os biocidas estão presentes em diversos produtos, desde os conhecidos agrotóxicos no controle de pragas na agricultura até a área cosmética como conservantes, além de fazerem parte da composição de produtos indicados para a prevenção de crescimento microbiano em superfícies em geral. Segundo Luz et al., (2018), a seleção do biocida para combustível também deve ser baseada na regulação vigente no país. A regulação nos Estados Unidos é realizada pela USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) que exige uma aprovação prévia de outro Órgão, que corresponde ao Programa de Pesticidas da USEPA. Na Europa, os biocidas são regulados pela Diretiva de Produtos Biocidas da União Europeia (EU- No 528/2012).

Segundo Peixoto (2016), o Brasil não possui uma legislação pertinente e específica para esse tipo de produto, nem ao menos uma definição legal presente em documentos regulatório, nenhum marco legal. O órgão que subsidia a utilização de substâncias com ação antimicrobiana (biocidas) na fabricação de alimentos e no uso em cosméticos, por exemplo é a ANVISA. Uma lista de substâncias conservantes em formulações cosméticas, são regulamentadas pela ANVISA, através da RDC nº 29/2012. Segundo Luz et al., 2018 para a ANP (Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis) os biocidas ou aditivos, não necessitam serem registrados

pela Agência, pois já respondem por aspectos regulatórios relacionados a qualidade, através de vários programas de monitoramento que protegem o interesse do consumidor final (Luz et al., 2018). Entre os grupos de compostos químicos indicados para uso em combustíveis estão as isotiazolonas, oxazolidinas, tiocianatos, morfolinás, oxaborinatos, tiocarbamatose antioxidantes fenólicos (Gaylarde, 1985; Passman, 2013; Bento et al., 2016; Suarez et al., 2018; Luz et al., 2018). Um composto natural reconhecidamente pela sua atividade antimicrobiana são os taninos, estruturas fenólicas de grande interesse econômico e ecológico (Monteiro et al., 2005; Agustini et al., 2018).

Neste sentido, o objetivo foi avaliar compostos naturais e artificiais (anticongelantes; antioxidantes) quanto a efetividade como antimicrobianos, visando inicialmente o uso em biodiesel utilizando comunidades microbianas autóctones (Norma ASTM E1259-18) de um tanque de armazenamento de biodiesel em Usina no RS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Compostos avaliados

Os compostos avaliados neste estudo foram obtidos junto a pesquisadores das Universidades Federais do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e Universidade Federal do Paraná (UFPR), totalizando 16 compostos, entre extratos naturais e produtos sintéticos (Tabela 1). Os ensaios foram realizados de duas formas: com caldo de cultivo (meio rico em nutrientes LB – Luria Bertani) e na condição simulada com biodiesel e meio mínimo mineral (MM). A forma de avaliação escolhida para cada aditivo foi dependente da solubilidade em biodiesel, quando não solúvel a ação antimicrobiana foi avaliada pelo meio de cultivo caldo LB. Os ensaios foram realizados de duas formas: com caldo de cultivo (meio rico em nutrientes LB – Luria Bertani) e na condição simulada com biodiesel e meio mínimo mineral (MM). A forma de avaliação escolhida para cada aditivo foi dependente da solubilidade em biodiesel, quando não solúvel a ação antimicrobiana foi avaliada pelo meio de cultivo caldo LB.

2.2 Seleção de Aditivos com Propriedades Antimicrobianas

Com o intuito de observar o potencial antimicrobiano dos aditivos selecionados foram conduzidos ensaios para determinação da concentração mínima inibitória (CMI) e concentração mínima biocida (CMB), em frascos de vidro esterilizados com 20 mL de capacidade (Figura 1).



2.3 Determinação da CMI e CMB

Soluções estoque de 12 a 4 gL⁻¹ (12.000 a 4.000 ppm) de cada aditivo em caldo LB – Luria Bertani (Himedia) – foram preparadas e então realizadas diluições sucessivas, a partir das quais concentrações entre 6 e 0,250 gL⁻¹ foram avaliadas. Um frasco contendo apenas caldo LB sem aditivos foi considerado a condição controle. Após as diluições foi adicionada a cada frasco uma alíquota de um inóculo não caracterizado na concentração de 10⁵ células mL⁻¹, preparado de acordo com a Norma ASTM E1259-18 adaptada para biodiesel. As análises foram realizadas durante 15 dias por meio da determinação da CIM, realizada visualmente tendo-se como critério a formação de biomassa/turbidez do meio LB. A determinação da CMB (concentração capaz de promover a inviabilidade celular e/ou dos esporos) foi realizada inoculando, em cada tempo amostral, uma alíquota do meio LB em placas de petri contendo meio de cultura para Contagem Celular (PCA) e meio de cultura para fungos Ágar Batata-Dextrose (BDA). Subsequentemente, as placas foram incubadas em estufa a 30°C por 24h. Para a avaliação em meio mineral e biodiesel, foram preparadas soluções estoque de 12 a 4 gL⁻¹ de cada aditivo em biodiesel de soja puro (B100) e então realizada uma diluição sucessiva, a partir das quais concentrações entre 6 e 0,250 gL⁻¹ foram avaliadas. Da mesma forma, um frasco contendo 6 mL de biodiesel sem os aditivos foi considerado a condição controle. Após as diluições foi adicionado a cada frasco 1,5 mL de meio mínimo mineral contendo um inóculo não caracterizado na concentração de 10⁵ células mL⁻¹, preparado de acordo com a Norma ASTM E1259-18 adaptada para biodiesel. As análises para a determinação da CIM e da CMB foram realizadas da mesma maneira que a descrita anteriormente para o meio LB. A biomassa formada pelos microrganismos presentes no inóculo ASTM na presença dos aditivos foi avaliada ao final dos 15 dias por meio do método gravimétrico, pelo qual ela foi filtrada em um sistema a vácuo em discos de papel filtro previamente pesados (Marca J.Prolab, gramatura 80, espessura 205 µm, porosidade 14 µm). Os discos contendo a biomassa foram colocados em estufa a 30°C durante 4 dias para secagem e após mantidos durante 24 h em dessecador. Após esse período, foram pesados em uma balança de precisão (Marca Marte, modelo AL200C). Para o cálculo da biomassa produzida os valores iniciais foram subtraídos dos pesos finais das membranas.

Produto testado pelo LABBIO	Estado Físico	Fonte de obtenção
Erva-mate (P) (folhas)	Pó	UFFS
Erva-mate (folha e galhos)	Pó	Erva-mate Laranjeiras
Jabuticaba (Casca da fruta)	Pó	Heide – Extratos vegetais
Alho (bulbo)	Pó	Active Farmacêutica
Limoneno	Líquido	Citrosuco
PA18HQ	Líquido	LEQUIPE
1MB3	Líquido	LEQUIPE
3MB3	Líquido	LEQUIPE
6MB3	Líquido	LEQUIPE

Tanino Quebracho	Pó	Silva Team
Tanino Castanheiro	Pó	Silva Team
Tanfood	Pó	TANAC
Tara Powder	Pó	Silva Team
Óleo de pirólise de eucalipto pelo método convencional (folhas)	Líquido	UFFS
Óleo de pirólise de eucalipto por microondas (folhas)	Líquido	UFFS
Óleo de pirólise de casca de arroz	Líquido	UFFS

Tabela 1 - Relação dos compostos testados quanto á atividade antimicrobiana.

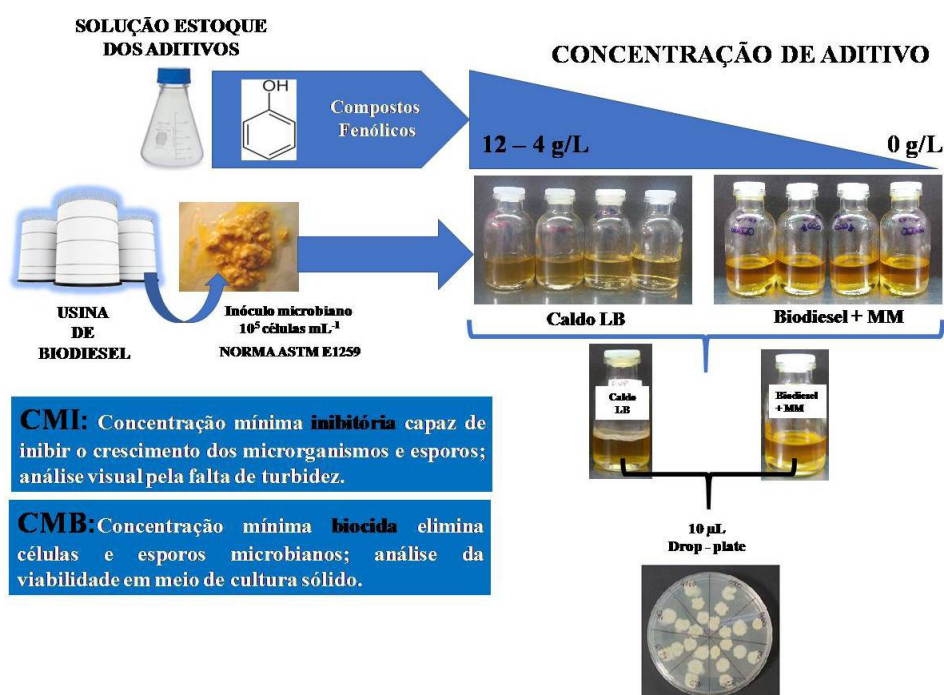


Figura 1 - Esquema ilustrativo da avaliação dos aditivos naturais e sintéticos (grupos diversos de compostos fenólicos) quanto ao potencial antimicrobiano sobre uma população microbiana nativa de um tanque de biodiesel (Norma ASTM E...). Etapas de diluições em caldo e biodiesel e viabilidade microbiana (técnica de drop-plate) para a determinação das CMI e CMB.

2.4 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com os dados da biomassa recuperada dos frascos ao final do experimento foram estatisticamente analisados com auxílio do software BioEstat Versão 5.0 (AnalystSoft). Análises de variância e Teste de Dunnett ao nível de 5% de significância foram realizados com o intuito de comparar os resultados obtidos para cada concentração de aditivo quanto ao controle, sem aditivo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 16 produtos testados nas condições pré-determinadas, 9 foram testados na condição com biodiesel e meio mineral pelo critério de solubilidade em biodiesel. Essa avaliação é uma tentativa de simular as condições de estocagem, com a microbiota presente em contato com o combustível e o aditivo. Os demais, os quais não puderam ser diluídos no biodiesel, foram avaliados com meio de cultura rico em nutrientes, condição ótima para o crescimento microbiano.

Os resultados observados para a concentração mínima inibitória e para a concentração mínima biocida para os compostos aditivos testados neste trabalho estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Pôde-se observar que após 4 h de contato, a maioria dos produtos testados, apresentou crescimento microbiano na maior concentração avaliada (2.000 ppm), turvando o meio LB ou o meio mínimo mineral, com exceção das amostras contendo Óleos de pirólise, Limoneno, PA18HQ e PA12A18HQ. Para todos os produtos testados após 24 h de contato, foi observado crescimento em todas as concentrações testadas (de 2000 à 0 ppm). Não foi possível determinar a CMI para os quatro taninos testados pois estes já demonstraram uma turbidez no momento da diluição sucessiva. Sendo assim, seguiu-se apenas com a CMB para a avaliação desses compostos. Para a maioria dos compostos duas diluições foram testadas, sendo que alguns aditivos, por disponibilidade de material, puderam ser testados em diluições mais concentradas (4.000 a 6.000 ppm). Os resultados observados na Tabela 3 indicam não haver ação antimicrobiana dos produtos testados sobre os microrganismos presentes no inóculo não caracterizado utilizado, conforme preconizado na Norma ASTM E1259-18 (orientação para avaliação de produtos antimicrobianos em combustíveis). Apenas para o composto proveniente de óleo de pirólise de casca de arroz foi possível observar a morte celular a partir dos 10 dias de contato do aditivo com a comunidade microbiana avaliada. Esse composto apresentou efetividade em controlar a contaminação microbiana quando utilizado na concentração de 6.000 ppm.

Produtos	Concentração Mínima Inibitória (CMI)						
	4h	10h	24h	72h	120h	240h	360h
Erva-mate (P)	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Erva-mate	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Jabuticaba	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Alho	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Limoneno	1000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
PA18HQ	1000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
PA12A18HQ	1000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
1MB3	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
6MB3	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Tanino Quebracho	-	-	-	-	-	-	-
Tanino Castanheiro	-	-	-	-	-	-	-
Tanfood	-	-	-	-	-	-	-
Tara Powder	-	-	-	-	-	-	-
Óleo de pirólise de eucalipto (convencional)	<750	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000
Óleo de pirólise de eucalipto (microondas)	<750	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000
Óleo de pirólise de casca de arroz (convencional)	<750	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000

Tabela 2 - Valores da Concentração Mínima Inibitória dos compostos naturais e sintéticos testados com um inóculo não caracterizado (ASTM E1259-18).

Apesar de ter tido resultados positivos, o uso desse óleo como um aditivo para o biodiesel, da forma como se apresenta, estaria descartado pois é visto que seu espectro de ação está acima do limite preconizado pela legislação (5.000 ppm - Resolução ANP nº. 45, de 2014). No entanto, não existe limite para o caso da de misturas com diesel.

Após 14 dias, os valores de peso seco relativos ao crescimento microbiano foram obtidos por filtração e estão apresentados na Figura 2. Os resultados para cada produto, e respectiva concentração, sugerem que a presença da maioria dos aditivos estimulou o crescimento microbiano, sendo que os maiores valores de biomassas foram observados nas concentrações mais altas aplicadas. Alguns trabalhos confirmam o potencial antimicrobiano de diversos compostos fenólicos cujos modos de ação envolvem a desnaturação de proteínas e a alteração da permeabilidade celular com comprometimento da membrana plasmática (Park et al., 2001; Almeida, 2007; Daglia, 2012; Chaaban et al., 2018).

O potencial de uso de extratos de erva-mate (*Ilexparaguariensis*) como antioxidantes e antimicrobianos já é bem discutido pela literatura (Burrisset al., 2012; Martin et al., 2013; Bisognin et al., 2019). O potencial antioxidante deve-se à composição dos extratos dessa planta, a qual inclui uma variedade de polifenóis, xantinas, derivados de cafeoil, saponinas e minerais (Burrisset al., 2012). O potencial

antimicrobiano foi detectado contra cepas de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Listeria monocytogenes* ATCC 07644, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076 e *Escherichia coli* ATCC 25922 (Martin et al., 2013).

Os autores identificaram os polifenóis como responsáveis pela ação antimicrobiana da erva-mate. Nossos resultados mostraram que a presença dos extratos de erva-mate promoveu o crescimento microbiano, pois foi verificado uma maior biomassa nos frascos contendo 2.000 ppm de erva-mate (6,10±0,20 mg) (P<0.05). No entanto, para as demais concentrações e para a erva-mate (fabricação própria – p) os valores obtidos não diferiram do controle (P>0,05). Para o extrato de jabuticaba, a biomassa recuperada dos frascos não se alterou quando comparada ao controle (P>0.05). Autores já identificaram que extratos dessa planta possuem altos teores de compostos fenólicos (Araújo et al., 2013). No entanto, quando frente à comunidade microbiana autóctone de biodiesel, esses não foram efetivos em controlar o crescimento microbiano.

Produtos	Concentração Mínima Biocida (CMB)						
	4h	10h	24h	72h	120h	240h	360h
Erva-mate (P)	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Erva-mate	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Jabuticaba	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Alho	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Limoneno	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
PA18HQ	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
PA12A18HQ	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
1MB3	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
6MB3	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Tanino Quebra-cho	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Tanino Castanheiro	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Tanfood	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Tara Powder	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000	>2000
Óleo de pirólise de eucalipto (convencional)	<750	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000
Óleo de pirólise de eucalipto (microondas)	<750	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000	>6000
Óleo de pirólise de casca de arroz (convencional)	<750	>6000	>6000	>6000	>6000	6000	6000

Tabela 3 - Valores da Concentração Mínima Biocida dos compostos naturais e sintéticos testados com um inóculo não caracterizado (conforme Norma ASTM E1259).

O extrato de alho demonstrou redução estatística nos valores de biomassa recuperados nos tratamentos aos quais foi aplicado, quando comparado com o controle sem aditivos. A efetividade de extratos de alho no controle do crescimento de cepas ATCC foi testada e a capacidade antimicrobiana de *Allium sativum* foi relacionada à variação do tipo de extrato, da concentração aplicada e do tipo de

microrganismo, sendo o composto alicina responsabilizado pelos resultados observados (Cavallito & Bailey, 1944; Felix et al., 2018).

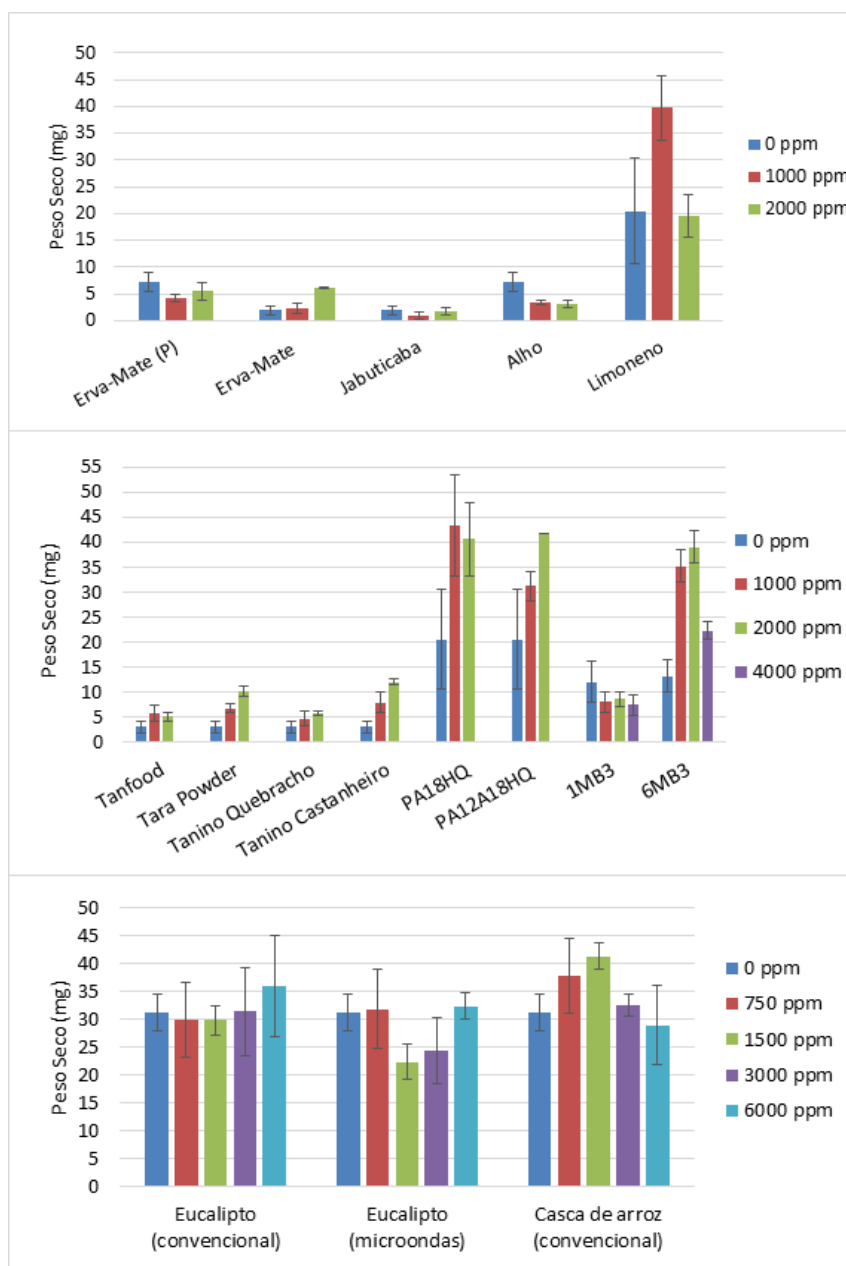


Figura 2 - Valores de biomassa recuperada dos frascos após 15 dias de incubação com os compostos testados.

Em nossos resultados foi observado um aumento na biomassa do tratamento com 1.000 ppm ($P < 0,05$), sugerindo que concentrações menores que 1.000 ppm podem ter sido utilizadas como fonte de nutrientes/carbono, que promoveu o crescimento dos microrganismos presentes no inóculo. Quando a dose utilizada foi duplicada para 2.000 ppm, a biomassa recuperada dos frascos alcançou valor próximo a condição controle (0 ppm) ($P > 0,05$). O limoneno é um terpeno monocíclico formado por duas unidades de isopreno (Ciriminna et al., 2014). Produzido na natureza como um metabólito secundário de plantas, esse composto é alvo de variados estudos que viabilizam seu uso como um aditivo de biodiesel (Mack et al.,

2014; Mewalal et al., 2017; Micheli et al., 2018). A biomassa recuperada dos frascos contendo 1.000 ppm de limoneno foi maior que o crescimento detectado para os frascos controle ($P < 0,05$), sendo que com 2.000 ppm igualaram a biomassa recuperada ao tratamento sem o aditivo, controle (condição sem aditivo ($P > 0,05$)). A degradação de limoneno e consequente uso de sua estrutura como fonte de carbono para o crescimento microbiano é extensivamente explorada pela literatura (Duetz et al., 2003; Marmulla & Harder, 2014). Desta forma, esse composto não apresentou potencial como aditivo antimicrobiano para uso em biodiesel.

Com base nos resultados apresentados, não foi observada atividade antimicrobiana dos taninos vegetais, alvos deste estudo, nas concentrações, nos tempos e nas condições avaliadas. Taninos são compostos fenólicos de grande interesse econômico e ecológico, apresentam solubilidade em água e são responsáveis pela adstringência de muitos frutos e produtos vegetais (Monteiro et al., 2005). Com sua composição basicamente fenólica, os taninos possuem alto potencial antimicrobiano, sendo que a concentração de taninos superior a $0,2 \text{ g L}^{-1}$ poderia inibir fortemente a atividade microbiana, enquanto 2 g L^{-1} de taninos cessariam completamente a atividade microbiana (Agustini et al., 2018).

No entanto, o crescimento de microrganismos, autóctones de um sistema de estocagem de biodiesel, na presença de taninos pode ser observado na Figura 2. Outra abordagem a ser utilizada consiste em modificações químicas nos próprios ésteres do biodiesel, as quais vêm chamando a atenção quanto ao potencial de uso como aditivos e que, junto ao biodiesel, teriam capacidade de controlar o crescimento de alguns microrganismos (Oliveira et al., 2017; Costa et al., 2018). O aditivo 1MB3 (Octadecanoato de metila-9-catecol) e o 6MB3 (Octadecanoato de metila-9-hidroquinona; derivado de biodiesel decanola puro) foram preparados a partir de ésteres de ácidos graxos, com a adição dos grupamentos catecol e hidroquinona, respectivamente (Muniz-Wypych, 2016). Pôde-se observar que doses menores que 4.000 ppm do aditivo 6MB3 foram responsáveis por induzir a formação de biomassa pela comunidade microbiana ($P < 0,05$). A partir de 4.000 ppm a biomassa recuperada foi igual a do controle ($P > 0,05$). O aditivo 1MB3 não apresentou diferenças entre as doses aplicadas e o tratamento controle ($P > 0,05$).

Elementos como o catecol são compostos fenólicos resultantes da degradação no ambiente de hidrocarbonetos aromáticos e lignina por microrganismos e o potencial antimicrobiano destes tem sido extensamente estudado (Schweigert et al., 2001; Amato et al., 2018). Dodos et al. (2017) observaram a ação antioxidante e antimicrobiana de 10 aditivos sintéticos e naturais, sendo que entre os naturais, compostos com derivados de pirocatecol, MCT (metil catecol) e TBC (tert-butilcatecol) provaram ser eficientes em inibir o crescimento microbiano da bactéria *Bacillus stearothermophilus* em biodiesel, semelhante ao comportamento observado para os aditivos sintéticos TBHQ e propilgalato (PG). No entanto, tal atividade não foi observada nas condições aplicadas em nosso estudo, durante o cultivo de microrganismos presentes no inóculo ASTM na presença de aditivos contendo esse grupamento. Os aditivos PA18HQ (poli[acrilato de oleíla]) e PA12A18HQ (poli[acrilato de

dodecila-co-acrilato de oleíla-co-acrilato de estearila]) foram sintetizados a partir da homopolimerização de monômeros acrílicos com a adição de hidroquinona (Muniz-Wypych, 2016). Para ambos aditivos, foram observados aumentos nos valores recuperados de peso seco quando comparados aos controles, não apresentando diferenças entre as doses aplicadas ($P > 0,05$).

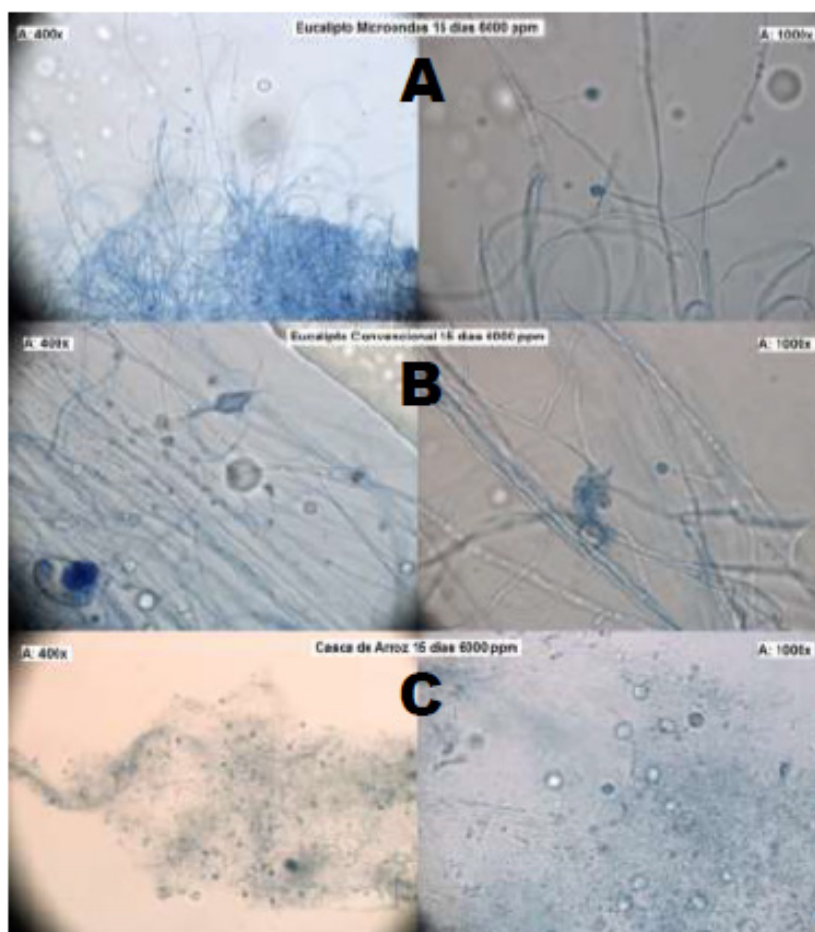


Figura 3. Imagem da biomassa observada sob microscopia óptica, após contato de 15 dias com óleos de pirólise produzidos a partir de eucalypto (A e B) e casca de arroz (C) na concentração de 6000 ppm. Foram observadas a ausência de hifas no tratamento Casca de Arroz, resultado concordante com o aspecto do crescimento microbiano dos frascos. Coloração com Azul de Lactofenol e Aumentos de 400x e 1.000x (imersão).

O TBHQ (terc-butilhidroquinona), aditivo antioxidante disponível comercialmente e amplamente recomendado, possui em sua composição o grupamento hidroquinona e já apresentou atividade antimicrobiana contra microrganismos isolados provenientes de tanques de estocagem de diesel e biodiesel (Jain & Sharma, 2010; Bekeret al., 2016a; Kleinberg et al., 2017). Bekeret al. (2016a) observaram o efeito antimicrobiano do aditivo TBHQ nas concentrações de 250 ppm, 500 ppm e 1.000 ppm no crescimento de *B. pumillus*, *P. boydii*, *C. guilliermondii* e *P. variotii*, respectivamente. No entanto, frente à comunidade microbiana presente no inóculo não caracterizado (Norma ASTM E1259-18), o TBHQ não apresentou efetividade em controlar ou inibir o crescimento dos microrganismos. Os valores de biomassa recuperados dos frascos dos tratamentos com óleo de pirólise, em todas as concentrações utilizadas, não diferiram dos controles, estatisticamente ($P > 0,05$). A aparência da biomassa avaliada por microscopia óptica é apresentada na Figura 3. O tratamento com óleo de pirólise de casca de arroz na concentração de 6.000 ppm

foi responsável pela morte celular de fungos e bactérias, sendo observada após 15 dias de contato do inóculo com o aditivo diluído em biodiesel. Pôde-se observar a ausência de hifas no tratamento com casca de arroz a 6.000 ppm após os 15 dias de incubação (Figura 3), quando comparados aos demais óleos de pirólise preparados a partir de biomassa de eucalipto, o que confirma que os componentes presentes naquele óleo de pirólise possuem potencial esporostático e esporicida sobre os fungos observados no inóculo ASTM.

A composição dos óleos de pirólise é dependente do tipo de biomassa utilizada como matéria prima. O bio-óleo produzido a partir da casca de arroz é semelhante a outros bio-óleos quanto à sua composição química, sendo constituída basicamente de água, alcanos, cetonas, ácidos carboxílicos, aldeídos, ésteres, compostos nitrogenados, compostos aromáticos, álcoois e éteres (Qiang et al., 2018). A avaliação de um bio-óleo como um antimicrobiano foi realizada por Beker et al. (2016b). Os autores observaram o potencial de ação antimicrobiana de um bio-óleo produzido a partir de óleo de soja, grãos de café e serragem de eucalipto quanto ao uso como um antimicrobiano aplicado à mistura de diesel B10 de 0 a 10%. Foi observado o controle do crescimento dos fungos *Paecilomycesvariotii* e *Candidasilvicola* com 4% de bio-óleo adicionado ao diesel. Para a bactéria *Bacilluspumilus* esse valor foi de 1%. Quando um inóculo não caracterizado foi utilizado, esse não apresentou crescimento a partir de 0,25%. Esses resultados sugerem que o óleo de pirólise possui capacidade de inibir o crescimento de vários tipos de microrganismos. O extrato de alecrim (*Rosmarinusofficinalis* L.) tem alto poder antioxidante e foi avaliado, ao ser aplicado em biodiesel, quanto à sua capacidade antioxidante e antimicrobiana (Ribeiro et al., 2016; Beker et al., 2016c). Beker et al. (2016c), avaliando o mesmo extrato contra microrganismos isolados de combustíveis, *Bacilluspumillus*, *Pseudomonasaeruginosa*, *Candidaguilliermondii*, *Paecilomycesvariotii* e um inóculo não-caracterizado (Norma ASTM 1259) em meio de cultura, não observaram efeito antimicrobiano em concentrações de 1.000 mg kg⁻¹.

Um produto antimicrobiano considerado ideal para uso em combustíveis deve apresentar características específicas, tais como: amplo espectro de ação antimicrobiana (eliminar fungos e bactérias), compatível com o combustível, coeficiente de partição tanto para a fase aquosa quanto oleosa, não ser corrosivo, manter o seu efeito na presença de outras substâncias, biodegradável e de baixo custo (Gaylarde et al., 1985, 1999; Yemanshova et al., 2007; Zimmer et al., 2011; Passman, 2013; Luz et al., 2018; Suarez et al., 2018). O uso de biocidas para controlar ou eliminar os microrganismos dos combustíveis são utilizados desde a década de 60, e uma lista de produtos aprovados pela Agência de Proteção Ambiental Americana, foi publicado por Passman (2003). Dentre os grupos de moléculas indicadas estão as misturas de isotiazolonas, oxazolidinas e morfolininas, tendo como principais efeitos observados na célula microbiana, a desnaturação de proteínas que comprometem funções vitais e a permeabilidade celular (Gaylarde et al., 1985; Passman, 2003; 2013;; Bento et al., 2016; Luz et al., 2018). Em nosso estudo, a maioria dos componentes avaliados pertenciam a uma mistura de componentes fenólicos. Quimicamente, o fenol consiste de uma anel benzênico ligado ao agrupamento hidroxila,

e os compostos fenólicos tem este grupo como parte de sua estrutura química, podendo ser encontrados naturalmente em plantas. O modo de ação de estruturas fenólicas envolve também, a desnaturação de proteínas e comprometimento das membranas celulares (Gaylarde et al., 1985).

No Brasil, embora o problema de contaminação microbiana em diesel estocado seja reconhecido como crônico, com a adição mandatória de biodiesel ao diesel por meio da lei nº11.097, de 2005, observou-se um maior desenvolvimento microbiano durante o armazenamento (Gaylarde et al., 1999; Bento et al., 2016; Luz et al., 2018; Suarez et al., 2018; De Siqueira, et al. 2019). A comunidade usuária de óleo diesel brasileiro, hoje com a mistura mínima de 12% e máxima de 15% de biodiesel permitido, reconhece as peculiaridades do biocombustível com relação a estabilidade ao armazenamento, procurando manter rotinas rígidas de drenagem, como uma forma preventiva. Embora a recomendação de controle químico da contaminação microbiana em combustíveis estocados seja o uso de biocidas, estudos sobre emissões; toxicidade dos produtos e seus efeitos na saúde humana não estão publicados, reforçando a necessidade do esforço para homologação desses compostos no combustível estocado (Gaylarde et al., 1999; Luz et al., 2018). A busca por alternativas menos impactantes vem direcionando as pesquisas para produtos de origem natural, sendo assim, ainda há muito que ser explorado. Os dados observados neste trabalho orientam quanto ao desempenho dos produtos testados, aditivos de origem natural ou sintética, com uma comunidade microbiana diversa conforme preconizado na Norma ASTM E1259, que é uma tentativa de simular a realidade encontrada em tanques de estocagem de combustíveis.

4. CONCLUSÕES

Dezesseis compostos foram avaliados quanto à sua capacidade antimicrobiana frente a um inóculo não caracterizado preparado de acordo com a norma E1259-18. Não foram observadas atividades bioestáticas (inibitórias) em nenhum dos produtos sobre a comunidade microbiana durante 15 dias de avaliação, nas condições aplicadas. Apenas para o óleo de pirólise produzido a partir de casca de arroz foi observado ação biocida ao final do experimento, na concentração de 6.000 ppm, inviabilizando-o como um aditivo de biodiesel puro pois excede o limite de aplicação imposto pela Resolução ANP nº. 45, de 2014 (5000 ppm) Os valores de biomassa recuperados dos frascos ao final do experimento sugerem que a presença dos aditivos em baixas concentrações ou subdosagens pode promover um incremento no crescimento microbiano, ao invés de inibi-lo ou eliminá-lo.



5. AGRADECIMENTOS

Ao LAB-BIO/UFRGS, ao CNPq e àCAPES pelas bolsas concedidas, e à Usina de biodiesel 3 Tentos.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2013, 24 de dezembro). Resolução ANP nº 50. **Diário Oficial da União**. Recuperado em 10 de janeiro de 2019, de <http://www.anp.gov.br>.
- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2014, 25 de agosto). Resolução ANP nº 45. **Diário Oficial da União**. Recuperado em 08 de janeiro de 2019, de <http://www.anp.gov.br>.
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2018). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP.
- Agustini, C. B., Spier, F., da Costa, M., &Gutterres, M. (2018). Biogas production for anaerobic co-digestion of tannery solid wastes under presence and absence of the tanning agent. **Resources, Conservation and Recycling**, 130, 51-59.
- Almeida, A. A. P. (2007). **Atividade antimicrobiana de extratos e de compostos fenólicos e nitrogenados do café**: avaliação in vitro e em modelo alimentar. Tese de Doutorado, Programa Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Amato, A., Migneco, L. M., Martinelli, A., Pietrelli, L., Piozzi, A., &Francolini, I. (2018). Antimicrobial activity of catechol functionalized-chitosan versus Staphylococcus epidermidis. **Carbohydrate polymers**, 179, 273-281.
- American Society for Testing and Materials. (2018). **ASTM E1259-18**: Standard Practice for Evaluation of Antimicrobials in Liquid Fuels Boiling Below 390 °C. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Araújo, C. R. R., Silva, T. D. M., Lopes, M., Villela, P., Alcântara, A. F. D. C., & Dessimoni-Pinto, N. A. V. (2013). Total antioxidant capacity, total phenolic content and mineral elements in the fruit peel of Myrciaria cauliflora. **Brazilian Journal of Food Technology**, 16(4), 301-309.
- Balaji, G., &Cheralathan, M. (2015). Experimental investigation of antioxidant effect on oxidation stability and emissions in a methyl ester of neem oil fueled DI diesel engine. **Renewable energy**, 74, 910-916.
- Banković-Ilić, I. B., Stojković, I. J., Stamenković, O. S., Veljkovic, V. B., & Hung, Y. T. (2014). Waste animal fats as feedstocks for biodiesel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 32, 238-254.
- Bautista, L. F., Vargas, C., González, N., Molina, M. C., Simarro, R., Salmerón, A. et al. (2016). Assessment of biocides and ultrasound treatment to avoid bacterial growth in diesel fuel. **Fuel Processing Technology**, 152, 56-63.
- Beker, S. A., Cavalcanti, E. H. S., Ribeiro, D. S., Souza, A. L., Queiroz, N., Santos, I. M. G., Bento, F. M. (2016a, novembro). Ação antimicrobiana de extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) sobre micro-organismos deteriorogênicos de diesel-biodiesel. **Anais do Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**, Natal, Rio Grande do Norte, 6.
- Beker, S. A., da Silva, Y. P., Bücker, F., Cazarolli, J. C., de Quadros, P. D., Peralba, M. D. C. R. et al. (2016b). Effect of different concentrations of tert-butylhydroquinone (TBHQ) on microbial growth and chemical stability of soybean biodiesel during simulated storage. **Fuel**, 184, 701-707.
- Beker, S. A., Machado, M. E., Maciel, G. P., Silva, R., Cataluña, R., Caramão, E. B., & Bento, F. M. (2016c). Antimicrobial potential of bio-oil for use in diesel oil B10. **J. Braz. Chem. Soc.**, 27(1), 91-98.
- Bento, F. M., Peralba, M. C. R., Ferrão, M. F., Zimmer, A. R., Azambuja, A. O., Barbosa, C. S. et al. (2016). Diagnóstico, Monitoramento e controle da contaminação microbiana em biodiesel e misturas durante o ar-



- mazenamento. In Pinho, D. M. M., & Suarez, P. A. Z. (Orgs.), **Armazenagem e Uso de Biodiesel: problemas associados e formas de controle**. (1a. ed.). Brasília: CDT, UNB.
- Borugadda, V. B., Dalai, A. K., & Ghosh, S. (2018). Effects of natural additives on performance of canola biodiesel and its structurally modified derivatives. **Industrial Crops and Products**, 125, 303-313.
- Brasil. **Lei n. 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm
- Bücker, F., Barbosa, C. S., Quadros, P. D., Bueno, M. K., Fiori, P., te Huang, C. et al. (2014). Fuel biodegradation and molecular characterization of microbial biofilms in stored diesel/biodiesel blend B10 and the effect of biocide. **International Biodeterioration & Biodegradation**, 95, 346-355.
- Bücker, F., Santestevan, N. A., Roesch, L. F., Jacques, R. J. S., Peralba, M. C. R., Camargo, F. A. O. et al. (2011). Impact of biodiesel on biodeterioration of stored Brazilian diesel oil. *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, 65, 172-178.
- Burris, K. P., Harte, F. M., Davidson, P. M., Stewart Jr, C. N., & Zivanovic, S. (2012). Composition and bioactive properties of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.): a review. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 72(2), 268-274.
- Cavallito, C. J., & Bailey, J. H. (1944). Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties and antibacterial action. **Journal of the American Chemical Society**, 66(11), 1950-1951.
- Cazarolli, J.; Boelter, G.; De Lima, A.; Hengles, T.; Correa, C.; Peralba, M.C.; Ferrão, M.; Cavalcanti, Eduardo; Bisol, Márcia; Bezerra, Kelly; Antoniosi Filho, Nelson; Bento, Fátima. Nature of Insoluble Material Found in the Bottom of Soybean Biodiesel Storage Tank: Chemical and Microbiological Approach. **Journal Of The Brazilian Chemical Society**, v. 29, p. 2034-2045, 2018.
- Chaaban, I., El Sayeda, M., El Razik, H. A. A., El Salamouni, N. S., Ghareeb, D. A., Wahab, A. E. A. (2018). Synthesis and evaluation of new phenolic derivatives as antimicrobial and antioxidant agents. **Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly**, 149(1), 127-139.
- Ciriminna, R., Lomeli-Rodriguez, M., Cara, P. D., Lopez-Sanchez, J. A., & Pagliaro, M. (2014). Limonene: a versatile chemical of the bioeconomy. **Chemical Communications**, 50(97), 15288-15296.
- Costa, K. P., Valle, S. F. D., Dos Santos, T. F., Rangel, E. T., Pinto, A. C., Suarez, P. A. et al. (2018). Synthesis and Evaluation of Biocide and Cetane Number Improver Additives for Biodiesel from Chemical Changes in Triacylglycerides. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 29(12), 2605-2615.
- Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. **Current opinion in biotechnology**, 23(2), 174-181.
- Dodos, G. S., Konstantakos, T., Longinos, S., & Zannikos, F. (2012). Effects of microbiological contamination in the quality of biodiesel fuels. **Global NEST Journal**, 14(2), 175-182.
- De Siqueira, C.E. H.; Zimmer, A. R.; Bento, F.M.; Ferrão, M.F. Chemical and microbial storage stability studies and shelf life determinations of commercial Brazilian biodiesels stored in carbon steel containers in subtropical conditions. **Fuel**, v. 236, p. 993-1007, 2019.
- Dodos, G. S., Tsesmeli, C. E., & Zannikos, F. (2017). Evaluation of the antimicrobial activity of synthetic and natural phenolic type antioxidants in biodiesel fuel. **Fuel**, 209, 150-161.
- Duetz, W. A., Bouwmeester, H., Van Beilen, J. B., & Witholt, B. (2003). Biotransformation of limonene by bacteria, fungi, yeasts, and plants. **Applied microbiology and biotechnology**, 61(4), 269-277.
- Felix, A. L. M., Medeiros, I. L., & Medeiros, F. D. (2018). *Allium Sativum*: a new approach to microbial resistance-a review. **Brazilian Journal of Health Review**, 1(1), 201-207.
- Garcia-Perez, M., Adams, T. T., Goodrum, J. W., Das, K. C., & Geller, D. P. (2010). DSC studies to evaluate the impact of bio-oil on cold flow properties and oxidation stability of bio-diesel. **Bioresource technology**, 101(15), 6219-6224.
- Gaylarde, C. Design, selection and use of biocides. In: **Bioextraction and Biodeterioration of metals**.



- Gaylarde, C. & Videla, H. (Ed.). Cambridge University Press, New York, 1985. 372p.
- Gaylarde, C. C., Bento, F. M., & Kelley, J. (1999). Microbial contamination of stored hydrocarbon fuels and its control. **Revista de microbiologia**, 30(1), 01-10.
- Guedes, R. E., Luna, A. S., & Torres, A. R. (2018). Operating parameters for bio-oil production in biomass pyrolysis: A review. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 129, 134-149.
- Harris, J. C., Cottrell, S., Plummer, S., & Lloyd, D. (2001). Antimicrobial properties of *Allium sativum* (garlic). **Applied microbiology and biotechnology**, 57(3), 282-286.
- Jain, S., & Sharma, M. P. (2010). Stability of biodiesel and its blends: a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, 14(2), 667-678.
- Kan, T., Strezov, V., & Evans, T. J. (2016). Lignocellulosic biomass pyrolysis: A review of product properties and effects of pyrolysis parameters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 57, 1126-1140.
- Kleinberg, M. N., Rios, M. A., Buarque, H. L., Parente, M. M., Cavalcante, C. L., & Luna, F. M. T. (2017). Influence of Synthetic and Natural Antioxidants on the Oxidation Stability of Beef Tallow Before Biodiesel Production. **Waste and Biomass Valorization**, 1, 1-7.
- Knothe, G. (2006). Analyzing biodiesel: standards and other methods. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 83(10), 823-833.
- Kumar, N. (2017). Oxidative stability of biodiesel: Causes, effects and prevention. **Fuel**, 190, 328-350.
- Liu, G. (2015). Development of low-temperature properties on biodiesel fuel: a review. **International Journal of Energy Research**, 39(10), 1295-1310.
- Lôbo, I. P., Ferreira, S. L. C., & Cruz, R. S. D. (2009). Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Quim. Nova**, 32(6), 1596-1608.
- Lu, Q., Yang, X. L., & Zhu, X. F. (2008). Analysis on chemical and physical properties of bio-oil pyrolyzed from rice husk. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 82(2), 191-198.
- Macedo, G. A., Matsuda, L. K., & Battestin, V. (2005). Seleção de fungos produtores de tanase em resíduos vegetais ricos em taninos. **Ciênc. agrotec.**, 29(4), 833-838.
- Mack, J. H., Rapp, V. H., Broeckelmann, M., Lee, T. S., & Dibble, R. W. (2014). Investigation of biofuels from microorganism metabolism for use as anti-knock additives. **Fuel**, 117, 939-943.
- Mariano, A. P., Tomasella, R. C., De Oliveira, L. M., Contiero, J., & De Angelis, D. D. F. (2008). Biodegradability of diesel and biodiesel blends. **African Journal of Biotechnology**, 7(9), 1323-1328.
- Marmulla, R., & Harder, J. (2014). Microbial monoterpene transformations—a review. **Frontiers in microbiology**, 5, 346.
- Martin, J. G. P., Porto, E., de Alencar, S. M., da Glória, E. M., Corrêa, C. B., & Cabral, I. S. R. (2013). Antimicrobial activity of yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) against food pathogens. **Revista Argentina de microbiologia**, 45(2), 93-98.
- Mewalal, R., Rai, D. K., Kainer, D., Chen, F., Külheim, C., Peter, G. F. et al. (2017). Plant-derived terpenes: A feedstock for specialty biofuels. **Trends in biotechnology**, 35(3), 227-240.
- Micheli, L. F., Módolo, D. L., & Pereira, L. E. R. (2018). Effects of the use of D-Limonene as na additive to diesel-biodiesel blends on exhaust gases composition of compression ignition engines. **Revista de Engenharia Térmica**, 17(2), 33-36.
- Milani, H. L. A., Teixeira, A. X. V., de Sousa, E. C., de Abreu, V. A., & Ninahuaman, M. F. M. L. (2016). Avaliação da atividade antimicrobiana in vitro do alho (*Allium sativum*) in natura. **Acta Scientiae Biological-Research**, 1(1), 47-58.
- Monteiro, J. M., Albuquerque, U. P., Araujo, E., & Amorim, E. L. C. (2005). Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, 28(5), 892-896.
- Moser, B. R. Biodiesel properties and alternative feedstocks. In Yang, S. T., El-Enshasy, H. A., Thongchul, N. (Eds). **Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals,**

and Polymers (pp. 205-234). Wiley.

Moura, K. R. M., Silva, F. C., & Souza, A. (2007). Estabilidade térmica do sebo bovino e do biodiesel metílico e caracterização. **Revista Biodiesel**, 13, 34-36.

Muniz-Wypych, A. S. (2016). **Desenvolvimento de aditivos bifuncionais de ação antioxidante e anticongelante para biodiesel**. Tese de Doutorado, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

Oliveira, R. S., Machado, P. M. A., Ramalho, H. F., Rangel, E. T., Suarez, P. A. Z. (2017). Acylation of epoxidized soybean biodiesel catalyzed by SnO/Al₂O₃ and evaluation of physical chemical and biologic activity of the product. **Industrial Crops and Products**, 104, 201-209.

Park, E. S., Moon, W. S., Song, M. J., Kim, M. N., Chung, K. H., & Yoon, J. S. (2001). Antimicrobial activity of phenol and benzoic acid derivatives. **International biodeterioration & biodegradation**, 47(4), 209-214.

Passman, F. (2000, September). New guides for diagnosing and controlling microbial contamination in fuel and fuel systems. **International Conference in Stability, Handling, and Use of Liquid Fuels** (pp. 24-29), Spain, 7.

Passman, F. J. (2013). Microbial contamination and its control in fuels and fuel systems since 1980—a review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, 81, 88-104.

Passman, F. J. (Ed.) (2003). **Fuel and Fuel System Microbiology: Fundamentals, Diagnosis, and Contamination Control**. ASTM.

Passman, F., & Dobranick, J. K. (2005, September). Relative biodegradability of B-100 biodiesel and conventional low sulfur diesel fuels. **Proceedings of the International Conference in Stability, Handling, and Use of Liquid Fuels** (pp. 18-22), Sitges, Spain, 9.

Peixoto, M.S. **Biocidas no Brasil: falta marco legal**. Pagina acessada em 10 de março 2020 <http://www.ambientelegal.com.br/biocidas-no-brasil-falta-marco-legal/>

Pinho, D. M. M., Suarez, P. A. Z., Meneghetti, S. M. P., & Rangel, E. T. (2016). Problemas de formação de borras durante a estocagem verificados após a obrigatoriedade do biodiesel e as possíveis causas. In Pinho, D. M. M., & Suarez, P. A. Z. (Orgs.), **Armazenagem e Uso de Biodiesel: problemas associados e formas de controle**. (1a. ed.). Brasília: CDT, UNB.

Pinto, A. C., Guarieiro, L. L., Rezende, M. J., Ribeiro, N. M., Torres, E. A., Lopes, W. A. et al. (2005). Biodiesel: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 16(6B), 1313-1330.

Pinto, L. M., de Souza, A. L., Souza, A. G., Santos, I. M., & Queiroz, N. (2015). Comparative evaluation of the effect of antioxidants added into peanut (*Arachis hypogaea* L.) oil biodiesel by P-DSC and rancimat. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 120(1), 277-282.

Prigione, V., Spina, F., Tigini, V., Giovando, S., & Varese, G. C. (2018). Biotransformation of industrial tannins by filamentous fungi. **Applied microbiology and biotechnology**, 102(24), 10361-10375.

Ramalho, H. F., Ferreira, K., Machado, P., Silva, T. B., Rangel, E. T., Prauchner, M. J. et al. (2016). Production of additives with antimicrobial activity via tandem hydroformylation-amine condensation of soybean FAME using an ionic liquid-based biphasic catalytic system. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 27(2), 321-333.

Ramos, L. P., Kothe, V., César-Oliveira, M. A. F., Muniz-Wypych, A. S., Nakagaki, S., Krieger, N. et al. (2017). Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Rev. Virtual Quim**, 9(1), 317-369.

Ribeiro, D. S., Nobre, T. S., Andrade, F. M. M., Costa, M. F. C., Queiroz, N., Santos, I. M. G. et al. (2016). Extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em composição binária com TBHQ no controle da oxidação do biodiesel de algodão durante estocagem. In Neto, P. C., Fraga, A. C., Menezes, R. S., & Ramos, G. L. (Eds.) **Biodiesel: 10 anos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil**. **Anais – Trabalhos científicos**. 6º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 9º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel (Vol. 2, pp. 1003-1004). Natal.

Schweigert, N., Zehnder, A. J., & Eggen, R. I. (2001). Chemical properties of catechols and their molecular modes of toxic action in cells, from microorganisms to mammals: Minireview. **Environmental microbio-**



logy, 3(2), 81-91.

Soares, I. P., Laviola, B. G., Schultz, E. L., de Almeida, J. R. M., Favaro, L. D. L., Damaso, M. C. T. et al. (2014). **Biodiesel**: desafios e oportunidades. Comunicado Técnico 08. Brasília, DF: Embrapa.

Sousa, L. S., de Moura, C. V. R., de Oliveira, J. E., & de Moura, E. M. (2014). Use of natural antioxidants in soybean biodiesel. **Fuel**, 134, 420-428.

Van Hamme, J. D., Singh, A., & Ward, O. P. (2003). Recent Advances in Petroleum Microbiology. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.**, 67(4), 503-549.

Vargas, B. S., Lissner, L. A., & Meth, S. (2017). Características Físico-Químicas do Biodiesel conforme Especificações da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Revista da Mostra de Trabalhos de Conclusão de Curso Congrega Urcamp**, 1, 317-327.

Yemanshova, N. A., Murygina, V. P., Zhukov, D. V., Zakharyantz, A. A., Gladchenko, M. A., Appanna, V. et al. (2007). Biodeterioration of crude oil and oil derived products: a review. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, Dordrecht, 6(4), 315-337.

Zhang, Q., Chang, J., Wang, T., & Xu, Y. (2007). Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. **Energy Conversion and Management**, 48(1), 87-92.

Zimmer, A. R., Oliboni, A., Viscardi, S. L., Teixeira, R. M., Ferrão, M. F., & Bento, F. M. (2017). Biodiesel blend (B10) treated with a multifunctional additive (biocide) under simulated stored conditions: a field and lab scale monitoring. **Biofuel Research Journal**, 4(2), 627-636.

Zimmer, A., Cazarolli, J., Teixeira, R. M., Viscardi, S. L. C., Cavalcanti, E. S. H., Gerbase, A. E. et al. (2013). Monitoring of efficacy of antimicrobial products during 60 days storage simulation of diesel (B0), biodiesel (B100) and blends (B7 and B10). **Fuel**, 112, 153-162.



**ASCENSÃO DO NÍVEL FREÁTICO
NO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS
ARTIFICIAIS: IMPACTOS E
PROPOSTAS DE MEDIDAS
MITIGATÓRIAS**

RAISING THE LEVEL OF GROUNDWATER AROUND ARTIFICIAL
RESERVOIRS: IMPACTS AND PROPOSALS OF MITIGATORY MEASURES

José Eloi Guimarães Campos

Vagney Aparecido Augusto

André Walczuk Gomes

Marcio da Rosa Magalhães Bessa

Guilherme Neiva Rodrigues Oliveira

Resumo

Inúmeros impactos ambientais devido à formação de reservatórios artificiais de hidrelétricas, especificamente vinculados à hidrogeologia, são reportados na literatura acadêmica e em relatórios técnicos. Neste trabalho, são apresentados alguns problemas decorrentes da elevação artificial do nível freático que são pouco conhecidos e desconsiderados em diferentes estudos. Dentre os aspectos intervenientes, os principais parâmetros que controlam a elevação dos níveis das águas subterrâneas nas áreas marginais aos reservatórios são: declividade, tipos de materiais e profundidade natural do nível freático. As heterogeneidades naturais do subsolo são pouco consideradas nos estudos de modelagem e isso pode gerar resultados inconsistentes. Neste caso, devem ser considerados: presença de aquíferos suspensos, aquíferos confinados ou semiconfinados, variação lateral de condutividade hidráulica e variação das espessuras dos aquíferos. Para avaliação dos impactos, ainda devem ser consideradas as variações sazonais dos níveis freáticos, a diminuição do gradiente hidráulico gerado pela elevação dos níveis d'água e os efeitos da ascensão capilar como causa geradora de patologias geotécnicas, além de problemas ambientais.

Palavras chave: Aquífero livre, capilaridade, carga hidráulica.

Abstract

Several environmental impacts due to artificial reservoirs formation for hydroelectric plants operation, specifically linked to hydrogeology, are reported in the academic literature and in technical reports. In this paper are presented some problems arising from artificial elevation of the water table that are little known and not commonly considered in different studies. Among the aspects involved are considered the main parameters that control the elevation of the levels in the marginal areas to reservoirs: declivity, types of materials and natural depth of the water table. The aquifers heterogeneities are barely considered in modeling studies and can cause inconsistent results. In this case, must be considered: presence of perched aquifers, confined or semiconfined aquifers, lateral variation of hydraulic conductivity and aquifers thickness variation. For impact assessment should still be considered seasonal variations of water table levels, the decrease in the hydraulic gradient generated by rising of water table and the effects of capillary rising causing geotechnical pathogens.

Keywords: Free aquifer, capillarity, hydraulic charge.



1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos efeitos negativos associados à formação de reservatórios artificiais, principalmente para operação de hidrelétricas é reconhecida e considerada em estudos ambientais. Dentre as principais publicações a este respeito se destacam os trabalhos de Albuquerque Filho (2002) e Albuquerque Filho et al. (2001 e 2010).

A elevação artificial dos níveis freáticos potencialmente causa os seguintes impactos diretos ou indiretos: risco de desenvolvimento de patologias geotécnicas em edificações, contaminação dos aquíferos, afogamento de sepulturas e fossas sépticas, geração de áreas úmidas ou de áreas permanentemente encharcadas, supressão de vegetação não adaptada a umidade elevada, desestabilização de encostas marginais (principalmente na região de remanso do reservatório) e afogamento de cavidades naturais na zona não saturada (cavernas vadasas).

Entretanto, alguns impactos não tem sido comumente reportados e podem gerar efeitos que afetam a infraestrutura instalada, o escoamento natural das águas subterrâneas (principalmente na componente de interfluxo), a salubridade ambiental de populações afetadas e os sistemas de saneamento in situ (mesmo quando não afogam fossas e sumidouros).

O objetivo deste trabalho é avaliar alguns destes efeitos e apresentar medidas que possam minimizá-los (quando possível) e algumas de suas implicações.

2. RELAÇÕES ENTRE NÍVEL DO RESERVATÓRIO E NÍVEL FREÁTICO

A elevação artificial do nível da lâmina d'água pelo represamento e consequente formação de reservatório resulta na elevação dos níveis freáticos dos aquíferos rasos que se encontram em conexão hidráulica com o reservatório. Esta elevação ocorre de forma restrita à faixa marginal do reservatório, e não de forma generalizada a grandes distâncias da orla (Figura 1). A largura da faixa que sofre elevação é função da interação de quatro fatores principais:

- altura da elevação da lâmina d'água do rio;
- declividade do terreno;
- profundidade original do nível freático e
- natureza do material que compõe o aquífero.



A elevação do nível freático é diretamente proporcional à elevação da lâmina d'água do rio. Nas áreas próximas ao barramento, a elevação será mais importante que nas áreas de remanso, de forma que nas áreas em que o rio praticamente não sai de seu canal natural a elevação do freático é da ordem de centímetros. Nestes casos, o nível do aquífero se estabiliza aproximadamente à condição das vazões máximas do rio (em que ocorria a elevação natural da lâmina d'água do rio).

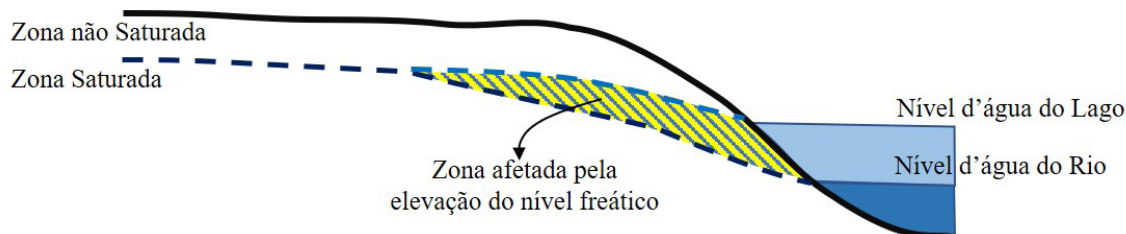


Figura 1. Ilustração esquemática mostrando que a elevação artificial do nível freático se dá de forma limitada à orla do reservatório (lago), sendo maior junto à margem e diminuindo progressivamente quando se afasta da margem.

A declividade do terreno funciona de forma inversa com relação à elevação do nível d'água, de forma que, quanto maior a declividade, menor a elevação e menor a largura da faixa afetada pela elevação da lâmina d'água no rio. Em faixas de terreno pouco íngremes e planas, as áreas afetadas pela elevação podem superar 200 metros da orla (Figura 2).

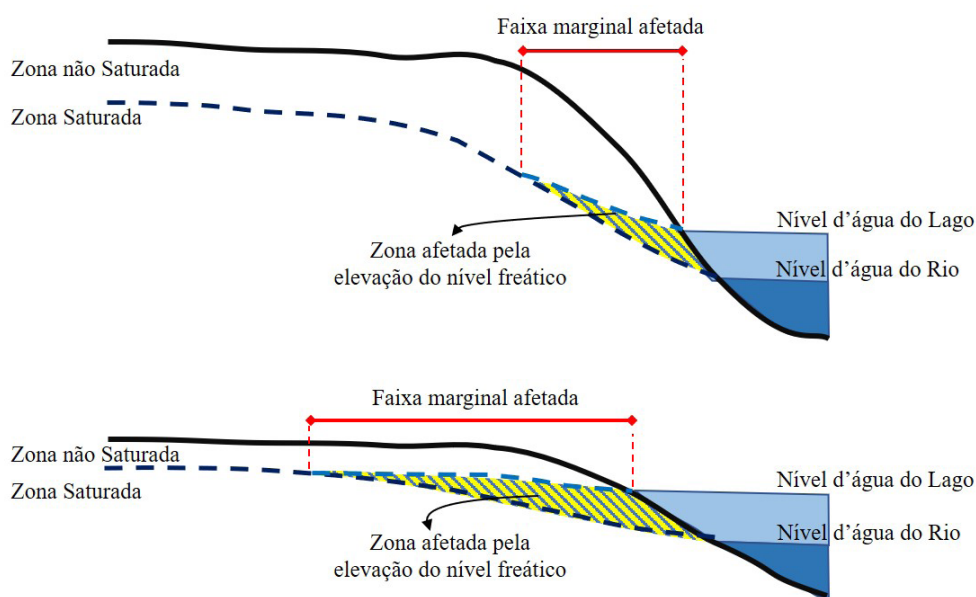


Figura 2. Apresentação gráfica do controle da declividade na determinação da faixa afetada pela elevação artificial do nível freático devido à formação do reservatório (lago).

A faixa que sofre interferência dependerá da profundidade original do nível freático, pois em áreas com níveis freáticos rasos, níveis menores de sobrelevação do topo da superfície saturada do aquífero já se tornam representativos e podem causar efeitos deletérios em fundações de edificações.

A natureza do material se refere às diferenças granulométricas que compõem o arcabouço do aquífero, que são classificadas como argila, silte, areias (fina e grossa) e cascalhos. Quanto menor o tamanho dos grãos maior será a elevação em resposta à subida da lâmina d'água do rio (MANOEL FILHO, 2008). Em locais do-

minados por cascalhos, a elevação fica restrita à subida da zona saturada e o efeito da capilaridade que é mínimo ou desprezível. Em locais em que dominam lamias (silte e argila), a elevação por capilaridade é máxima, o que resulta em elevações consideráveis da superfície freática (que pode alcançar mais de 2 metros).

3. CAUSAS DAS HETEROGENEIDADES DOS AQUÍFEROS

As heterogeneidades e anisotropias dos aquíferos aumentam a complexidade dos sistemas e causam a superposição de superfícies potenciométricas de diferentes reservatórios. Nos sistemas relacionados às áreas urbanas, a principal heterogeneidade é a presença de camadas impermeáveis a diferentes profundidades que resultam na formação de aquíferos suspensos. A manutenção de zonas saturadas dentro da porção vadosa dos aquíferos regionais causa a manutenção de níveis freáticos rasos em contraste lateral a níveis freáticos regionais mais profundos (Figura 3).

Dependendo da localização dos aquíferos suspensos, os níveis rasos podem coincidir com elevações ou depressões da topografia.

Os sistemas suspensos dificultam a modelagem previsional da elevação artificial dos aquíferos, bem como sua modelagem matemática, pois os softwares desenvolvidos para esta finalidade são apenas aplicados para aquíferos homogêneos e isotrópicos.

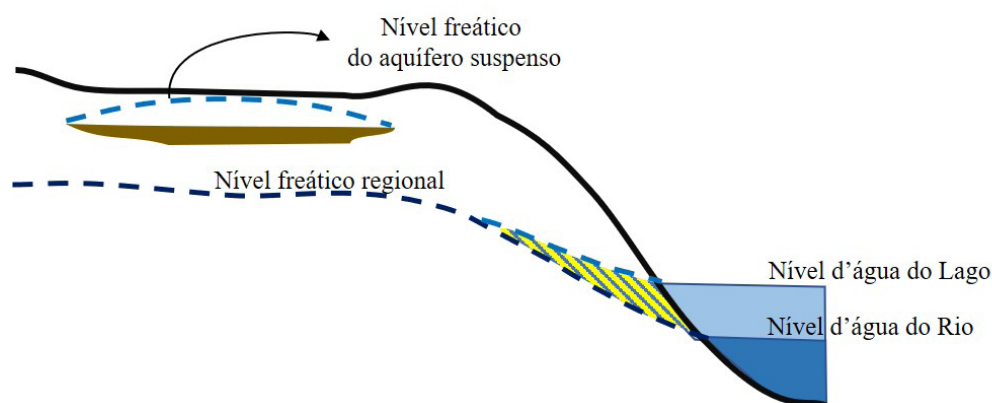


Figura 3. Exemplo de aquífero suspenso condicionado à camada de rocha impermeável na zona não saturada do aquífero regional, cujo exutório é o sistema rio-reservatório.

No caso da presença de camadas impermeáveis e manutenção de aquíferos suspensos em situações de elevação artificial por represamento de rios, o principal problema observado é a diminuição do gradiente hidráulico local, o que pode manter o nível elevado por maior intervalo de tempo (inclusive nos meses mais secos do ano), mesmo a maiores distâncias do reservatório (Figura 4). Esta condição pode manter áreas permanentemente úmidas, causando problemas de salubridade ambiental em residências de áreas urbanas e eventualmente problemas de patologias geotécnicas em obras com fragilidade de estruturas e fundações.

Como ocorre a diminuição do gradiente da carga hidráulica, há diminuição da velocidade do fluxo, pois a velocidade média linear de fluxo é diretamente proporcional ao desnível da superfície potenciométrica, conforme equação seguinte (velocidade de Darcy):

$$V = K * \text{Grad } h / \eta e; \quad (1)$$

Onde: V = velocidade linear média de fluxo no aquífero; K = condutividade hidráulica do meio; $\text{Grad } h$ = gradiente da carga hidráulica ($\Delta h/\Delta s$) e ηe = porosidade efetiva. Como a condutividade hidráulica e a porosidade efetiva não mudam com a elevação do nível do rio, a velocidade é controlada pela elevação da lâmina d'água. Este efeito pode ser sentido inclusive em locais em que não houve influência da elevação do nível freático.

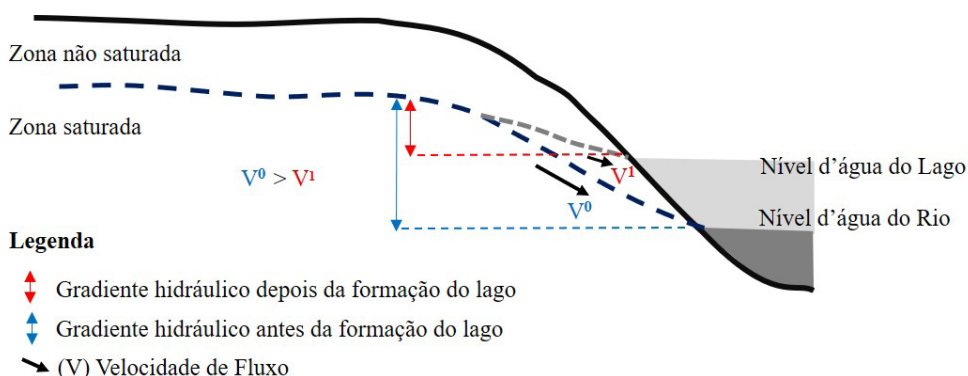


Figura 4. Figura ilustrativa da diminuição do gradiente hidráulico devido à elevação da cota do exutório. Neste caso a descarga do aquífero será mais lenta mesmo fora da zona afetada pela elevação do nível freático.

4. VARIAÇÕES SAZONAIS EM FUNÇÃO DAS RECARGAS

No funcionamento hídrico de um aquífero há variação sazonal da carga hidráulica do nível freático devido à alternância de períodos mais chuvosos e secos (Figura 5). Este comportamento ocorre em sistemas naturais ou em sistemas afetados por elevação artificial.

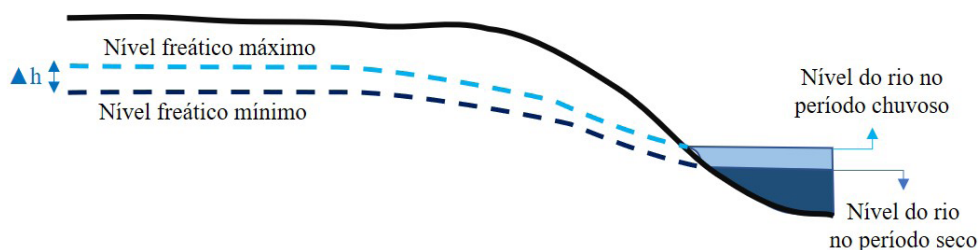


Figura 5. Seção que mostra que a variação sazonal do nível freático comporta-se de forma homogênea com relação ao relevo local (considerando sistema homogêneo e isotrópico).

A variação anual é função do volume de chuva e de sua distribuição espaço-temporal; da porosidade efetiva do meio; da vazão de descarga do aquífero e do gradiente hidráulico local (HEALY & COOK, 2002; NIMMO ET AL., 2015).

De forma geral, quanto maior a altura pluviométrica maior é a variação anual. Caso o período seco seja muito amplo, há uma tendência de diminuição do Δh em decorrência das perdas por evapotranspiração e pela demanda hídrica da vegetação, além de atraso no estabelecimento de condições de umidade em que a água se torna livre para percolar em um meio poroso.

Quanto menor a porosidade efetiva do meio, maior a elevação e o Δh do nível freático, pois os espaços vazios interconectados são menores e um mesmo volume de água necessita de maior volume de aquífero para ocupação dos vazios.

A vazão de descarga do aquífero é diretamente proporcional à variação anual do nível freático de forma que, quanto maior a descarga, mais contrastante é o nível mínimo, contribuindo, portanto, para aumentar a variação absoluta.

O gradiente hidráulico também apresenta relação direta com o Δh do nível freático, resultando em maiores variações nos locais com maiores declividades do terreno (maior gradiente) e em variações mais discretas (muitas vezes menores que 1 metro) nos locais muito planos e com baixa declividade (que resultam em restritos gradientes hidráulicos).

5. PROPOSTAS DE MEDIDAS MITIGATÓRIAS

Cinco ações, a seguir detalhadas, são consideradas para minimizar os impactos da elevação artificial dos níveis freáticos: implantação de reforços estruturais; preenchimento de fendas; interrupção da operação de cemitérios; implantação de sistema adequado de saneamento in situ; além de remoção e reconstrução de edificações.

5.1 Implantação de reforços estruturais

As técnicas convencionais de reforços estruturais são comumente aplicadas a pilares, vigas e lajes, como, por exemplo, apresentado por Piancastelli (1997). Contudo, em regiões urbanas submetidas a elevação artificial do nível freático, em que existem edificações consideradas pouco convencionais, sem estruturas em concreto incluindo vigas, pilares e lajes podem ser desenvolvidas patologias geotécnicas graves. Na maior parte dos casos em que há patologias nas edificações, as obras são erguidas sobre baldrame de pedra ou vigas horizontais sem associação com pilares.

Desta forma, os reforços estruturais, quando afetos a questões relacionadas com a formação do reservatório, deverão seguir diretrizes específicas, mesmo porque as formas tradicionais de reforçar estruturas são muito dispendiosas e técnica-



mente complexas. Assim, os reforços devem ser aplicados na forma de ampliação de sapatas com concreto armado e revestimento de baldrame com encapsulamento da estrutura com concreto armado.

Para cada caso devem ser consideradas as possibilidades dos reforços de vigas serem por encamisamento ou por cintamento. As vigas devem ter reforços às diferentes forças atuantes, como a flexão, cisalhamento e torção. As fundações devem ser protegidas por ampliação da sapata, estaqueamento ou por injeção de concreto.

5.2 Preenchimento de Fendas

Para os casos em que a evolução das patologias for solucionada com a eliminação dos processos causadores e/ou por reforços estruturais, as fendas devem ser preenchidas e os revestimentos de paredes completados, incorporando-se a utilização de telas ou não, conforme o caso. Esta ação deverá limitar a evolução dos processos de queda de rebocos e ampliação das fendas.

Para o preenchimento deve ser aplicada argamassa com traço forte com preenchimento total das fendas. No caso de reboco em paredes de adobe, um chapisco com traço de argamassa com pedrisco deve ser implantada antes do reposicionamento do reboco. Esta ação visa aumentar a aderência em superfícies de materiais com alto contraste físico, incluindo aspectos de dilatação e resposta distinta à carga.

5.3 Interrupção definitiva de novos sepultamentos nos cemitérios

Segundo a Resolução CONAMA nº 368, publicada em 29/03/2006, o nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação chuvosa.

Desta forma a operação dos cemitérios localizados em áreas em que a elevação do nível freático foi crítica deve ser interrompida, pois a maior parte de sua área e adjacências permanece com níveis freáticos mais rasos que 1 metro no pico do período chuvoso do ano.

Mesmo considerando as questões culturais e religiosas, os órgãos licenciadores e o poder público local devem concentrar esforços no sentido de interromper definitivamente os sepultamentos nas áreas afetadas. Os órgãos ambientais devem emitir pareceres e resoluções com a determinação de interrupção definitiva de manutenção dos sepultamentos nas áreas afetadas e o poder público local deverá ser incumbido da fiscalização e execução das determinações.



5.4 Limpeza e extravasamento de fossas existentes e implantação de sistemas adequados de saneamento *in situ*

Nos locais em que comprovadamente os níveis freáticos originalmente profundos foram elevados para profundidades menores que 1,5 metro, com consequente afogamento de fossas, entende-se que novos sistemas de saneamento *in situ* ou coletivos devem ser implantados para solução dos problemas de moradia nestes locais.

O saneamento *in situ* é feito basicamente de duas formas: sistema de fossa e sumidouro ou sistema de fossa e vala de infiltração. No saneamento *in situ* a fossa séptica é representada por uma caixa impermeável, geralmente construída em alvenaria ou em concreto armado. Esta caixa recebe todo o efluente gerado pelos ocupantes da residência, incluindo descarga sanitária, banho, cozinha e pia sanitária. Sua função é de depuração primária do efluente, em geral sob ação de bactérias. Como o volume de líquido é maior que o volume de sólidos (lodo) esta caixa rapidamente fica saturada e o líquido é direcionado para o sumidouro ou vala de infiltração e é infiltrado na zona não saturada do aquífero.

O uso de sumidouro ou vala de infiltração é determinado pela profundidade do nível freático. Quando a zona saturada é profunda, o sumidouro é instalado, pois há maior capacidade de infiltração, minimizando os riscos de contaminação e saturação. Para os casos em que o nível é raso ou muito raso (menor que 1,5 metros) ou que os solos são muito impermeáveis (condutividade hidráulica menor que 10^{-6} m/s), a alternativa é instalar o sistema de vala de infiltração. Neste caso, a infiltração é mais horizontal que vertical, mas há dissipação do efluente previamente depurado, evitando odores e saturação superficial do solo.

O sumidouro é representado por uma caixa construída com tijolos espaçados que permite a infiltração vertical e lateral do líquido oriundo da fossa séptica. A vala de infiltração é um sistema de trincheira com uma tubulação perfurada no seu interior e recoberta por material de alta permeabilidade (brita ou cascalho de seixo).

5.5 Remoção e reconstrução

Para as situações extremas, que comprovadamente sejam relacionadas com elevação do lençol freático e em que se mostrem ineficazes as intervenções potenciais anteriores relacionadas, e onde há risco iminente de colapso da edificação, a solução mais adequada deverá ser a remoção e reconstrução da edificação afetada ou indenização.

Observações: para casos de barragens artificiais em áreas rurais, para fins



agrícolas, piscicultura e outros, deve-se atentar quanto a proximidade do reservatório em relação às áreas com dejetos de animais, bacias de contenção, depósitos de alimentos, e outras infraestruturas instaladas. Em solos com alta permeabilidade o soerguimento dos níveis d'água induzidos pelos reservatórios pode favorecer a conectividade hidráulica entre as fontes contaminantes e inviabilizar o uso do próprio reservatório por contaminação. Pode ainda gerar danos irreversíveis em instalações prévias dispostas no entorno dos reservatórios por excesso de umidade, típico de áreas com solos argilosos, como reflexo da ascensão capilar da água.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE FILHO J.L. (2002). **Previsão e análise da elevação do nível do lençol freático na avaliação de impacto ambiental (AIA) de reservatórios hidrelétricos**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 522 p.

ALBUQUERQUE FILHO J.L.; SILVA, A.L.B.; SOARES, L. (2001). Monitoring of water table oscillation due to reservoir impoundment: the case of Três Irmãos Reservoir and the city of Pereira Barreto, SP, Brasil. in **Proceedings: XXXI IAH CONGRESS**, Munich, Sep. 2001, 2, pp. 1111 – 1117.

ALBUQUERQUE FILHO, J.L.; SAAD, A.R.; ALVARENÇA, M.C. (2010). Considerações acerca dos impactos decorrentes da implantação de reservatórios hidrelétricos com ênfase nos efeitos ocorrentes em aquíferos livres e suas consequências. **Geociências**, 29(3), pp. 355 – 367.

HEALY, R.W. & COOK, P.G. (2002). Using groundwater levels to estimate recharge. **Hydrogeology Journal**, 10(1), pp. 91 – 109.

MANOEL FILHO, J. (2008). Ocorrência das águas subterrâneas, in **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Org. e Coorde. por Feitosa, F.A.C.; Manoel Filho, J.; Feitosa, E.C. e Demétrio, J.G.A, 3a ed. rev. e ampl., Rio de Janeiro, CPRM/LABHID, pp. 53 – 75.

NIMMO, J. R.; HOROWITZ, C.; MITCHELL, L. (2015). Discrete-storm water-table fluctuation method to estimate episodic recharge. **Groundwater**, 53(2), pp. 282 – 292.

PIANCASTELLI, E.M. (1997). **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. EEUFMG Belo Horizonte – MG, 160 p.



**PRODUTIVIDADE DA SOJA E O
COMPORTAMENTO ESPACIAL DOS
TEORES DE ARGILA E MATÉRIA
ORGÂNICA DO SOLO**

SOYBEAN YIELD AND CLAY AND ORGANIC MATTER SOIL CONTENT
SPATIAL BEHAVIOR

**Gabriel Camargo de Jezus
Sandro Manuel Carmelino Hurtado
Lucas Itacarambi Ferreira
Luan Martins de Souza
Julia Nascimento Nunes
Artur Paes Leme Werlang**

Resumo

O Brasil contou com uma área plantada de aproximadamente 35,8 milhões de hectares de soja na safra 2018/2019, os quais renderam 115 milhões de toneladas de grãos e 86 milhões de toneladas exportadas. Patamares mais produtivos de soja necessitam de maior eficiência do sistema solo-planta, tendo como importante fator limitante a água disponível para as plantas. A classe textural, associada ao tipo de argila, afeta o comportamento da água no solo exerce influência sobre outros fatores determinantes ao bom desenvolvimento da cultura. A matéria orgânica, capaz de reter até 20 vezes sua própria massa em água, exerce também influência na dinâmica da água no solo, devido a seu efeito sobre a agregação das partículas, e por consequência, na estabilidade e tamanho dos poros. Objetivou-se explicar a variabilidade espacial da produtividade de soja a partir dos teores de argila e matéria orgânica do solo. No talhão de 25 hectares foram avaliados a matéria orgânica do solo, textura e produtividade da soja (safra 2017/18), a partir da coleta de amostras em grade georreferenciadas de 2 pontos por hectare. Os dados foram analisados pela estatística exploratória, correlação simples e pela geoestatística, com ajuste de semivariogramas, interpolação por krigagem e confecção de mapas. A maior produtividade na área é explicada pelo atributo matéria orgânica do solo quando considerada a análise espacial dos dados.

Palavras chave: Agricultura de Precisão, Física do Solo, Compactação do Solo, Geoestatística.

Abstract

Brazil had approximately 35.8 million soybean planted hectares in the 2018/2019 harvest, which yielded 115 million tons of grain and 86 million tons of exported products such as grain, meal and oil. Higher soybean yield requires an efficient soil-plant system, where the water available to the plants is a determining factor. Soil textural class, associate to clay type, affects the water behavior on soil and influences other characters that allow the crop development. The organic matter, which can retain up about 20 times its own mass in water, also influences the water dynamic on soil mainly because its effect over particles aggregation, pores stability and size. The research aims to explain the soybean yield spatial variability using soil organic matter and clay content data. On a 25 hectares field we analyzed soil organic matter, clay content and soybean yield (2017/18 harvest), using georeferenced 2 samples per hectare. The data were analyzed by exploratory data analysis, simple correlation and geostatistics analysis with semivariogram calculation, kriging interpolation and mapping. When we analyze data spatial variability, higher yield on the area can be explained by the organic matter content.

Key-words: Precision Agriculture, Soil Physics, Soil Compaction, Geostatistics.



1. INTRODUÇÃO

Na safra 2018/19, o Brasil contou com uma área plantada de aproximadamente 35,8 milhões de hectares de soja, que renderam 115 milhões de toneladas do grão e uma exportação de 86 milhões de toneladas do produto na forma de grão, farelo e óleo (CONAB, 2019). Patamares mais produtivos de soja necessitam de maior eficiência do sistema solo-planta, tendo como importante fator limitante a água disponível para a cultura. Na cultura da soja, a disponibilidade de água é crucial do início da floração ao início da fase de enchimento de grãos, onde a demanda hídrica é a maior em todo o ciclo da cultura sendo, em média, de 7,5 mm.dia⁻¹ (BERLATO et al., 1986).

A classe textural, associada ao tipo de argila, afeta o comportamento da água no solo e exerce influência sobre outros fatores determinantes ao bom desenvolvimento das plantas. Sabe-se que solos argilosos, em detrimento aos arenosos, apresentam maior porosidade, maior retenção de água, maior capacidade de troca de cátions, reduzida taxa de decomposição da matéria orgânica além de apresentar menor susceptibilidade à compactação devido sua estruturação (REINERT & REICHERT, 2006).

A matéria orgânica do solo (MOS), capaz de reter até 20 vezes sua própria massa em água (STEVENSON, 1994), também exerce influência indireta na dinâmica da água no solo devido seu efeito sobre a agregação das partículas, e por consequência, na estabilidade e tamanho dos poros o que influencia na infiltração e retenção de água, acarretando reflexos indiretos no desenvolvimento da plantas (BRAIDA et al., 2011; LYNCH & BRAGG, 1985; BAUMGARTL & HORN, 1991). A agregação, fenômeno resultante da ação de partículas cimentantes, como a matéria orgânica, sobre partículas primárias do solo, é capaz de estabilizar os macros agregados. Apesar da sua pequena proporção em relação ao conjunto quando se pensa em solos minerais de clima tropical, sabe-se que a matéria orgânica é, geralmente, a maior participante no valor de CTC total (RAIJ, 1969).

O estudo do comportamento dos fenômenos da natureza pode ser complementado quando avaliado o grau de dependência ou estruturação espacial entre amostras (GUIMARÃES, 2001). O estudo requer da análise da geoestatística (VIEIRA, 2000), onde a partir de modelos de semivariograma estimam-se valores de atributos em locais não amostrados na área. O trabalho visa explicar a variabilidade espacial da produtividade de soja a partir dos teores de argila e matéria orgânica do solo.



2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de 25 hectares de Latossolo Vermelho nas dependências da fazenda experimental Capim Branco (18°53' S e 48°20' W) pertencente à Universidade Federal de Uberlândia em Uberlândia/MG. As avaliações dos teores de matéria orgânica do solo, textura bem como a produtividade da soja na safra 2017/18 foram realizadas a partir da coleta de amostras georreferenciadas, considerando uma grade densa e sistematicamente aleatorizada de 2 pontos por hectare. A retirada de amostras de solo foi realizada na profundidade de 0-0,2 m. Os valores de produtividade foram determinados a 13% de umidade após a serem trilhadas as plantas considerando uma área útil de 4m². A análise consistiu na análise exploratória e de correlação, com uso do programa Statistica (Statsoft, 2004) e na análise geoestatística, a partir de software GS+ (Robertson, 1998), para ajuste de modelos de semivariogramas, interpolação por Krigagem e confecção de mapas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise exploratória permitiu verificar valores adequados de MOS (23 g.kg⁻¹) para o solo de textura média (312 g.kg⁻¹), e produtividade média acima da média nacional (CONAB, 2019; SOUSA, 2004). Os valores de média e mediana, e o coeficientes de assimetria próximo de zero, indicam comportamento próximo ao normal. Já os valores de CV indicam maior variabilidade nos dados de argila (Tabela 1).

Correlação positiva foi observada entre os teores da MOS e argila ($r=0,39$), justificada pela menor taxa de decomposição da matéria orgânica em solos de textura mais pesada onde a circulação de ar é reduzida (REINERT & REICHERT, 2006), MOS e produtividade da soja ($r=0,51$). Tal correlação pode ser visualizada na figura 1, com destaque para a região sul dos mapas, onde foram evidenciados os menores valores. A maior correlação (MOS x produtividade da soja) reflete a importância da MOS na retenção de água em solos de textura média ou arenosa, do que para solos de textura argilosa, onde há elevados teores de água disponível naturalmente (BOUYOUCOS, 1939; HOLLIS et al., 1977). Nesse sentido, Hudson (1994) concluiu que o aumento em 10 g.kg⁻¹ de matéria orgânica pode significar, em média, 0,0036 m³ de água na capacidade de campo e 0,007m³ no ponto de murcha permanente.



Atributo ¹	Min	Máx	Média	Mediana	Coeficiente		
					CV (%)	Assimetria	Curtose
MOS	16	28	23	24	10,5	-0,9	0,8
SOJA	2892	5710	4506	4439	10,2	-0,1	2,7
ARG	209	413	312	311	15,1	0,0	-0,4

Atributo	Modelo ²	C ₀	C ₀ +C	a (m)	GDE		r ²
					(%)	Tipo	
MOS	Gauss	1e-04	0,048	211,8	0,2	Forte	0,92
SOJA	Esf	100,0	146800	104,9	0,1	Forte	0,58
ARG	Gauss	40,0	2847	285,3	0,4	Forte	0,98

Tabela 1 - Análise exploratória e geoestatística para os atributos matéria orgânica do solo (MOS), argila (ARG) e produtividade da soja (safra 2017/18). ¹MOS e ARG, em g.kg⁻¹; Soja, em kg.ha⁻¹; ²Esf, esférico; Gauss, gaussiano; C₀, efeito pepita; C₀+C, patamar; a, alcance (m); GDE, grau de dependência espacial (Co/Co+C)*100; r²: coeficiente de determinação

A partir dos mapas é possível constatar que, em média, uma redução de 6 g.kg⁻¹ de MOS significou redução de até 11 sacas de soja por hectare. O fato de a menor produtividade ter sido observada em uma região onde houve mudança nos teores de argila (Figura 1) faz pensar na possibilidade de existir compactação de solo no local, uma vez que solos de textura arenosa são mais susceptíveis à compactação pelo fato da estabilidade dos agregados do solo estar intimamente relacionada aos teores de matéria orgânica os quais, dependendo de sua qualidade e quantidade, exercem poder cimentante nos agregados (REINERT & REICHERT, 2006).

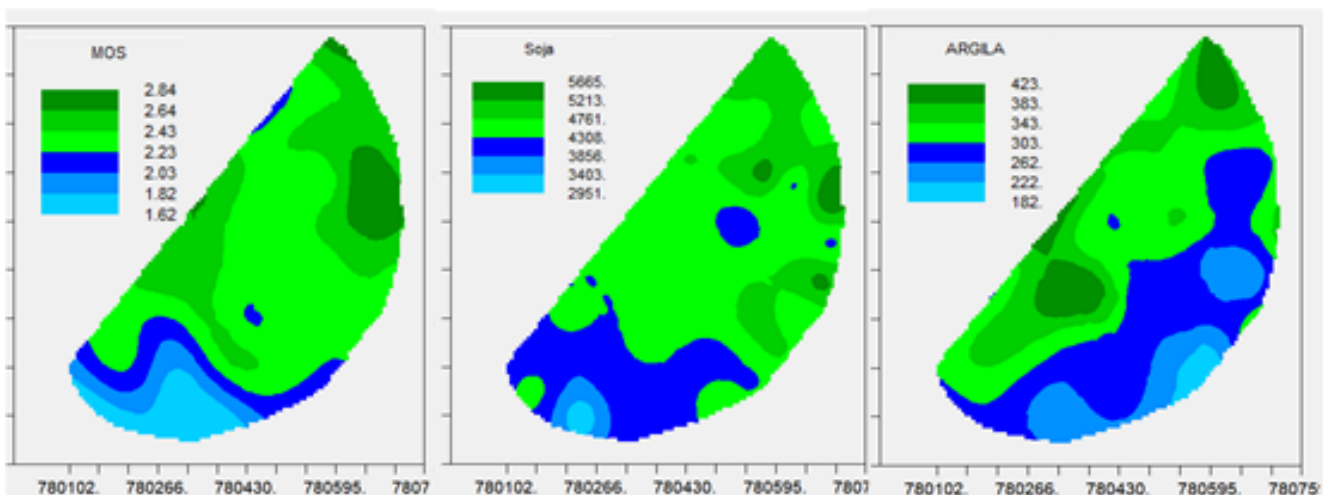


Figura 1 - Mapas interpolados por krigagem para os atributos matéria orgânica do solo (MOS), em %, produtividade da soja (safra 2017/18), em kg.ha⁻¹ e argila, em g.kg⁻¹

4. CONCLUSÃO

A maior produtividade na área é melhor explicada pelo atributo matéria orgânica do solo quando considerada a análise espacial dos dados .

REFERÊNCIAS

- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação de tanque "classe A" e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, v.22, p.243-259, 1986.
- BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.7, p. 221-278, 2011.
- BOUYOUCOS, G. J. Effect of organic matter on the water holding capacity and the wilting point of mineral soils. **Soil Science**. V.47, p.377-383, 1939.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2019). **Boletim da Safra de Grãos: 11º levantamento – Safra 2018/19**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 23.08.19
- GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística Básica e aplicada**, 49p, 2001.
- HOLLIS, J. M., JONES, R. J. A., PALMER, R. C. The effect of organic matter and particle size on the water retention properties of some soils in the West Midlands of England. **Geoderma** v.17, p.225-238, 1977.
- HUDSON, B. D. Soil organic matter and available water capacity. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.49, p.189-194, 1994.
- RAIJ, B. V. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. **Bragantia**, Campinas, v.28, p. 85-112, 1969.
- REINERT, D. J.; REICHERT, R. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, UFSM, 18 p., 2006.
- ROBERTSON, G.P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- STATSOFT, INC. **Programa computacional Statistica 7.0**. E.A.U. 2004.
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: **Genesis, composition and reaction**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 443p.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, G.R., Eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.



**AVALIAÇÃO ECONÔMICA E
RENTABILIDADE DE UMA PLANTA
INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE
BIODIESEL NO MARANHÃO**

ECONOMIC EVALUATION AND PROFITABILITY OF AN INDUSTRIAL
PLANT FOR THE PRODUCTION OF BIODIESEL IN MARANHÃO STATE

Elmo de Sena Ferreira Júnior

Felipe Arduvini Casaroli Santos

Thiago Vinícius Barros

Letícia Garreto Costa

Anna Sacha Karolyne Da Silva Moraes

Edinaldo Silva Frazão

Glenda Guedes Patrício

Késia Karoline Ferreira da Silva

Tainá Stafani de Paula

Resumo

Neste trabalho avalia-se a rentabilidade de uma planta industrial de Biodiesel no estado do Maranhão a partir da análise das etapas de localização do processo industrial, capacidade de produção e definição do processo, balanço de quantidades de matéria e energia. Definiu-se, a partir de dados reais, que a cidade de Bacabal é uma das melhores localizações, considerando o coco Babaçu como matéria-prima. A partir de relatório da ANP, estipulou-se a capacidade de produção de 370 a 400 m³/dia de Biodiesel. Esse resultado foi utilizado para o cálculo da quantidade de matéria-prima e energia necessárias para o funcionamento completo do processo industrial. Finalmente, calculou-se os dados de rentabilidade do processo. Obteve-se um lucro líquido de R\$ 1.896.601,28/ano, conferindo um custo de valor unitário (CVU) equivalente a R\$15,28/kg e utilizando uma taxa de juros de 15% ao ano, um payback de 7 anos. Esses resultados mostram uma inviabilidade deste processo. Por tanto, incentivos fiscais são primordiais para a viabilidade plena deste processo.

Palavras chave: Rentabilidade, Biodiesel, Babaçu.

Abstract

In this work, the profitability of an industrial Biodiesel plant in the state of Maranhão is evaluated from the following steps: localization of the industrial process, production capacity and definition of the process, mass balance and energy balance. Based on real data, it was defined that the city of Bacabal is one of the best locations, considering the Babaçu coconut as a raw material. Based on an ANP report, the production capacity of 370 to 400 m³ / day of Biodiesel was stipulated. This result was used to calculate the amount of raw material and energy needed for the complete operation of the industrial process. Finally, the profitability data for the process was calculated. A net profit of R \$ 1,896,601.28 / year was obtained, giving a unit value cost (CVU) equivalent to R \$ 15.28 / kg and using an interest rate of 15% per year, a payback of 7 years. These results show that this process is unfair. Therefore, tax incentives are essential for the full viability of this process.

Keywords: Profitability, Biodiesel, Babaçu coconut



1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista o aumento do consumo dos derivados de petróleo, a provável redução das suas reservas e a degradação do meio ambiente gerada pelo consumo excessivo do petróleo e de seus derivados, existe uma preocupação crescente com o desenvolvimento de matrizes energéticas que possam substituí-lo, levando assim a maneiras mais sustentáveis e menos agressivas de mover a máquina da civilização.

Neste contexto, surgem os combustíveis provenientes de óleos vegetais, dentre eles o biodiesel. Segundo Knothe et. al. (2006) biodiesel é produto derivado de muitas matérias-primas distintas, entre elas, óleos vegetais, gorduras animais, óleos usados em frituras e matérias graxas de alta acidez. Fatores como a geografia, o clima e a economia determinam quais matérias-primas apresentam maior interesse e melhor potencial para emprego como biodiesel. Nos Estados Unidos o óleo de soja é a principal matéria-prima, na Europa é o óleo de colza (canola) e o óleo de palma é muito utilizado em países tropicais.

A produção e consumo de biodiesel no Brasil possuem perspectivas de crescimento elevadas, principalmente pela crescente demanda de combustíveis, expansão da frota veicular brasileira e a expectativa de aumentar cada vez mais a adição de biodiesel ao diesel convencional. O PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel) tem por objetivo utilizar a produção de biodiesel como uma ferramenta de inclusão social de pequenos produtores, condicionando o fornecimento de matéria-prima de acordo com o perfil desses produtores (Tavora, 2010). Sendo o Brasil um dos maiores produtores de grão do mundo e possuindo uma indústria de agronegócio forte e em desenvolvimento, a produção de biodiesel se apresenta como uma alternativa lucrativa e em ascensão em nosso mercado. Apresentando-se como uma fonte energética renovável, de baixo impacto ambiental e que auxilia o país não somente a diminuir a importação de petróleo, mas também no desenvolvimento estratégico de determinadas regiões do país, promovendo inclusão social.

O Maranhão, por sua vez, é produtor de 80% do babaçu do país, e também região de expansão de fronteiras agrícolas. Assim, o Maranhão insere-se como região promissora a instalação de uma usina de produção de biodiesel, pela disponibilidade de matéria-prima, presença de terras agricultáveis a preços mais acessíveis em relação às demais localidades do país; além de ser um estado que muito será beneficiado com a inclusão social e geração de empregos trazida pelo projeto.

Tendo em vista as perspectivas do mercado para o biodiesel a nível nacional, tem-se como proposta a avaliação de rentabilidade de uma usina de produção de biodiesel no estado no Maranhão. A escolha do projeto de uma usina de biodiesel pode ser motivada pela crescente aceitação deste produto no mercado, que de



acordo com a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, passa a ter sua adição no diesel consumido no país regulamentada, atingindo em um cenário otimista até 15% de sua composição ao final de 2017, garantindo assim uma constante demanda no mercado.

Neste texto, apresenta-se as principais etapas para uma avaliação efetiva de rentabilidade de uma planta industrial de Biodiesel. Para tanto, o planejamento da linha de produção, como os componentes viáveis para produção em larga escala do processo (catalisadores e reagentes), os balanços de massa e energia com base nas teorias da termodinâmica, fenômenos de transporte e operações unitárias, são necessários para a análise da viabilidade e rentabilidade de um projeto desta magnitude.

2. LOCALIZAÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL

O custo de logística é um fator determinante para a produção de biodiesel. Os produtores via de regra estão localizados próximos aos grandes centros consumidores ou próximos à produção da matéria-prima. Uma vez que os leilões da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Nacional e Biocombustíveis) eximem os produtores dos custos de logística e distribuição, optou-se por escolher como fator de maior impacto: a proximidade com a matéria-prima no estado do Maranhão (Mendes e Costa, 2020.).

No Brasil, com o modelo adotado para produção de Biodiesel, utiliza-se em geral espécies oleaginosas como matéria-prima. As oleaginosas são plantas que contêm um alto teor de óleo, tanto a partir de suas sementes (soja, colza/canola, girassol) como a partir de seus frutos (palma, babaçu, coco), podendo ser utilizadas para a produção de óleo vegetal. Outra característica importante de algumas dessas plantas é o fato de que após a extração do óleo, os subprodutos podem ser utilizados para diferentes aplicações. No Maranhão, três potenciais espécies podem ser encontradas: mamona, soja e babaçu. A produção do biocombustível a partir da soja é amplamente utilizada no país, porém não deve permanecer dominante, devido à baixa produtividade do óleo por área plantada em relação a outras fontes. A Tabela 1 apresenta os dados de produtividade e teor de óleo desses frutos.

Matéria-prima	Teor de óleo (% média)	Produtividade (t/ha.ano)	Produção de óleo (kg/ha.ano)
Mamona	50	1.500	750
Soja	18	2.200	396
Babaçu	6	15.000	900

Tabela 1 - Características do óleo extraído de diversas oleaginosas
Fonte: CONAB, 2014

Conforme mostrado na Tabela 1, o babaçu apresenta a maior produtividade dentre as opções citadas e além disso, representa uma alternativa perene. O fruto

representa uma cultura extrativista que carece de estudos na exploração de seu potencial. O Maranhão por sua vez é detentor de 93% da produção anual de babaçu em todo o país (Ministério do Meio Ambiente, 2017) e localiza-se em um território interessante para o plantio de culturas de oleaginosas, uma vez que possui três formas diferentes de vegetação: o Semi-Árido, o Cerrado e a Amazônia.

No interior do estado, a área de maior ocorrência de babaçuais está localizada na zona dos Cocais. Tal região é considerada uma microrregião que se estende do centro do Maranhão até o Piauí. O clima dessa região varia de acordo com o local, sendo equatorial úmido a oeste e semiárido a leste, com temperatura média anual de aproximadamente 26 °C, marcado, em sua maioria, por inverno seco e verão chuvoso.

Nesta região, a cidade de Bacabal atua como uma espécie de centro econômico regional. Devido estar localizada no centro do estado, exerce influência em relação às cidades vizinhas, sendo um grande centro de distribuição e logística. Localiza-se também a 240 km da capital, São Luís, facilitando o escoamento de produtos para os grandes fornecedores. A população da cidade consta de aproximadamente 104 mil hab. (IBGE, 2019) e na educação há escolas públicas e privadas, além de campi universitários de faculdades de referência regional. Deste modo, o município de Bacabal tem um grande potencial para instalação de uma unidade de produção de biodiesel, em particular pela proximidade com a matéria-prima.

3. CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

Segundo o boletim mensal do Biodiesel publicado pela ANP em janeiro de 2017, atualmente existem 51 usinas de produção de biodiesel cadastradas pela ANP no Brasil, sendo que mais 3 já possuem a autorização necessária para começarem a ser construídas. Estas plantas asseguram ao Brasil uma produção de aproximadamente 20.930,81 m³/dia, com potencial de expansão para mais 2.947 m³/dia até o final do ano.

A produtividade diária de uma planta pode apresentar grandes variações, que vão de 6 m³/dia, na planta da BIG FRANGO no estado do Paraná, até 1352 m³/dia produzidos na ADM em Rondonópolis em Mato Grosso.

Uma vez analisados os dados da produção de biodiesel em m³/dia apresentada por cada planta, verificou-se que as empresas produzem biodiesel na faixa de 200 m³/dia, de 200 a 360 m³/dia e acima de 360 m³/dia, que é significativa 52% total.

Assim, para a análise de rentabilidade optou-se por avaliar um processo de produção acima de 360 m³/dia, isto é, entre 370 a 400 m³/dia de Biodiesel.



3.1 Fluxograma do processo do Biodiesel

No tanque de mistura ocorre a mistura do metanol com o catalisador hidróxido de sódio (NaOH). A corrente que sai segue para o reator de transesterificação, onde mistura-se com o óleo de babaçu refinado. Após a reação de transesterificação, a corrente de saída segue para um decantador, onde o componente leve (biodiesel) é separado do componente mais pesado (glicerina). O biodiesel é tratado em um processo de lavagem, com água, para a retirada do excesso de álcool. Para retirada de umidade, o biodiesel é levado a um evaporador, onde a secagem é feita por evaporação usando vapor e agitação moderada. A glicerina que sai do decantador, contendo maior parte de NaOH, é tratada em um reator de neutralização. Nesta fase ocorre aquecimento e agitação moderada. Ácido sulfúrico (H_2SO_4) é utilizado para neutralizar a reação de saponificação, liberando ácidos graxos e formando sulfato de sódio (Na_2SO_4). O glicerol segue para uma torre de destilação, na qual ocorre sua purificação, liberando o metanol em excesso, que é posteriormente condensado para ser recuperado no processo.

A Figura 1 apresenta o fluxograma do processo de produção de biodiesel a partir de óleo de babaçu, acompanhada da Tabela 2 com os respectivos dados das correntes enumeradas.

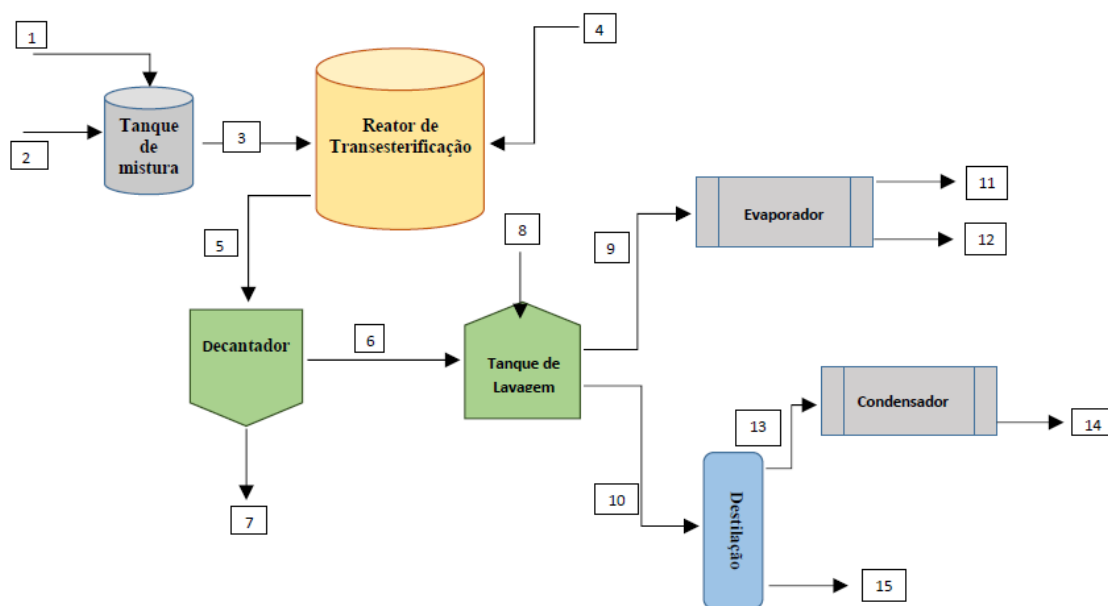


Figura 1 - Fluxograma do processo de produção de biodiesel a partir de óleo de babaçu.

Correntes	Componentes	Vazão mássica (Kg/h)	Composição da vazão mássica (Kg/h)
1	KOH	161,87	-
2	Metanol	3665,4	-
3	M, KOH	3827,3	KOH -161,87 M -3665,4
4	Óleo de Babaçu	13758,1365	-
5	B,G,M	17585,39	B- 13600 M- 3194,7 G- 790,7
6	B,M	14390,7	B-13600
7	G	3194,696	M-790,697
8	A	1563,4	-
9	A,B	13872	A-272 B-13600
10	A,M	2082,1	A-1291,4 M- 790,7
11	A	272	-
12	B	13600	-
13	M	790,7	-
14	M	790,7	-
15	A	1291,4	-

Legenda: A-Água; B-Biodiesel; G-Glicerol; M-Metanol

Tabela 2 - Dados das correntes do fluxograma do processo de produção de biodiesel.

4. QUANTIDADES DE MASSA E ENERGIA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Com o intuito de realizar as análises custos do processo de produção do biodiesel, faz-se necessário os balanços de massa e energia no processo do Biodiesel.

4.1. Balanço de massa

4.1.1. Balanço global

Para determinação da massa de óleo de babaçu que entra no reator de transesterificação, um balanço global foi realizado. Segundo Lauro Mattei (2008), 87% da alimentação é composta por óleo vegetal. Desses, 86% da alimentação é biodiesel, 9% é glicerina e 5% é álcool. Com a capacidade de produção definida em 13600 kg/h, obteve-se uma vazão de óleo de babaçu de 13758,1365 kg/h.

$$m_{entra} = m_{sai} \rightarrow M = 13600 + 0,09M + 0,05M \rightarrow M_{total} = 15813,95 \text{ kg/h} \quad (1)$$

$$m_{óleo} = 0,86 \cdot M_{total} \rightarrow m_{óleo} = 13758,1365 \text{ kg/h} \quad (2)$$



4.1.2 Balanço de massa no tanque de mistura

A determinação das vazões de metanol e hidróxido de potássio (KOH) utilizados foi realizada com base na massa de óleo de babaçu consumido no processo, através das seguintes equações

$$\text{Massa total KOH} = (\text{massa KOH/n eutralizar} + \text{massa KOH/c atalisar}) / \text{Pureza KOH} \quad (3)$$

$$\text{Massa KOH/n eutralizar} = m_{\text{óleo}} \cdot NA_{\text{óleo}} \cdot 0,001 \quad (4)$$

$$\text{Massa KOH/c atalisar} = m_{\text{óleo}} \cdot Y_{\text{cat}} \quad (5)$$

onde:

$NA_{\text{óleo}}$ = índice de acidez do óleo babaçu em mg KOH/g = 0,505 mg KOH/g;

$m_{\text{óleo}}$ = quantidade de óleo de babaçu que entra = 13758,1365 kg/h;

Y_{cat} = quantidade de catalisador necessário para reação em %massa = 1% de catalisador;

Pureza (KOH) = 0,85.

$$\text{Massa de álcool} = m_{\text{óleo}} \cdot RM \quad (6)$$

$$RM = 6 \cdot MM_{\text{metanol}} / MM_{\text{triglicerídeo}} \quad (7)$$

$$MM_{\text{triglicerídeo}} = 3 \cdot MM_{\text{KOH}} \cdot 1000 / [(\text{índice de saponificação}) - (\text{índice de acidez})] \quad (8)$$

Onde:



RM = relação molar;

MM (metanol) = massa molar do metanol = 32,04 g/mol;

MM (KOH) = massa molar do hidróxido de potássio = 56,105 g/mol;

Índice de saponificação do óleo babaçu = 233,767 mg KOH/g;

Vazão mássica de KOH = 161,87 kg/h

Vazão mássica de Metanol = 3665,40 kg/h

4.1.3 Balanço de massa no decantador

Duas fases distintas foram obtidas: glicerina bruta e biodiesel + metanol. Considerou-se uma corrente 7 que sai com glicerina bruta. Em uma reação de transesterificação, cerca de 9%-10% do produto é glicerina. Assim, considerou-se uma vazão de 3194,696 kg/h (glicerina e álcool em excesso). Na composição da corrente 6, obteve-se 13600 kg/h de biodiesel. Cerca de 5% do produto é metanol como resultado da reação, obtendo-se uma vazão de 790,697 kg/h. A corrente 6, portanto, tem uma vazão de 14390,7 kg/h.

4.1.4 Balanço de massa no evaporador

Após a lavagem, o biodiesel obtido possui uma umidade de 2% e esta água é removida no evaporador. Definiu-se a corrente 9 e 11, como mostradas no fluxograma da figura 1.

4.1.5 Balanço de massa no tanque de lavagem

A água de lavagem utilizada para retirar o excesso de álcool corresponde a 10% do volume de óleo de babaçu utilizado. Tendo as correntes 6, 8 e 9 determinadas, a corrente 10 é obtida por um balanço global.

$$m_6 + m_8 = m_9 + m_{10} \rightarrow m_{10} = 2082,1 \text{ kg/h} \quad (9)$$



Considera-se que todo o metanol é removido na lavagem e segue com excesso de água para a separação (veja figura 1).

4.1.6. Balanço de massa na torre de destilação

Pela análise do diagrama de composição do sistema metanol-água, observou-se que a volatilidade relativa possibilita uma destilação efetiva. Portanto, para fins de cálculos, considerou-se recuperação total do metanol que entra na alimentação. As vazões das correntes, assim como as composições encontram-se na tabela 3 abaixo.

FLUXOS	COMPOSIÇÃO	VAZÃO MÁSSICA (kg/h)
Alimentação	38% Metanol / 58% Água	2082,12
Destilado	90% Metanol / 10%Água	567,8
<i>Bottom Stream</i>	10% metanol / 90% Água	2804,8
Vapor	Água	1290,2

Tabela 3 - Dados calculados para a coluna de destilação.

4.2. Balanços de energia

Nesta etapa são mostrados os cálculos e valores de energia (calor, Q) necessários para o funcionamento do processo. Equipamentos mostrados no fluxograma da figura 1 são avaliados em termos de quantidades energéticas.

4.2.1. Condensador de metanol

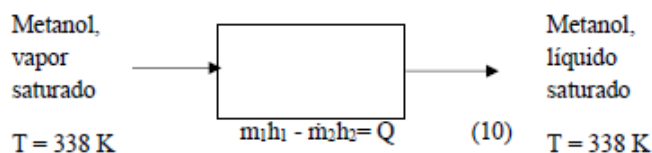


Figura 2 - Dados de entrada e saída para o balanço de energia no condensador de metanol.

Como $m1 = m2$, vem:

$$Q = \dot{m}1\Delta H_{vap} = 790,7 \text{ kg/h} \cdot 1100 \text{ kJ/kg} = 869770 \text{ kJ/h} \quad (10)$$

4.2.2. Evaporador de água

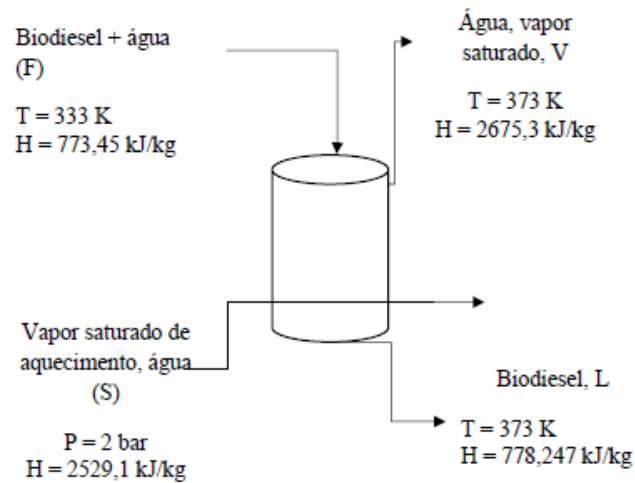


Figura 3 - Dados de entrada e saída para o balanço de energia no evaporador de água.

$$S \cdot h_S + F \cdot h_F = V \cdot HVV + L \cdot h_{LL} \quad (11)$$

$$S = V \cdot HVV + L \cdot h_{LL} - F \cdot h_F = 25,79 \text{ kg/h} \quad (12)$$

$$Q = S \cdot h_S = 65239,2 \text{ kJ/h} \quad (13)$$

OBS. Dados de entalpia para biodiesel estimados a partir do componente de maior fração molar presente na mistura de ésteres (ácido láurico).

4.2.3. Troca de calor entre a camisa de resfriamento e o reator

Temperatura de operação da reação escolhida: 60° C.

$$\text{Reação do tipo } A + B \rightarrow C + D \quad (14)$$

$$Q = \dot{m}_{ref} C_{pref} (T - T_0) \quad (15)$$

Onde T_0 é a temperatura do fluido refrigerante.

$$Q = 1250,927 \text{ kg/h} \cdot 1,43 \text{ kJ/kg K} (308 \text{ K}) \quad (16)$$

$$Q = 550958,28 \text{ kJ/h} \quad (17)$$

5. AVALIAÇÃO FINANCEIRA DO PROJETO

5.1 Cálculo do custo dos equipamentos

Os custo dos tanques de mistura, tanque de lavagem, decantador, reatores e coluna de destilação serão destacados. As dimensões dos equipamentos foram consideradas de acordo com a capacidade de produção, anteriormente definida. Para determinar o custo dos tanques de mistura, tanque de lavagem, reatores, coluna de destilação e decantador, utilizou-se uma relação estabelecida por James M. Douglas:

$$\text{Custo (R\$)} = f(2017) \cdot 280 \times (101,9 \times D^{1,066} \times H^{0,802} \times F_c) \times 3,20$$

Onde:

f = fator de atualização de preços para o ano de 2017 = 567,3;

D = diâmetro em ft;

H = altura em ft;

$F_c = F_m \cdot F_p$;

F_p = fator de pressão no tanque = 1;

F_m = fator do material do tanque;

Preço do dólar = R\$ 3,20 (considerando preço médio de 2017).

Os valores obtidos estão da Tabela 4 a seguir.

Equipamento	Diâmetro (ft)	Altura (ft)	Fm	Fp	Fc	Custo (R\$)
Tanque de mistura	28,21	25,52	3,67	1	3,67	R\$ 1.145.758,18
CSTR 1	8,17	8,99	3,67	1	3,67	R\$ 132.430,79
CSTR 2	16,83	18,5	3,67	1	3,67	R\$ 510.413,76
CSTR 3	14,17	15,58	3,67	1	3,67	R\$ 370.206,75
Tanque de lavagem	25,56	28,12	1	1	1	R\$ 303.772,93
Decantador	30,05	9,42	3,67	1	3,67	R\$ 327.328,03
Coluna de destilação	15,58	23,62	3,67	1	3,67	R\$ 571.863,47

Tabela 4 - Custo de equipamentos.

Para a determinação do custo do evaporador e do condensador utilizado, outra relação, ainda segundo James M. Douglas, foi aplicada:

$$Custo (R\$) = f(2017) \cdot 280 \times (101,3 \times A_{0,65} \times F_c \times F_s) \times 3,20$$

Onde:

A = área em ft²

Fs = fator de segurança = 1,10

Fc = Fm · (Fd + Fp)

O custo de cada equipamento encontra-se na Tabela 5 abaixo:

Tabela 5 - Custo de equipamentos

Equipamento	Área (ft ²)	Fp	Fd	Fm	Fc	Custo (R\$)
Evaporador	1755,57	0	1,35	1	1,35	R\$ 145.512,66
Condensador	110,87	0	1,35	1	1,35	R\$ 22.864,73

O custo total de equipamentos necessário é R\$ 3.530.151,31.

5.3 Investimento fixo

O investimento fixo foi obtido a partir do custo com equipamentos, e pode ser observado na Tabela 5 a seguir:



Gastos iniciais	% do custo com equipamento	Custo
Instalação	39%	R\$ 1.376.759,01
Instrumentação	13%	R\$ 458.919,67
Tubulação	31%	R\$ 1.094.346,91
Eletricidade	10%	R\$ 353.015,13
Prédio	29%	R\$ 1.023.743,88
Melhoramento da área externa	10%	R\$ 353.015,13
Serviços	55%	R\$ 1.941.583,22
Terreno	6%	R\$ 211.809,08
Engenharia e supervisão	32%	R\$ 1.129.648,42
Despesas durante a construção	34%	R\$ 1.200.251,45
Subtotal		R\$ 9.143.091,89
Imprevistos	10% do subtotal	R\$ 914.309,19
Total		R\$ 10.057.401,08

Tabela 5 - Investimento fixo.

5.4 Investimento de giro

O capital de giro é o montante necessário para dar continuidade às operações da empresa. O investimento de giro pode ser considerado 15% do investimento total. Sendo assim, o investimento total da empresa é de R\$ 11.827.503,67 e o investimento de giro correspondente é de R\$ 1.774.125,55.

5.5. Custos variáveis totais

5.5.1. Custos de mão de obra

Primeiro determinou-se o número de operadores por turno, através da correlação de Alkayat e Gerrard (1984):

$$NOL = (6,29 + 31,7P^2 + 0,23Np)^{0,5} \quad (18)$$

onde:



NOL = número de operadores por turno;

P = processos particulados;

Np = processos não particulados.

Considerando-se 7 equipamentos não particulados e nenhum particulado, teremos um Porém, são necessários 4,5 operadores para cada operador a qualquer momento, então temos um total de 13 operários. Considerando a hora de trabalho R\$ 9,61/h, o salário bruto de um funcionário corresponde a R\$ 1,601.67/mês. Como o salário é inferior que R\$ 1,903.98/mês, o imposto de renda não é descontado. Desconta-se 8% de INSS, 1% de contribuição assistencial, 6% de vale transporte, 8% de FGTS e 40% de adiantamento. Assumindo-se que todos os funcionários trabalham todas as horas previstas, sem atrasos e faltas, o salário líquido de um funcionário, corresponde a R\$ 8,649.02/ano. Para os 13 operários, o custo com mão de obra final é de R\$ 112,437.23/ano.

5.5.2 Custo de matéria prima

O custo da matéria prima foi determinado com base em valores obtidos para o óleo de babaçu bruto, tomando como referência os dados disponíveis no website biomercadobrasil.com.br. Considerou-se então o valor de R\$ 6,50/kg do óleo bruto. Os custos variáveis totais estão resumidos na Tabela 7 a seguir.

Custos variáveis	Custos (R\$)
Custo de matéria prima	R\$ 652.823.57,93
Custo de mão de obra	R\$ 112.437,23
Custo de água	R\$ 8.407.187,99
Custo de manutenção	R\$ 402.296,04
Custo de administrativos	R\$ 22.487,45
Custo de laboratório	R\$ 16.865,58
Custo de energia	R\$ 1.133.475.501,00
Total	R\$ 1.795.260.352,22

Tabela 7 - Custo variáveis totais.



5.6 Custos fixos totais

Os custos fixos totais foram determinados a partir dos custos de impostos e o custo de depreciação, que corresponde a um total de R\$ 685.449,48.

5.7 Preço do valor unitário

Para a determinação do valor do biodiesel, primeiramente calculou-se o custo do valor unitário, utilizando a Equação 60 a seguir:

$$CVU = CVT \cdot Capacidade\ nominal\ anual \quad (19)$$

O CVU (Custo do valor unitário) encontrado equivale a R\$ 15,28/kg. Assumiu-se um valor para o PVU (preço do valor unitário), equivalente a R\$ 15,31/kg para determinar a capacidade no ponto de equilíbrio (Npe), que foi calculado pela Equação 20:

$$Npe = CFT \times PVU - CVU \quad (20)$$

Onde CFT corresponde aos custos fixos no *Ponto de equilíbrio* = $Npe \times Q$. A capacidade no ponto de equilíbrio é de 48.176.640 kg/ano. Com o Npe, encontrou-se um ponto de equilíbrio de operação, utilizando a Equação 21 abaixo:

$$Ponto\ de\ equilíbrio = Npe \times Q \quad (21)$$

Onde Q é capacidade nominal anual da usina, que corresponde a 117.504.000 kg/ano. Obteve-se um ponto de equilíbrio de 41%.

5.8 Lucros

O lucro bruto é o montante resultante da venda do produto, descontando o gasto de produção. Pode ser calculado através da expressão:

$$Lucro\ bruto = capacidade\ nominal\ anual \cdot PVU - (CFT + CVT) \quad (22)$$

O lucro bruto obtido é de R\$ 3.040.438,30/ano. O lucro total corresponde à

diferença do lucro bruto pelo custo de depreciação. É calculado a partir da Equação 23:

$$\text{Lucro total} = \text{lucro bruto} - \text{depreciação} \quad (23)$$

$$\text{Lucro total} = \text{lucro bruto} - (3\% \text{ custo com prédios} + 10\% \text{ custo equipamento}) \quad (24)$$

O lucro total corresponde a R\$ 2.656.710,86/ano. O lucro líquido pode ser obtido por:

$$\text{Lucro líquido} = \text{lucro total} - \text{imposto de renda} \quad (25)$$

$$\text{Lucro líquido} = \text{lucro total} - (25\% \text{ do lucro bruto}) \quad (26)$$

O lucro líquido obtido é de R\$ 1.896.601,28/ano.

5.9 Payback

O payback é o tempo necessário para que a empresa pague os custos iniciais e comece a gerar lucros. Uma forma de determinar é desconsiderando o valor monetário no tempo. Temos então:

$$\text{Payback} = \frac{\text{investimento}}{\text{lucro líquido}} \quad (27)$$

Para este caso, o tempo de retorno é de 6 anos. Uma outra forma é considerando a taxa de juros, através da análise do valor atual líquido (VAL). Utilizando uma taxa de juros de 15% ao ano, obtemos o valor atual líquido de acordo com a expressão:

$$\text{VAL} = \sum \frac{C_n}{(1+i)^n} \quad (28)$$

Onde:

C_n = fluxo de caixa (lucro líquido anual);

i = taxa de juros.

Para uma taxa de juros de 15% ao ano, o lucro líquido anual passa a ser R\$



1.649.218,51/ano. Portanto, o tempo de retorno considerando os juros passa a ser 7 anos. A Tabela 7 na página seguinte resume os cálculos realizados.

GASTOS INICIAIS	VALOR	CUSTOS TOTAIS				PREÇO DO VALOR UNITÁRIO	
		CUSTOS VARIÁVEIS TOTAIS		CUSTOS FIXOS TOTAIS			
Instalação dos equipamentos	R\$ 1.376.759	Custo de matéria prima	R\$652.823,57 6	Custo de imposto + custo de seguros (R\$)	301.722	Ponto de equilíbrio (%)	41%
Instrumentação	R\$ 458.919	Custo de mão de obra	R\$ 112.437			Capacidade anual (kg/ano)	117504000
Tubulação	R\$ 1.094.346	Custo de água	R\$ 8.407.187	Custo de depreciação (R\$)	383.727	Capacidade ponto de equilíbrio (Npe) (kg/ano)	48176640
Eletricidade	R\$ 353.015	Custo de manutenção	R\$ 402.296			Custo de valor unitário CVU (R\$/kg)	15,28
Prédio	R\$ 1.023.743	Custo de administrativo	R\$ 22.487,45	Custo de depreciação (R\$)	383.727	Preço do valor unitário PVU (R\$/kg)	15,31
Melhoramento da área externa	R\$ 353.015	Custo de laboratório	R\$ 16.865,58			LUCROS	
Serviços	R\$ 1.941.583	Custo de energia	\$1.133.475,50 1			Lucro bruto (R\$/ano)	3.040.438,30
Terreno	R\$ 211.809	CVT (R\$)	1.795.260,352	CFT (R\$)	685.449	Lucro total (R\$/ano)	2.656.710,86
Engenharia e Supervisão	R\$ 1.129.648					Lucro líquido (R\$/ano)	1.896.601,28
Despesas durante a construção	R\$ 1.200.251	EQUIPAMENTOS		R\$ 3.530.151		TEMPO DE RETORNO (Sem juros)	TEMPO DE RETORNO (15% juros)
Subtotal	R\$ 9.143.091					6 anos	7 anos
Imprevistos	R\$ 914.309	INVESTIMENTO DE GIRO		R\$ 1.774.125			
TOTAL	R\$ 10.057.401	INVESTIMENTO TOTAL		R\$ 11.827.503			

Tabela 7 - Dados calculados para análise econômica do processo de produção de biodiesel.

6. CONCLUSÃO

Através do presente trabalho, foi proposto o desenvolvimento de uma planta de biodiesel, no estado do Maranhão que estivesse apta se inserir na faixa do mercado predominante nos leilões da ANP, que são dominados por grandes produtoras, normalmente com produções acima de 370 m³/dia, de forma que esta pudesse produzir de forma viável o biodiesel.

Foi possível concluir que o estado do Maranhão, mais precisamente o município de Bacabal, comportaria tal empreendimento, utilizando-se do óleo de babaçu como matéria prima e baseado na avaliação econômica do empreendimento obteve-se um lucro líquido de R\$ 1.896.601,28/ano, conferindo um custo de valor unitário (CVU) equivalente a R\$15,28/kg e utilizando uma taxa de juros de 15% ao ano, um payback de 7 anos. Assim, o CVU equivale a R\$13,42/L, valor que se comparado ao do litro do biodiesel vendido nos leilões da ANP, que varia de R\$2,35 à R\$2,80, que torna o processo inviável economicamente, com diferenças de até 560% para o valor de venda do produto final.

REFERÊNCIAS

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de biodiesel**. 1ª reimpressão. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.



TAVORA, F. L., 2010. **História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil**, Brasília: Centro de Estudos da Consultoria do Senado

MENDES, A. P. A., COSTA, R. C. **Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras**. Disponível em <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2483>>. Acessado em março de 2020.

CONAB. **Potencialidade das matérias-primas brasileiras**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-2007/rap240507pedro2.ppt>> Acessado em junho/2017



**IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS
CAUSADOS PELA BAIXA VAZÃO NO
RIO SÃO FRANCISCO NO MUNICÍPIO
DE PENEDO/AL**

SOCIOECONOMIC IMPACTS CAUSED BY LOW FLOW IN SÃO
FRANCISCO RIVER IN THE MUNICIPALITY OF PENEDO/AL

Lilian Anne Gonçalves de Azevedo
Carolina Araújo Sarmiento de Azevedo

Resumo

O Baixo São Francisco Alagoano vem enfrentando as consequências de um modelo de desenvolvimento que, ao longo de décadas, têm comprometido a Bacia como um todo, necessitando de medidas urgentes que promovam a reparação dos mais variados impactos ambientais. O modelo de desenvolvimento adotado na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco tem gerado diversos impactos negativos, não somente ao meio físico, como nos meios bióticos e antrópicos comprometendo a qualidade de todo o ecossistema. O assoreamento do rio é considerado o componente de degradação ambiental de grande relevância e também causador de grande parte dos impactos socioeconômicos (pesca, navegação e agricultura). Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar os impactos provocados pela baixa vazão no Baixo São Francisco.

Palavras-chave: Impactos Ambientais. Vazão. Economia.

Abstract

The low San Francisco Alagoas has been facing the consequences of a development model which, for decades, have compromised the basin as a whole, requiring urgent measures which promote the repair of various environmental impacts. The development model adopted in the São Francisco River basin has generated numerous negative impacts not only to the physical environment, such as biotic and anthropic means compromising the quality of the entire ecosystem. The silting up of the river is considered to be the component of environmental degradation of great importance and also causing many of the socio-economic impacts (fishing, navigation and Agriculture). This work was performed with the goal of identifying the impacts caused by changes in the flow regime of low San Francisco.

Keywords: environmental impacts. flow. economy.



1. INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco nasce na serra da canastra, Minas Gerais, passa pelos estados da Bahia e Pernambuco, vindo a desaguar no Oceano Atlântico entre os estados de Alagoas e Sergipe, atingindo cerca de 3.000 km de extensão (SANTOS, 2010).

Foi em meados do século XVI que consideráveis extensões de terra passaram a ser exploradas ao redor do Rio São Francisco, passando a ser um dos principais meios de acesso de exploração do interior das terras brasileiras, vindo a contribuir para o crescimento populacional das regiões, pois em suas margens foram instalados diversos currais de criação de gado, o que contribuiu para a expansão territorial regional (SANTOS, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o rio conta com um total de 168 afluentes e possui uma enorme importância econômica, social e cultural para diversas comunidades, dentre elas indígenas e quilombolas, passando por mais de 400 municípios e beneficiando aproximadamente 15 milhões de pessoas.

Atualmente suas águas estão sendo maltratadas pelo intenso processo de degradação, onde esgotos deságuam em seu leito e os desmatamentos constantes de suas matas ciliares provocam o assoreamento (SANTOS, 2010).

Syvitski et al. (2005), Song et al. (2007), Stevaux et al. (2008) e Zahar et al. (2008) destacam que os impactos da construção de barragens em um rio provocam alterações na quantidade e qualidade da água, assim como na sazonalidade dos eventos de cheias naturais.

Conforme Andrade (2004), nos primeiros estudos do rio São Francisco, em meados do ano de 1800, a vazão do rio alcançava 13.000 m³/s. Atualmente, de acordo com os dados do Comitê Hidrográfico da Bacia do São Francisco (CBHSF, 2018), a vazão corresponde a 550 m³/s.

Em decorrência a redução das vazões, os problemas na região do Baixo São Francisco, entre Sergipe e Alagoas, em virtude das diversas intervenções feitas ao longo do curso do rio, têm causado modificações, principalmente entre os anos de 2013 a 2018, tais como: diminuição do volume de água no canal principal, interrupção do ciclo natural das cheias nas lagoas marginais que atuavam como berçário natural de várias espécies de peixes, erosão das margens, perda de áreas agricultáveis, rompimento de diques de contenção e comprometimento dos processos de captação e drenagem dos perímetros de irrigação (CASADO et al., 2002; HOLANDA et al., 2005; HOLANDA et al., 2008).

Essas modificações alteraram significativamente o equilíbrio ecossistêmico in-



fluenciando qualitativamente nos recursos hídricos, agravando os problemas socio-econômicos local e quantitativamente comprometendo as navegações.

Peixoto & Mauad (2003), abordam a temática que de acordo com a variabilidade temporal, espacial, quantitativa e qualitativa, há uma necessidade extrema de estudos que visem o uso sustentável dos serviços ecossistêmicos providos pelas bacias hidrográficas, a fim de atender a demanda e disponibilidade futura.

Posto isso, o presente estudo estabeleceu como problemática a redução nas vazões no baixo São Francisco afetando o município de Penedo/AL, fator este que contribuiu no surgimento de impactos ambientais, utilizando-se dados do Hidroweb, instrumento oferecido pela Agencia Nacional de Águas, como ferramenta de análise.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Penedo está localizado na região sul do Estado de Alagoas, limitando-se a norte com os municípios de São Sebastião, Teotônio Vilela e Coruripe, a sul com o rio São Francisco e Piaçabuçu, a leste com Feliz Deserto, Coruripe e Piaçabuçu e a Oeste Igreja Nova. Encontra-se geologicamente inserido na Província Borborema, representada pelos litótipos do Complexo Nicolau/Campo Grande, dos grupos Macururé, Igreja Nova, Perucaba, Coruripe e Barreiras e dos depósitos Flúvio-lacustres, Pântanos e Mangues e Litorâneos (CPRM, 2005).

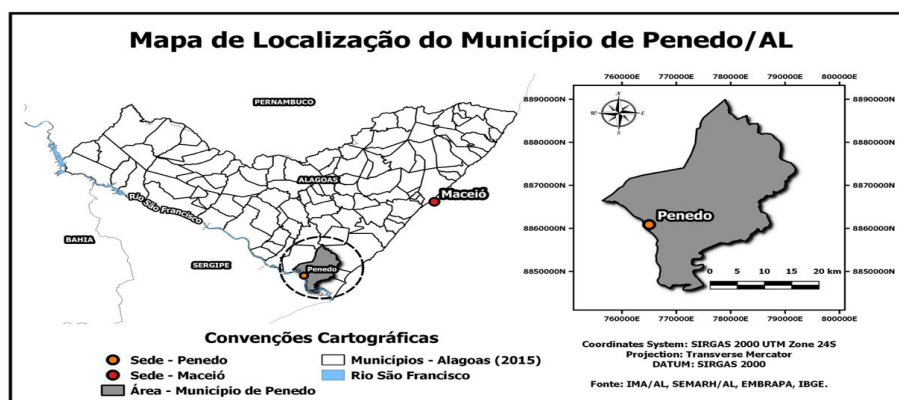


Figura 1 – Localização do município de Penedo.
Fonte: Os autores (2019).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), sua população era estimada em 64.497 habitantes. A área territorial do município corresponde a 689,875 km². Hidrograficamente o município encontra-se inserido nos

domínios da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, região do Baixo São Francisco.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, os tipos climáticos predominantes na região do Baixo São Francisco, no trecho entre Piranhas, AL, e a foz, são: semiárido quente (BSh), de Piranhas, AL, a Traipu, AL, com temperatura média anual de 26 °C, precipitação média anual de aproximadamente 600 mm e período chuvoso de março a agosto e o tropical semiúmido (As), de Propriá, SE, à foz, com temperatura média anual de 26 °C, precipitação média anual de aproximadamente 1200 mm e período chuvoso de março a agosto (SEPLANTEC, 2000).

O trabalho de pesquisa trata de um estudo de caso, tendo como foco a área que fica entre o município alagoano de Penedo e o povoado Penedinho numa extensão aproximada de 22,5 km. Neste trecho da Bacia a área mais afetada é o Perímetro delimitado pela latitude 10° 17'25 20" S e longitude 36° 35'13 17" Oeste (trecho de Penedo) e latitude 10° 23'53 04" S, longitude 36° 29'19 51" Oeste (trecho do povoado Penedinho).

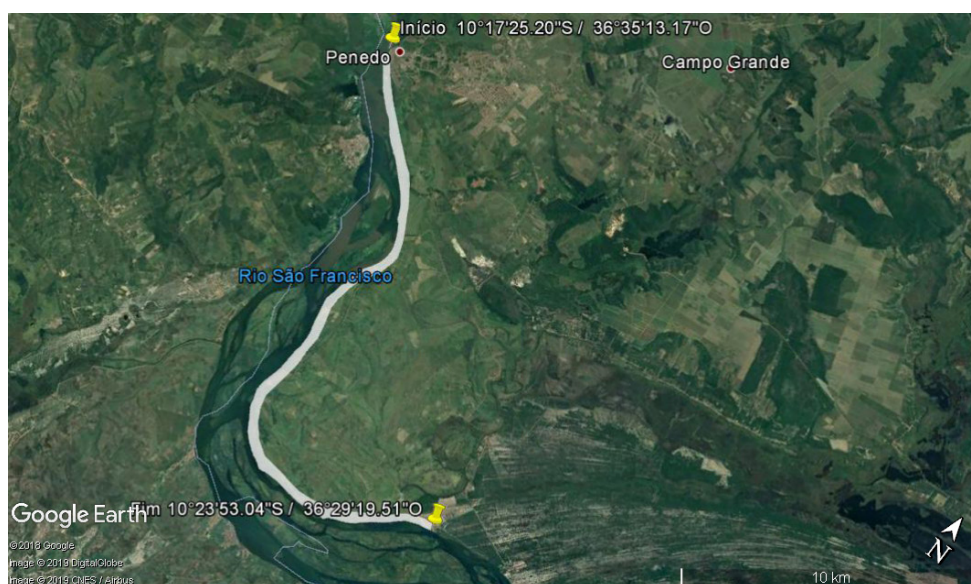


Figura 2 – Área de estudo georreferenciada.
Fonte: Google Earth (2019).

3. MÉTODOS

Para a identificação do uso dos recursos hídricos foram utilizadas pesquisas científicas em base de dados acadêmicos, buscando por livros e artigos que nortegassem a utilização destes recursos.

Para a realização do estudo foram utilizadas séries históricas das estações hidrométricas mais próximas da área, pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA) instaladas no Baixo São Francisco, que tem como função monitorar o volume de chuvas, nível e a vazão dos rios, quantidade de sedimentos, evaporação e a qualidade das águas.

Esses dados foram obtidos no portal Hidroweb (Sistema de Informações Hidrológicas), onde os mesmos disponibilizam as vazões mínimas e máximas diariamente de todas as estações da bacia.

Essa série histórica (2008-2018) foi escolhida porque segundo a (CHESF, 2017) a bacia do rio São Francisco passou pelo maior período de seca em quase 90 anos de medição, o volume útil na barragem de sobradinho caiu de 9,8% para 7.8%.

Estação	Código	Localização	Coordenadas (UTM)
Piranhas	49330000	Piranhas, AL	(N) 8935760; (E) 636623
Pão de Açúcar	49370000	Pão de Açúcar, AL	(N) 8921826; (E) 670355
Traipu	49660000	Traipu, AL	(N) 8897023; (E) 719014
Propriá	49705000	Propriá, AL	(N) 8870132; (E) 738389

Tabela 1 – Estações fluviométricas utilizadas
Fonte: Adaptado de ANA (2019).

Para a realização do estudo foram utilizadas séries históricas das quatro estações fluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA) instaladas no Baixo São Francisco, conforme tabela 1. As séries históricas de vazões observadas foram carregadas da plataforma Hidroweb da ANA e importadas no Excel.

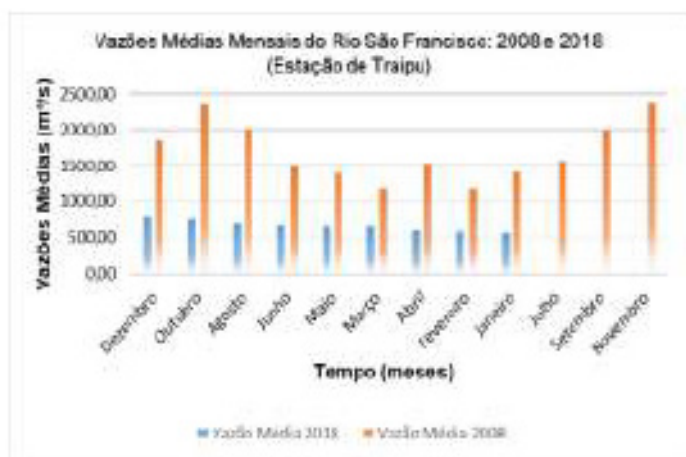
A.



B.



C.



D.

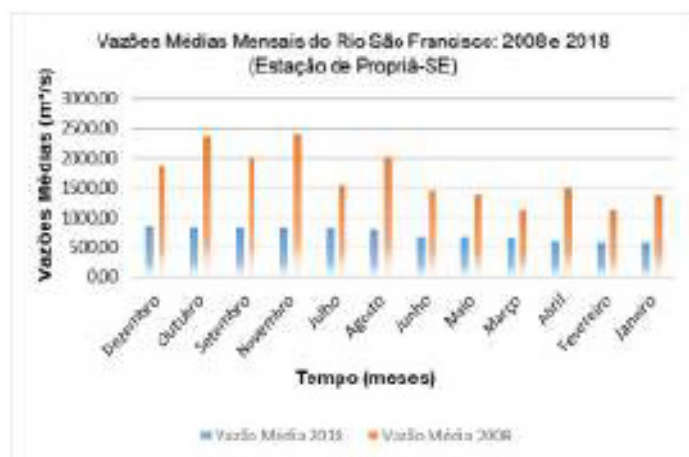


Figura 3 - Vazões mínimas para as estações de Piranhas (A), Pão de Açúcar (B), Traipu (C) e Propriá (D).
Fonte: Adaptado de ANA (2019).

Com os dados das vazões mensais do período que foi estudado, elaborou-se uma planilha para gerar gráficos no programa Excel, assim facilitando a leitura dos dados brutos fornecidos, sendo então calculada uma média anual das vazões das respectivas estações hidrométricas mostradas na figura 3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados de acordo com os gráficos de todas as estações, pode-se observar que as vazões máximas e mínimas do ano de 2008 é superior a vazão de 2018, esses efeitos decorrentes da regularização do regime de vazão podem ser positivos e negativos. Os positivos estão relacionados à captação de água para abastecimento público, pesca, navegação e turismo da região, entretanto, os solos de várzea, que eram aproveitados periodicamente pelos ribeirinhos, principalmente para o cultivo do arroz, tiveram reduzidos os níveis de nutrientes em

virtude da não ocorrência das grandes cheias.

Para Martins et al. (2011, p. 10), atualmente as grandes áreas de várzeas que existiam no Baixo São Francisco foram substituídas pelos perímetros de irrigação, construídos como resposta compensatória à regularização do regime de vazões, com isso, observou-se alguns impactos negativos com a implantação dos períodos de irrigação, como: desapropriação da área; desmatamento; abertura de estradas, unidade de bombeamento; alteração na paisagem; diminuição da fauna e da fertilidade do solo; alteração da vazão do rio, bem como a retirada de vegetação existente se faz sentir até os dias atuais, se refletindo indiretamente de forma negativa na renda do agricultor.

Milliman et al. (2008) avaliando valores de vazões médias anuais de alguns dos maiores rios do Continente Americano, constataram que o Rio São Francisco apresentou redução de aproximadamente 20% na sua vazão média anual entre 1951 e 2000, em função das mudanças no clima global e de atividades antrópicas desenvolvidas na bacia.

Segundo Holanda et al. (2009), os relatos da população ribeirinha do Baixo São Francisco mostram que a população foi extremamente prejudicada porque a construção dos complexos de Sobradinho, e mais recentemente, de Xingó, modificou características da água do rio, como nível de nutrientes no sedimento e turbidez, que atualmente apresentam padrões que não estimulam a reprodução dos peixes contribuindo para a diminuição e até mesmo a extinção de várias espécies de peixes.

Alguns autores apontam para os impactos relacionados às alterações impostas aos recursos hídricos, dentre eles, Marques (2003) afirma que o caso do avanço do mar sobre áreas continentais, na foz do rio São Francisco devido à diminuição da força das águas do rio, pela diminuição de sua vazão. Muehe (2005) por sua vez, explica que além da diminuição da vazão das águas, também o processo contínuo de transporte de sedimentos pelas águas dos rios contribui para constituir barreiras submersas que impedem o avanço das águas marinhas nas áreas estuarinas.

O avanço do mar sobre áreas do estuário também altera a qualidade das águas, o rio vai perdendo força para o mar e os peixes de água salgada têm sido encontrados em áreas anteriormente de predomínio de água doce. A salinização dos estuários e dos aquíferos nas áreas de contato tem impactado as comunidades ribeirinhas, que são obrigadas a modificarem suas atividades sob a ameaça de perderem sua produção ou sua forma de sustento (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2009, p. 113).

As principais demandas de uso da água distribuídas na bacia do rio São Francisco, são: 28 (m³/s) para uso humano; 167 (m³/s) para irrigação e uso animal e 29 (m³/s) para uso industrial (CBHSF, 2009). Segundo dados divulgados pela (ANA, 2008) foram emitidas mais 1000 outorgas para projetos de irrigação, grande



parte destas propostas apresentam áreas cultivadas acima de 50 ha.

5. CONCLUSÃO

As atividades ribeirinhas, minimizadas pela baixa vazão, como a pesca, navegação, agricultura e o lazer, bem como o reconhecimento das tradições comunitárias devem ser estimuladas e promovidas, bem como o fortalecimento e a difusão do acesso à educação, que poderá transformar e contribuir na organização e mobilização dos envolvidos em prol da revitalização do rio São Francisco.

Este estudo abre possibilidades para novas pesquisas quali-quantitativas, que contribuam para um diagnóstico satisfatório da região, se revestindo de grande relevância por se tratar de um dos maiores rios do mundo, necessitando de um fortalecimento na gestão coberta de planejamento e monitoramento.

Diante dos impactos ambientais causados pela ação humana, atualmente, existem ferramentas – mecanismos – que podem conservar e manejar ecossistemas que têm papel fundamental na provisão de serviços prestados pela biodiversidade. O Pagamento por Serviços Ambientais – PSA – surgem como alternativa na mitigação em busca da comercialização dos serviços ambientais, que procura reflorestar matas ciliares, manejo de bacias hidrográficas, qualidade da água, direito pelo uso da água, além de pacotes de serviços turísticos que servem de busca por ambientes protegidos com uma beleza cênica para recreação.

Por fim, a população ribeirinha, especialmente as comunidades pobres, vítima da desigualdade ambiental supracitada, resultante do crescimento cumulativo de degradação ambiental, deve buscar enfrentar, paulatinamente, os impactos a fim de se fortalecer diante da atual situação.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas (ANA). Resoluções. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais>>. Acessado em: 24/09/2019.

ANDRADE, Manuel Correia de. *A terra e o homem do Nordeste: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste*. 7ª edição. São Paulo: editora Cortez, 2004. 318 p.

Casado, A. P. B.; Holanda, F. S. R.; Araújo Filho, F. A. G.; Yagui, P. *Bank erosion evolution in São Francisco River*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.26, p.231-239, 2002.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF). Características da bacia. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acessado em: 31/10/2019.

Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF). Relatórios mensais das vazões. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/Pages/default.aspx>>. Acessado em: 15/09/2019.



- CPRM. Diagnóstico do município de Penedo/AL. Disponível em: < http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15321/rel_cadastrros_penedo.pdf?sequence=1>. Acessado em: 16/10/2019.
- GONÇALVES, C.; OLIVEIRA, C. Rio São Francisco as águas correm para o mercado, v. 12, p. 113-125, 2009.
- Holanda, F. S. R.; Santos, L. G. C.; Santos, C. M. dos; Casado, A. P. B.; Pedrotti, A.; Ribeiro, G. T. *Riparian fragments affected by bank erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil*. Revista Árvore, v. 29, p.148-152, 2005.
- Holanda, F. S. R.; Rocha, I. P. da; Oliveira, V. S. *Estabilização de taludes marginais com técnicas de bio-engenharia de solos no Baixo São Francisco*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.570-575, 2008.
- Holanda, F. S. R.; Ismerim, S. S.; Rocha, I. P. da; Jesus, A. S. de; Araújo Filho, R. N. de; Mélo Júnior, A. V. de. *Environmental Perception of the São Francisco Riverine Population in Regards to Flood Impact*. Journal of Human Ecology, v. 28, p.37-46, 2009.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados geográficos. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acessado em 31/10/2019.
- MARQUES, Fabricio. *As praias perdidas*. Revista FAPESP, São Paulo, n. 92, p. 46-51, 2003.
- Milliman, J. D.; Farnsworth, K. L.; Jones, P. D.; Xu, K. H.; Smith, L. C. *Climatic and anthropogenic factors affecting river discharge to the global ocean, 1951–2000*. Global and Planetary Change, v.62, p.187– 194, 2008.
- MARTINS, D. et al. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 15, no 10, 2011.
- Ministério do Meio Ambiente. Principais afluentes do rio São Francisco. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/>>. Acessado em 31/10/2019.
- MUEHE, Dieter. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. (Orgs.) *Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- Peixoto, L. S.; Mauad, F. F. Estudo de conflitos de usos múltiplos da água utilizando simulação computacional. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.8, p.209-215, 2003.
- SANTOS, Reginaldo. Impactos socioambientais à margem do Rio São Francisco – Relação Homem x Natureza. 1. ed. São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2011.
- Milliman, J. D.; Farnsworth, K. L.; Jones, P. D.; Xu, K. H.; Smith, L. C. Climatic and anthropogenic factors affecting river discharge to the global ocean, 1951–2000. Global and Planetary Change, v.62, p.187– 194, 2008.
- SEPLANTEC - Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia do Estado de Sergipe. Informes Municipais, Aracaju: SEPLANTEC, 2000, 75p.
- Song, X. J.; Xu, X. Z.; Liu, M. C.; Li, E. H. *Ecological and environmental instream flow requirements for the Wei River - the largest tributary of the Yellow River*. Hydrological Processes, v.21, p.1066-1073, 2007.
- Stevaux, J. C.; Martins, D. P.; Meurer, M. *Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil*. Geomorphology, v.113, p.230-238, 2009. Syvitski, J. P. M.; Vörösmarty, C. J.; Kettner, A. J.; Green, P. *Impact of Humans on the Flux of Terrestrial Sediment to the Global Coastal Ocean*. Science, v.308, p.376-380, 2005.
- Syvitski, J. P. M.; Vörösmarty, C. J.; Kettner, A. J.; Green, P. Impact of Humans on the Flux of Terrestrial Sediment to the Global Coastal Ocean. Science, v.308, p.376-380, 2005.
- Zahar, Y.; Ghorbel, A.; Albergel, J. *Impacts of large dams on downstream flow conditions of rivers: Aggradation and reduction of the Medjerda channel capacity downstream of the Sidi Salem dam (Tunisia)*. Journal of Hydrology, v.351, p.318-330, 2008.



**INFLUÊNCIA DA SECAGEM NA
COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE
PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO
CONVENCIONAIS DA AMAZÔNIA**

INFLUENCE OF DRYING ON THE NUTRITIONAL COMPOSITION OF
NON-CONVENTIONAL FOOD PLANTS IN THE AMAZON

Adriana Cardoso da Silva

Paulo Alexandre do Couto Simonetti

Resumo

A desidratação de hortaliças proporciona, com baixo custo, a conservação de produtos com pouca alteração de suas características organolépticas e nutritivas. *Mansoa alliacea* é comumente chamado de alho silvestre ou cipó-alho, em referência ao odor penetrante das folhas quando amassadas. Jambu (*Acmella oleracea*), também conhecido como jambuassu, é uma planta autóctone da América do Sul. O estudo da influência da secagem na composição nutricional pode ser vantajoso para a ampliação da exploração econômica das PANC's. A Secagem é a operação unitária em que a água ou qualquer outro líquido é removido de um material, na pesquisa de alimentos, denomina-se de desidratação. Para este estudo, as plantas selecionadas foram desidratadas nas temperaturas de 45 °C e 60 °C, e avaliadas quanto sua composição nutricional. O comportamento da secagem foi ajustado a modelos matemáticos. As amostras desidratadas mostraram conter maior quantidade de nutrientes em comparação com as amostras frescas, mostrando que a perda de umidade resultou na concentração de proteínas, carboidratos, cinzas e lipídios. Os valores encontrados para a composição centesimal mostraram que as duas plantas estudadas podem ser boas fontes de minerais e carboidratos, além de conterem um valor razoável de proteínas e lipídios. Entre as temperaturas de secagem, a de 60°C mostrou-se mais vantajosa para o processo, podendo acarretar em menores custos de produção, além de bons valores nutricionais.

Palavras chave: Desidratação, jambu (*Acmella oleracea*), cipó-alho (*Mansoa alliacea*).

Abstract

The dehydration of vegetables provides, with low cost, the conservation of products with little alteration of their organoleptic and nutritional characteristics. *Mansoa alliacea* is commonly called wild garlic or garlic vine, in reference to the penetrating odor of the leaves when kneaded. Jambu (*Acmella oleracea*), also known as Jambuassu, is an autochthonous plant in South America. The study of the influence of drying on nutritional composition can be advantageous for the expansion of economic exploitation of PANC's. Drying is the unitary operation in which water or any other liquid is removed from a material in food research is called dehydration. For this study, the selected plants were dehydrated at temperatures of 45 °C and 60 °C, and evaluated their nutritional composition. The drying behavior was adjusted to kinetic models. Dehydrated samples were found to contain higher amounts of nutrients compared to fresh samples, showing that the loss of moisture resulted in the concentration of proteins, carbohydrates, minerals and lipids. The values found for the centesimal composition showed that the two plants studied can be good sources of minerals and carbohydrates, in addition to containing a reasonable amount of proteins and lipids. Among the drying temperatures, the 60°C showed to be more advantageous for the process, which can lead to lower production costs, besides good nutritional values.

Key-words: Dehydration, jambu (*Acmella oleracea*), garlic vine (*Mansoa alliacea*).



1. INTRODUÇÃO

Muitas plantas denominadas como “daninhas” são, na verdade, espécies com grande importância ecológica e econômica. Muitas dessas espécies, por exemplo, são alimentícias. O mesmo é válido para plantas silvestres, genericamente chamadas de “mato”, as quais, no entanto, são recursos genéticos com usos potenciais inexplorados (KINUPP e LORENZI, 2014).

As plantas alimentícias não convencionais (PANC's) são hortaliças pouco exploradas comercialmente devido à carência de informações sobre suas propriedades nutricionais. Estas plantas podem ser utilizadas para fins medicinais e alimentícios. Segundo Kinupp (2007) no Brasil não são conhecidos trabalhos publicados que abordem, em detalhe, o percentual total de plantas com potencial alimentício em ambientes naturais e em áreas geográficas maiores.

As plantas com potencial alimentício podem ser utilizadas como condimentos ou temperos, e também no preparo de bebidas (refrigerantes, chás, tonificantes, estimulantes e licores). As partes com uso potencial alimentar destas plantas podem ser os frutos, folhas e flores alimentícias, talos que podem ser usados como verdura e sementes (KINUPP e BARROS, 2007).

Algumas hortaliças nativas são pouco valorizadas quanto ao consumo e pesquisa em comparação com frutas. As frutas têm o chamariz da cor, da doçura e da suculência, já as hortaliças em geral são tratadas como “matos”. As hortaliças regionais, inegavelmente são “matos” enquanto não cultivadas e utilizadas com regularidade, mas este enquadramento pode ser transitório. Algumas espécies hoje tidas como culturas agrônômicas não eram valorizadas até muito recentemente e outras, antes muito utilizadas, caíram em desuso (KINUPP, 2009).

Dentre a diversidade de plantas alimentícias, algumas poucas fazem parte da culinária regional, como o Jambu (*Acmella oleracea*), componente essencial do tacacá, o cubiu (*Solanum sessiliflorum*), o qual produz frutos que podem ser usados na tradicional caldeirada, assim como na elaboração de sucos, sorvetes e geleias. Outra muito cultivada e vendida na região norte é a chicória-de-cacoclo (*Eryngium foetidum* L.), um tempero essencial em pratos a base de peixes (KINUPP, 2009).

1.1 Cipó-alho (*Mansoa alliacea*)

Mansoa alliacea é comumente chamado de alho silvestre ou cipó-alho, em referência ao odor penetrante das folhas quando amassadas (ZOGHBI et al., 2009). É um arbusto semi-trepador de 3m de altura, partes vegetais com cheiro de alho, pseudo-estipulas pequenas, aplanadas e cônicas (REVILLA, 2001). De acordo com



Mejía (2000), a planta possui folhas alongadas de cerca de 20cm, que se afinam em pontas agudas e flores campanuladas, de cor rósea ou púrpura, dispostas em pequenos racemos terminais.

Podem ser utilizadas suas folhas, cascas, raiz e caule, tendo uso para fins diversos nas indústrias farmacêuticas, alimentícias e de cosméticos. No nordeste paraense a espécie é cultivada em quintais de populações tradicionais, onde é utilizada como condimento e para fins medicinais (VILHENA-POTIGUARA et al., 2012).

O cipó-alho pode ser utilizado como condimento e flavorizante na preparação de várias bebidas e comidas. Muitas ervas e condimentos, onde se inclui o cipó-alho, são adicionadas na preparação de diversos pratos e sopas contendo carne, peixe e verduras, comumente por povos indígenas e comunidades ribeirinhas (SÁEZ, 2010).

1.2 Jambu (*Acmella oleracea*)

O Jambu (*Acmella oleracea*), também conhecido como agrião-do-Pará, agrião-do-norte, abecedária e jambuassu, é uma planta autóctone da América do Sul, onde pode ser encontrada cultivada ou subspontânea (CARDOSO e GARCIA, 1997).

Os países tropicais e subtropicais detêm a maior diversidade de espécies vegetais vasculares, contudo, o número de frutíferas e oleáceas autóctones proporcionalmente utilizadas é ínfimo. Dentre as hortaliças, algumas poucas fazem parte da culinária regional amazonense. Entre estas, destaca-se o jambu, componente essencial de pratos típicos regionais (KINUPP, 2009).

O Jambu é uma hortaliça promissora, possuindo flavonoides, vitamina C e um forte potencial antioxidante, despertando grandes interesses de pesquisadores e empresas (BORGES, 2009). De acordo com Gusmão et al. (2005) esta herbácea é uma importante fonte de renda para pequenos produtores dos municípios do Pará. Além de fazer parte de comidas típicas regionais, vem sendo utilizada de forma mais geral, seja em saladas ou compondo outros pratos.

O uso das folhas e talos do jambu como hortaliça é muito difundido entre os amazônidas, por serem indispensáveis na preparação de iguarias regionais, como pato-no-tucupi e o tacacá. Além disso, a folhagem é utilizada em cozidos e sopas. Suas propriedades condimentares estão relacionadas com o sabor acre e pungente de suas folhas (CARDOSO e GARCIA, 1997).



1.3 Desidratação de hortaliças

As hortaliças desidratadas dão origem a inúmeros produtos, alguns deles de elevado consumo no Brasil como sopas e pós desidratados. A desidratação de hortaliças proporciona, além de baixo custo, produtos que conservam, com pouca alteração, suas características organolépticas e nutritivas (MOTA, 2005).

A desidratação, além do objetivo principal de preservar os alimentos pela redução da umidade, torna possível limitar ou evitar o crescimento de microrganismos ou outras reações de ordem química. Pela remoção da água resulta, ainda, em uma maior facilidade no transporte, armazenamento e manuseio do produto final, seja ele para consumo na forma direta, ou como ingrediente na elaboração de outros produtos alimentícios.

Em processos com tratamento térmico, determinadas propriedades do alimento podem ser perdidas, como vitaminas e proteínas, além de propriedades sensoriais, como cor e sabor específicos do mesmo, e com a secagem não é diferente; apesar disso, vantagens podem ser atribuídas ao processo de desidratação, entre eles o aumento de vida útil do produto, ocasionando redução nas perdas pós-colheita, a concentração de nutrientes no alimento desidratado e a facilidade no transporte e armazenamento dos produtos (CELESTINO, 2010).

Em um trabalho de Elias et al. (2008), foi realizada a desidratação e avaliação nutricional do caqui, onde os resultados mostraram um incremento em todas as características físico-químicas avaliadas para o caqui desidratado em comparação ao caqui *in natura*.

1.4 Composição centesimal

O conhecimento da composição de alimentos consumidos nas diferentes regiões do Brasil é um elemento básico para ações de orientação nutricional baseadas em princípios de desenvolvimento local e diversificação da alimentação, em contraposição à massificação de uma dieta monótona e desequilibrada (LIMA, 2011).

A composição centesimal de um alimento exprime de forma básica o valor nutritivo ou valor calórico, bem como a proporção de componentes em que aparecem, em 100 g de produto considerado (porção comestível do alimento), os grupos homogêneos de substâncias do alimento (SOAVE e LACERDA, 2006).

Por convenção, os grupos homogêneos de substâncias constituintes do alimento são os seguintes: Umidade ou voláteis a 105 °C; cinzas ou resíduo mineral fixo; lipídios, gorduras ou extrato etéreo; proteína bruta ou extrato nitrogenado;



carboidratos, glicídios, açúcares ou sacarídeos; fibras ou substâncias insolúveis (OLIVEIRA, 2011).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As plantas foram adquiridas a partir de compra de fornecedor localizado no Mercado Adolfo Lisboa em Manaus, Amazonas. As mesmas foram selecionadas conforme o estado de conservação e posteriormente, higienizadas em água corrente seguido de imersão em solução de hipoclorito de sódio por 30 minutos. A remoção de talos foi feita de modo manual, com auxílio de faca de aço inoxidável. Depois, foram pesadas em balança semianalítica.

2.1 Secagem

Cada uma das plantas foi disposta uniformemente em recipientes refratários e levada para desidratação em estufa de circulação forçada de ar previamente aquecida. O controle da temperatura foi feito por meio de um termostato. Durante a secagem, foram feitas pesagens do produto, a fim de monitorar o ponto final do processo, que determinava-se quando a pesagem obtinha valores constantes.

As temperaturas de secagem escolhidas para o cipó-alho foram 45 °C de acordo com o método de Figueiredo et al. (2015), e 60 °C para melhor análise de temperaturas. Para a desidratação do Jambu, foram escolhidas as temperaturas de 45 °C e 60 °C, de acordo com os métodos de Borges (2012) e Borges et al. (2010).

O comportamento da secagem foi ajustado aos modelos matemáticos abaixo.

Designação do Modelo	Equação
Exponencial de dois termos	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a)\exp(-k \cdot a \cdot t)$
Logarítmico	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$
Page	$RU = \exp(-k \cdot t^n)$
Midilli et al.	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$

Tabela 1 – Modelos matemáticos de regressão não linear, avaliados para prever o fenômeno de secagem das folhas de jambu e cipó-alho.

2.2 Composição nutricional

Para a análise da composição nutricional, foram determinadas as concentrações de umidade, proteínas, lipídios, carboidratos e cinzas das amostras *in natura* e desidratadas de acordo com os métodos físico-químicos de análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (Zenebon et al., 2008).



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Secagem

Apresentam-se nas figuras 1 e 2 respectivamente, as curvas de secagem obtidas para o cipó-alho nas temperaturas de 45 °C e 60 °C, e para o jambu nas mesmas condições, onde pode-se observar a influência da temperatura do ar de secagem na cinética do processo.

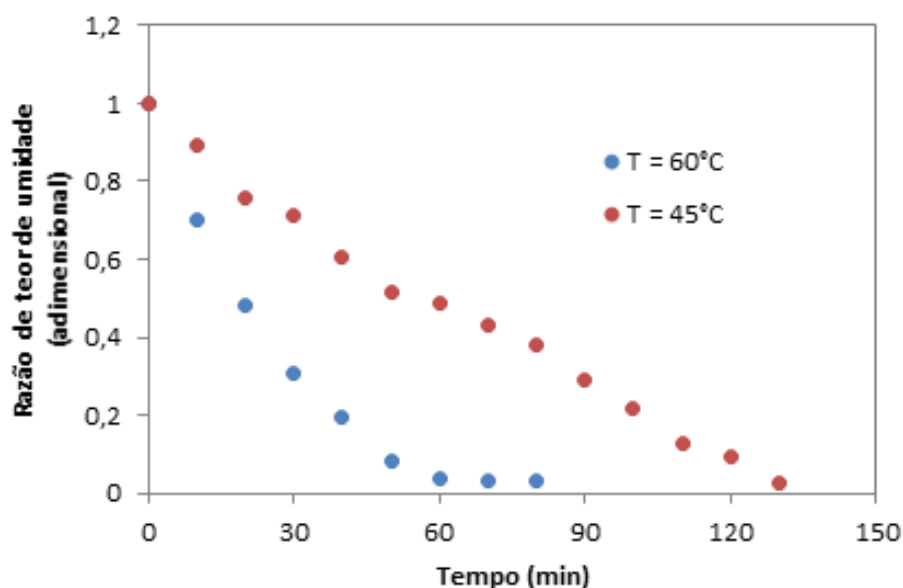


Figura 1 – Curva de secagem do Cipó-alho em duas temperaturas

Nota-se, na figura 1, a diferença entre as razões dos teores de umidades das amostras de cipó-alho nas duas temperaturas. A temperatura do ar de 60 °C proporcionou uma remoção de umidade mais eficiente, resultando em um menor tempo de secagem. Já na temperatura de 45 °C, a perda de água foi lenta e praticamente constante durante todo o processo.

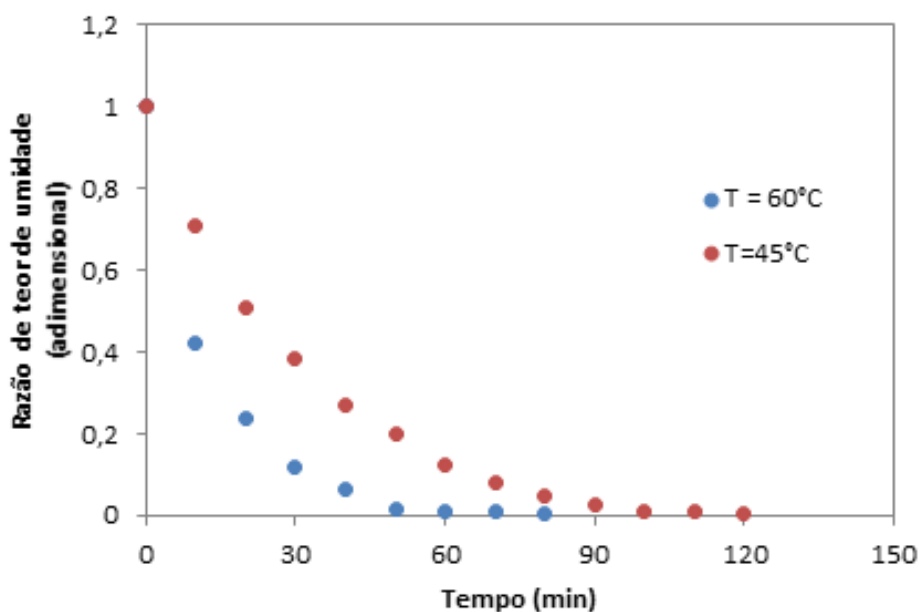


Figura 2 – Curva de secagem do Jambu em duas temperaturas

Na temperatura de 60 °C, a amostra de jambu teve uma grande perda de umidade no período inicial da secagem (Figura 9), iniciando rapidamente o período decrescente da velocidade de secagem. Já para a temperatura de 45 °C, a remoção de umidade torna-se mais demorada, resultando em um processo mais demorado. Macinkowski (2006) também constatou que a elevação da temperatura diminui a duração do processo, isto se deve ao aumento da difusividade mássica da água no produto.

O modelo de Midilli et al. (2002) foi o mais adequado para descrever a secagem do cipó-alho em ambas temperaturas analisadas. Para o jambu, os mais adequados foram o modelo exponencial de dois termos (SHARAF-ELDEEN, 1980) e o modelo logarítmico (YAGCIOGLU, 1999) respectivamente para as temperaturas de 60 °C e 45°C.

3.2 Composição nutricional

Estão apresentados, nas tabelas 2 e 3 respectivamente, os valores das análises bromatológicas realizadas com o Cipó-alho e o Jambu.

Embora existam muitos estudos sobre o jambu e o cipó-alho, notou-se a escassez de pesquisas voltadas para a área alimentícia, por este motivo, as comparações dos resultados foram feitas, em maioria, com outras hortaliças e PANC's previamente analisadas em condições semelhantes às deste trabalho, como a ora-pro-nobis (OLIVEIRA & SARTOR, 2015), taioba (PINTO, 2001) e a bertalha (MARTINEVSKI et al., 2013).

Determinações	Cipó-alho <i>in natura</i>	Cipó-alho seco (45 °C)	Cipó-alho seco (60 °C)
Umidade b.u. (%)	66,79 ± 4,09	9,97 ± 1,45	7,99 ± 1,41
Cinzas (%)	3,39 ± 1,47	7,52 ± 0,16	9,06 ± 0,07
Extrato etéreo (%)	2,14 ± 0,65	6,67 ± 0,17	8,70 ± 0,09
Proteína (%)	0,95 ± 0,12	1,73 ± 0,61	2,51 ± 0,0
Carboidrato (%)	26,73 ± 2,50	74,10 ± 1,00	71,74 ± 1,47

Tabela 2 – Valores médios e respectivos desvios-padrão da composição centesimal do Cipó-alho

Determinações	Jambu <i>in natura</i>	Jambu seco (45 °C)	Jambu seco (60 °C)
Umidade b.u. (%)	89,82 ± 1,53	9,52 ± 3,06	8,09 ± 1,54
Cinzas (%)	1,57 ± 0,32	13,25 ± 0,18	13,74 ± 0,32
Extrato etéreo (%)	1,12 ± 0,35	9,54 ± 0,48	12,90 ± 0,56
Proteína (%)	0,74 ± 0,06	2,38 ± 0,06	2,95 ± 0,0
Carboidrato (%)	6,75 ± 1,12	65,31 ± 2,83	62,33 ± 1,21

Tabela 3 – Valores médios e respectivos desvios-padrão da composição centesimal do Jambu

A partir dos resultados obtidos para o cipó-alho (Tabela 2), pode-se observar que a planta *in natura* possui teor médio de umidade, carboidratos e cinzas, e um baixo teor de lipídios (extrato etéreo) e proteínas. O jambu (Tabela 3) mostrou possuir uma elevada umidade na amostra fresca, e baixos teores de proteína e extrato etéreo. A desidratação influenciou de modo expressivo na composição centesimal destas duas PANC's.

O teor de umidade médio percentual encontrado para a folha de cipó-alho *in natura* foi 66,79%, enquanto que para a planta desidratada, a umidade obtida foi de 9,97% para a temperatura de secagem de 45 °C, e 7,99% para a temperatura de 60 °C. Figueiredo et al. (2015) encontraram umidades semelhantes para o cipó alho, obtendo 63,39% para o material *in natura* e 9,63% para a folha seca em estufa a 34 °C.

A umidade média de 89,82% para o jambu *in natura* obtida neste trabalho é semelhante à encontrada na tabela de composição de alimentos do IBGE (2011), na qual o valor de umidade é 89,0%. Após a desidratação, as umidades tiveram valores abaixo de 10%, valor próximo ao obtido por Barbosa et al. (2014 apud BARBOSA, 2016).

O teor de cinzas refere-se à quantidade total de minerais presentes nas hortaliças, e ambas as plantas apresentaram aumento significativo após a secagem. No caso do cipó-alho, o valor foi de 3,39% no material *in natura*, para 7,52% na temperatura de secagem de 45 °C e 9,06% para 60 °C. Para o jambu, o valor inicial de 1,57%, aumentou para 13,25% e 13,74% respectivamente nas temperaturas de 45 °C e 60 °C.

Valores semelhantes de cinzas foram observados por Martinevski et al. (2013), que analisaram as folhas desidratadas de ora-pro-nobis, obtendo resultado de 13,66% e Mauro et al. (2010) que obtiveram 10,80% de cinzas em talos de couve e 15,42% em talos de espinafre.

O valor percentual médio de proteínas encontrado para as amostras *in natura* foi de 0,95% para o cipó-alho e 0,74% para o jambu, sendo o último, abaixo do valor de 1,9% encontrado pelo IBGE (2011). Os teores de proteínas nas amostras frescas são semelhantes aos encontrados para a chicória na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (LIMA, 2011). Os resultados obtidos também podem ser comparados com os de Perdomo (2015) para o alface, e por Souza et al. (2008) para o talo de couve-flor, 0,92% e 0,9%, respectivamente.

Para os produtos desidratados, nas temperaturas de secagem de 45 °C e 60 °C respectivamente, as concentrações de proteína do jambu foram de 2,38% e 2,95%, enquanto para o cipó-alho foram de 1,73% e 2,51%.

Estes valores são maiores que os encontrados por Mauro et. al (2010) para o talo de espinafre desidratado, onde o teor de proteína foi de 1,51%, porém, os teores de proteínas do jambu e cipó-alho mostraram ser muito menores em comparação com outras PANC's, como os obtidos por Pinto et al. (2001) para a folha de taioba, e por Martinevski et al. (2013) para a ora-pro-nóbis, respectivamente 27,59% e 20,1%.

De acordo com Amorim et al. (2000), temperaturas acima de 45 °C danificam o conteúdo dos órgãos vegetais, onde pode notar-se pelo baixo teor de proteína obtido nos produtos desidratados. Apesar disso, as amostras secas a 60 °C obtiveram maiores teores de proteínas em relação à temperatura de 45 °C, o que pode ser explicado por Bezerra (2007), que ressaltou que, além da temperatura, o tempo de exposição das hortaliças ao calor também pode contribuir para a desnaturação proteica. A maior umidade nas plantas secas a 45 °C também pode ter contribuído para a diferença encontrada.

Na análise do extrato etéreo, o resíduo obtido não é constituído unicamente por triglicerídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente, como esteróis, vitaminas A e D, pigmentos carotenoides e óleos essenciais (BOLZAN, 2013). Para o cipó-alho *in natura*, o valor encontrado foi de 2,14%, o qual aumentou para 8,67% e 10,70% respectivamente nas temperaturas de 45 e 60 °C. O jambu *in natura* obteve o teor de 1,12%, enquanto as amostras desidratadas apresentaram valores de 9,54% e 12,9% para 45 e 60 °C respectivamente.

Na composição centesimal dos alimentos encontrada, a porcentagem de carboidratos refere-se aos carboidratos digeríveis, como açúcares e amidos, e aos não digeríveis (fibras), incluindo celulose, hemicelulose, lignina, pectina e gomas. Pelo método da diferença, calcularam-se os valores de 26,73% para a amostra fresca



de cipó-alho e 6,75% para jambu. As porcentagens para as amostras desidratadas aumentaram significativamente, onde o cipó-alho obteve teores de 74,1% e 71,74% para 45 e 60 °C respectivamente, e o jambu, 65,31% e 62,33% para as duas temperaturas.

No geral, a secagem na temperatura de 60 °C possibilitou a maior difusão de água das folhas para o ambiente, com isso, as matérias secas obtiveram menores teores de umidade de equilíbrio, e conseqüentemente maior concentração de nutrientes no produto final. Além disso, necessitou de um menor tempo de processo de secagem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as temperaturas de secagem estudadas, a de 60 °C mostrou-se mais vantajosa, podendo acarretar em menores custos de produção, além de bons valores nutricionais. Os valores encontrados para a composição centesimal mostraram que as duas plantas estudadas podem ser boas fontes de minerais e carboidratos, além de conterem um valor razoável de proteínas e lipídios. As informações obtidas podem ser utilizadas para a expansão da comercialização das hortaliças in natura e desidratadas, por demonstrar o potencial alimentício das mesmas.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-AAL, R.E.; AL-GARNI, Z. Forecasting Monthly Electric Energy Consumption in eastern Saudi Arabia using Univariate Time-Series Analysis. **Energy**, v. 22, n.11, p.1059-1069, 1997.
- ABRAHAM, B.; LEDOLTER, J. **Statistical Methods for Forecasting**. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R.J. **Forecasting Methods and Applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- PELLEGRINI, F.R.; FOGLIATTO, F. Estudo comparativo entre modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão de demanda sazonal. **Revista Produto & Produção**, v. 4, número especial, p.72-85, 2000.
- AMORIM, A.C.L. *et al.* Análise fitoquímica de cinco espécies vegetais do horto de plantas medicinais da Embrapa Amazônia Oriental. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, 2000.
- BARBOSA, A.F. Avaliação química e biológica do jambu (*Acmella oleracea* L.) seco com ar frio e liofilizado. 2016.
- BEZERRA, T.S. Desidratação de hortaliças: aspectos teóricos. 2007.
- BOLZAN, R.C. Bromatologia. Universidade Federal de Santa Maria: 2013.
- BORGES, L.S. Biomassa, teores de nutrientes, espilantol e atividade antioxidante em plantas de jambu (*Acmella ciliata* Kunth) sob adubações mineral e orgânica. 2009.
- BORGES, L.S. Potencial antioxidante, óleo essencial e atividade antifúngica de plantas de jambu (*Spilanthes oleracea*), cultivadas sob adubação orgânica e convencional e processamento mínimo de nectarina (*prunus*



persica var. nectarina): conservação de suas qualidades e propriedade, 2012.

BORGES, L.S.; GUERRERO, A.C.; FERNANDES, D.M. Adubação foliar com silício no crescimento de plantas de jambu. **Cultivando o saber**, v. 3, n. 1, p. 160-170, 2010.

CARDOSO, M.O.; GARCIA, L.C. Jambu (*Spilanthes oleracea* L.). **Embrapa Amazônia Ocidental-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1997.

CELESTINO, S.M.C. Princípios de secagem de alimentos. **Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E)**, 2010.

ELIAS, N.F. *et al.* Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 322-328, 2008.

FIGUEIREDO, P.L.B. *et al.* Composição química dos voláteis das folhas de *Mansoa standleyi* (cipó-de-alho) em função das técnicas de secagem e extração. 2015.

GUSMÃO, S.A.L. *et al.* Caracterização do cultivo de jambu nas áreas produtoras que abastecem a grande Belém. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Tabelas de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009, Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

KINUPP, V.F. Plantas alimentícias não convencionais (PANCs): uma riqueza negligenciada. **REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 61a**, p. 4, 2009.

KINUPP, V.F. Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS. 2007.

KINUPP, V.F.; BARROS, I.B.I. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 63-65, 2007.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H.J. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo, 2014.

LIMA, D.M. **Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO**. Nepa-Unicamp, 2011.

MARCINKOWSKI, E.A. Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja. 2006.

MARTINEVSKI, C.S. *et al.* Utilização de bertalha (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) e ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) na elaboração de pães. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 3, p. 272, 2013.

MAURO, A.K.; SILVA, V.L.; FREITAS, M.C. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, 2010.

MEJÍA, K. Plantas Medicinales de Uso Popular en la Amazonia Peruana. 2. ed. Lima: Agencia Española de Cooperación Internacional, p. 21, 2000.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z.A. New model for single layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 07, p. 1503-1513, 2002.

MOTA, R.V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssigo submetidas à desidratação osmótica. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 789-794, 2005.

OLIVEIRA, R.B.; SARTOR, C.F.P. Comparação do teor proteico de *Pereskia aculeata* (ora-pro-nobis) com as hortaliças convencionais *Brassica oleracea* (couve) e *Spinacia oleracea* (espinafre). 2015.

OLIVERA, Florencia Cladera. Composição centesimal dos alimentos. **www.ufrgs.br/alimentus**, 2011.

PERDOMO, N.; LINETH, L. Qualidade físico-química e microbiológica de hortaliças produzidas em cultivo consorciado. 2015.

PINTO, N.A.; FERNANDES, S.; CARVALHO, V. Variabilidade da composição centesimal, vitamina C, ferro e cálcio de partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Current Agricultural Science and Technology**, v. 7, n. 3, 2001.



- REVILLA, J. **Cultivando a saúde em hortas caseiras e medicinais**. SEBRAE: INPA, 2001.
- SÁEZ, J.A.L.; SOTO, J.P. Fitoquímica y valor ecológico del olor a ajo en los vegetales. **Medicina naturista**, v. 4, n. 1, p. 15-23, 2010.
- SHARAF-ELDEEN, Y.I.; BLAISDELL, J.L.; HAMDY, M.Y. A model for ear corn drying. Transactions of the ASAE, v. 5, n. 4, p. 1261-1265, 1980.
- SOAVE, P.B.; LACERDA, T.H.M. Avaliação da Composição Centesimal de Preparações Fortificadas com Ferro Destinadas a Alimentação Escolar. 2006.
- SOUZA, P.D.J. *et al.* Análise sensorial e nutricional de torta salgada elaborada através do aproveitamento alternativo de talos e cascas de hortaliças. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 1, p. 55-60, 2008.
- VILHENA-POTIGUARA, R.C. *et al.* Estruturas secretoras em cipó-d'alho (*Mansoa standleyi* (Steud.) AH Gentry, Bignoniaceae): ocorrência e morfologia. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 321-328, 2012.
- YAGCIOGLU, A.D.A.C.F. Drying characteristic of laurel leaves under different conditions. In: **Proceedings of the 7th International congress on agricultural mechanization and energy, 1999**. Faculty of Agriculture, Cukurova University, 1999.
- ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para a análise de alimentos. 2008.
- ZOGHBI, M.D.G.B.; OLIVEIRA, J.; GUILHON, G.M.S.P. The genus *Mansoa* (Bignoniaceae): a source of organosulfur compounds. **Rev. bras. Farm.** 2009.



**ESTIMATIVA DA DESCARGA SÓLIDA
E GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO
DE FUNDO DO RIO IGUATEMI**

ESTIMATION OF SOLID DISCHARGE AND GRANULOMETRY FROM
BOTTOM SEDIMENT OF THE IGUATEMI RIVER

Amanda Amorim Correa Garcia

Carla Cristina Bem

Resumo

O assoreamento é um problema recorrente nos cursos d'água, originada principalmente de práticas inadequadas de uso do solo e de devastação das áreas de preservação permanente. A erosão produz diversos impactos para os cursos d'água, como por exemplo a diminuição da vida útil de reservatórios hidrelétricos. Os sedimentos que se depositam nos reservatórios são classificados em: sólidos suspensos, dissolvidos e de fundo e seu aporte pode ser calculado por diversos métodos. Este trabalho realizou a comparação dos valores de descarga sólida de leito calculada pelo método direto e indireto, próximo à foz do rio Iguatemi, afluente pela margem matogrossense do sul do reservatório de Itaipu. Foram analisados os parâmetros de acordo com a Metodologia Modificada de Colby (1995), o peneiramento foi realizado de acordo com o Método de Suguio (1973) adaptado, seguindo a escala da Embrapa (2012). Mais de 64% de todo o sedimento coletado das três amostras ficaram retidos na peneira de malha 50. Já a descarga sólida, houve diferenças entre os métodos de até 2 vezes nas últimas amostras e de até 5 vezes na primeira, causada possivelmente pelo equipamento. Como esperado, a descarga sólida mostrou uma relação positiva com a descarga líquida.

Palavras chave: Assoreamento, Reservatório, Método direto e indireto.

Abstract

The silting is a common problem on the water courses, caused by improper use of the soil and deforestation of permanent preservation areas. This erosion causes several damage for the water course, like for exemple the decrease of lifespan of hydroelectric reservoirs. The sediments that deposits at the reservoir are classified as: suspended, dissolved and bottom solids and your contribution can be calculated by various methods. This paper compared the values of solid bottom discharge estimated by the direct and indirect method from Iguatemi River, affluent by the right bank of Mato Grosso do Sul of Itaipu's reservoirs. The parameters were analyzed according to a Colby's Modified Methodology (1995), the siftin was made according to the Suguio Method (1973) adapted, following the scale of Embrapa (2012). More than 64% of all sediment that was collected of all samples were retained in the 50 mesh sieve. For the solid discharge, there were differences between the methods of 2 times on the last samples and 5 times on the first one, probably caused by the sampler. Like expected, the solid discharge, it was demonstrated a positive proportion with the liquid discharge.

Key-words: Silting, Reservoir, Direct and Indirect method.



1. INTRODUÇÃO

A produção e o transporte de sedimentos, causados principalmente por intemperismo físico e químico, de origem natural ou antrópica e de acordo com Vanzela et al. (2014), pode causar grandes prejuízos ambientais, como por exemplo, o assoreamento de rios, lagos e reservatórios. No caso de usinas hidrelétricas, como a Itaipu Binacional, os estudos de sedimentos são essenciais para controlar e estimar a vida útil dos reservatórios (CARVALHO, 2008). Os sedimentos podem ser divididos basicamente em dissolvidos, em suspensão, saltantes e de arrasto (EMBRAPA, 2012), a soma dos de arrasto e os saltantes formam o Sedimento de Fundo (CARVALHO, 2008).

Existem métodos diretos e indiretos para a determinação da descarga sólida de arrasto de uma seção. Porém, os métodos indiretos são os mais comumente utilizados por conta da dificuldade e o custo de se conseguir os dados diretos. (BRUNE, 2014). O indireto pode ser calculado por meio de fórmulas, ou no emprego de uma porcentagem com base da descarga sólida total pelo Método Modificado de Colby. Já o método direto é realizado coletas da descarga de fundo com equipamentos específicos em um determinado tempo, onde para tal, recomenda-se coletar no mínimo em cinco verticais bem distribuídas (ANEEL, 2000).

O cálculo indireto realizado atualmente na Itaipu tem como base o Método Modificado de Colby, que diz que o valor da descarga sólida de fundo pode ser considerado como 20% do valor da descarga total (MENDES et al., 2010), utilizando-se dos valores da vazão líquida para encontrar o a concentração de sólidos suspensos, método também utilizado por Leli et al. (2011), e a partir desta encontrar o valor da descarga sólida total.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a descarga de sedimento de fundo no rio Iguatemi, um dos principais afluentes do reservatório de Itaipu pelo método direto e comparar os resultados com a estimativa do método indireto que é comumente aplicado no reservatório.



2. METODOLOGIA

2.1 Descrição da área de estudo

O local de estudo analisado foi a seção transversal do rio Iguatemi localizada no estado do Mato Grosso do Sul, no município de Eldorado. O rio Iguatemi é um curso de água de nível 2 com cerca de 218 km de extensão e aproximadamente 80 metros de largura no local da coleta com profundidade média de 2,5 metros, caracterizado como um rio de planície, sua localização está demonstrada na Figura 1.

O rio Iguatemi possui uma grande influência sob o reservatório de Itaipu, uma vez que a maior parte da constituição de seu material de fundo é areia, portanto uma parcela alta de seu leito arenoso acaba sendo depositado no fundo do lago de Itaipu.



Figura 1 – União do Rio Iguatemi com o Rio Paraná no município de Eldorado
Fonte: Google Earth (2017)

2.1 Amostragem do Sedimento de fundo

No total foram realizadas 3 coletas e seu processo está ilustrado na Figura 2.

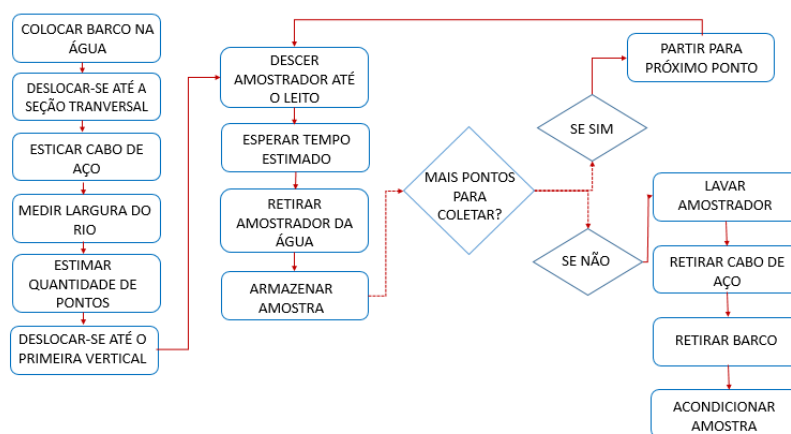


Figura 2 - Fluxograma do método de coleta da amostra de sedimento de fundo

O equipamento utilizado para coleta do sedimento de fundo é um amostrador portátil BLM – 84 adaptado ao modelo de Hayley Smith, que consiste basicamente em peças conjugadas em aço inoxidável, onde a parte da frente é um paralelepípedo com seção de 7,7 por 7,7 centímetros soldado a um tronco de pirâmide. Seu fundo é plano para melhor acomodação no leito do rio. Na parte posterior do equipamento foi ajustada uma saca com tela de malha para a retenção do material de leito (CARVALHO, 2008).

A primeira campanha de campo foi realizada no dia 16 de maio de 2017, em 20 verticais na seção de medição com 90 metros de largura. Já na segunda campanha de campo, realizada no dia dezoito de agosto de 2017, foram feitas 13 verticais na seção de medição com 80 metros de largura (a diminuição da seção transversal do rio deve-se ao fato de nesta data ser um período de seca na região). Na terceira e última coleta, o rio manteve a largura de 80 metros e foram adotadas 10 verticais de coleta.

O tempo de amostragem adotado para cada vertical e todos os dias de coleta foi de dois minutos.

2.2 Análise em Laboratório

Em cada coleta foram analisados os parâmetros de acordo com a Metodologia Modificada de Colby de 1955 (ANEEL, 2000). Para a análise da granulometria foi adotado o Método de Suguio (1973) adaptado, seguindo a escala da Embrapa (2012), utilizando peneiras da série Tyler. Para esta análise, foram utilizadas peneiras de mesh 635, 200, 140, 120, 100, 70, 60, 50, 35 e 30, que são empilhadas de baixo para cima respectivamente sobre o recipiente de fundo, utilizado para coletar as amostras com granulometrias menores do que o mesh 635. Em seguida o peneirador foi ajustado para 10 minutos em uma vibração de 50% e a amostra na forma foi despejada lentamente na peneira de 30 mesh.

2.3 Análise de Dados

Os dados foram processados no software Excel. Para o cálculo da descarga sólida de arrasto, é realizado o procedimento ilustrado pelo fluxograma na Figura 3. Primeiramente os pesos dos sedimentos retidos nas peneiras são somados e então normalizados para o tempo de um minuto; como cada coleta foi feita em um tempo de dois minutos, o valor do peso total foi dividido por dois, e em seguida é estimado o peso de sedimento para uma hora multiplicando o valor anterior por 60.

Assim, tem-se o valor do peso total de sedimento que seria coletado (teoricamente) em uma hora, porém, como foram coletados apenas alguns pontos do trecho inteiro do rio, é estimado o quanto seria coletado se fosse amostrado toda a seção transversal do rio. Com os valores da largura do rio, número de pontos, e largura da base do amostrador, obtendo-se o valor final.

Já o cálculo da descarga sólida de fundo da forma indireta é realizado através do método empregado na Itaipu, utilizando-se a curva-chave de sedimentos em suspensão do rio Iguatemi na seção em estudo com base na vazão média da hora da coleta.

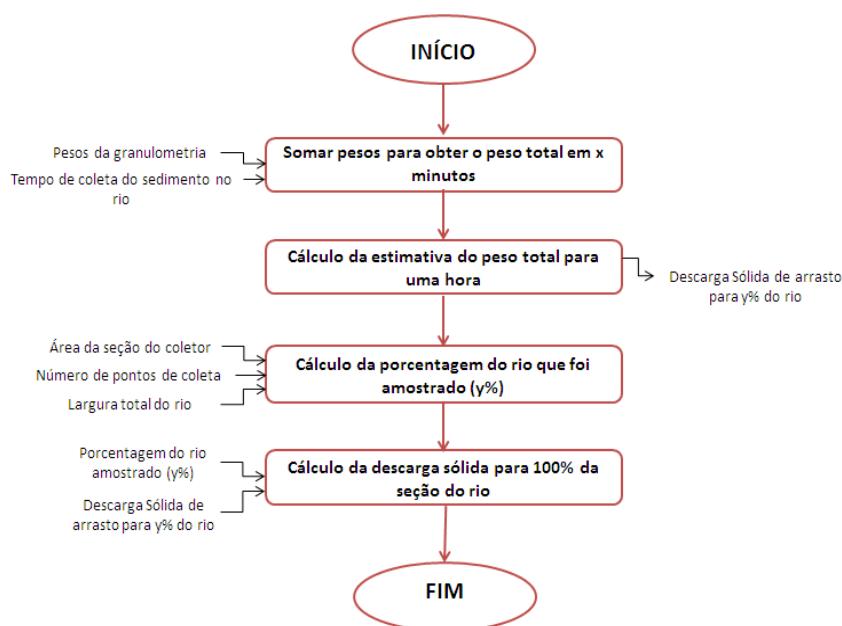


Figura 3 - Fluxograma do cálculo da descarga sólida de arrasto pelo método direto

É encontrado o valor da concentração de sólidos suspensos (em mg/l) associado àquela vazão média da hora da coleta (em m³/s). Após isso, as unidades são normalizadas e o valor da concentração de sedimentos em suspensão é multiplicada pela vazão, obtendo-se a descarga sólida em suspensão média diária (em t/dia).

Substituindo-se esse valor, e com as Equações 1 e 2, que também foram demonstradas por Vanzela et al. (2014), onde Q_{st} é a descarga sólida total, Q_{ss} a

descarga sólida em suspensão, e Q_{sl} a descarga sólida de leito, é possível chegar a um sistema linear (Equação 3), e conseqüentemente ao valor da descarga sólida de fundo.

$$Q_{st} = Q_{ss} + Q_{sl} \quad (\text{Equação 1})$$

$$Q_{sl} = 0,2 * Q_{st} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\begin{cases} Q_{st} = Q_{ss} + Q_{sl} \\ Q_{sl} = 0,2 * Q_{st} \end{cases} \quad (\text{Equação 3})$$

3. RESULTADOS

A granulometria obtida nos experimentos pode ser observada através da Figura 4, pelas curvas granulométricas das 3 amostras. Pode-se perceber que a granulometria das três amostras se manteve constante mostrando uma homogeneidade entre as 3 coletas, onde a maior parte de toda a amostra está concentrada nas peneiras de menor mesh, ou seja, com um maior diâmetro de abertura das peneiras. A peneira que mais reteve sedimento foi a de mesh 50 (0,297 mm) com cerca de 64 à 88% de toda a amostra.

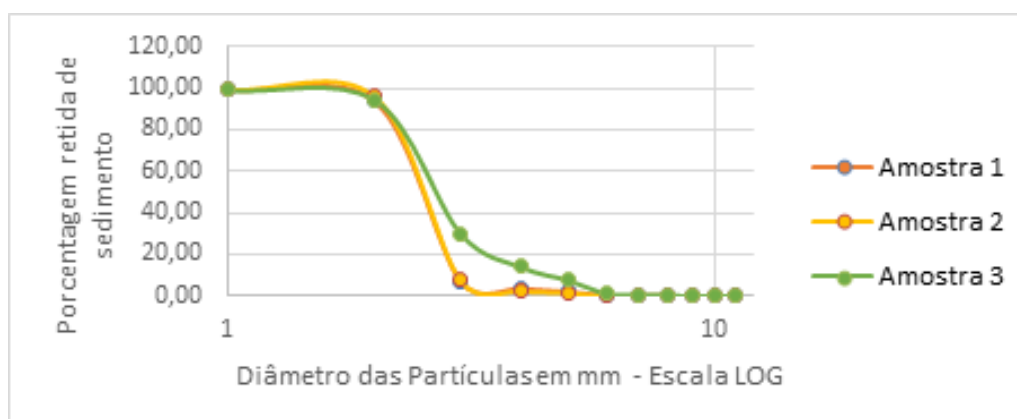


Figura 4 – Gráfico da Curva Granulométrica das três amostras de material de fundo do rio Iguatemi

Um dos possíveis motivos para a mudança da distribuição dos sedimentos na terceira amostra seria a diferença de vazão nos três dias de coleta, onde no terceiro dia a vazão foi a mais baixa (131 m³/s) que na primeira e na segunda coleta (200 e 250 m³/s, respectivamente), possibilitando que sedimentos mais finos se depositassem ao fundo, uma vez que a velocidade não se encontrava tão alta. Mesmo assim, o sedimento de fundo do Rio Iguatemi pode ser classificado como em sua grande maioria como Areia Média de acordo com a ABNT por conta de seus diâmetros mais predominantes serem entre 0,2 e 0,6 mm.

Quanto aos valores de descarga s3lida direta e indireta, houve grandes diferen7as nos valores, de acordo com a Figura 5. Como se pode observar, houve uma diferen7a entre os valores de descarga direta e indireta, onde a primeira amostra foi a que se mostrou com maior diferen7a, onde a descarga indireta se mostrou at3 5 vezes maior do que a direta, enquanto a segunda e a terceira amostra tiveram uma diferen7a de 2,6 vezes e 1,4 vezes menor respectivamente.

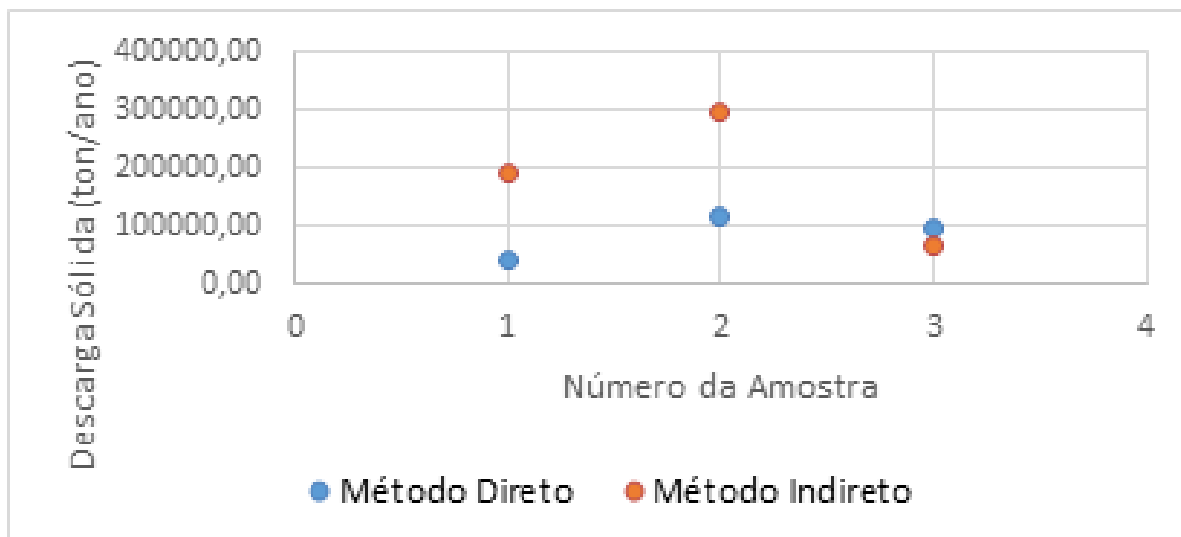


Figura 5 – Gráfico comparativo entre valores pelo método direto e indireto nas amostras coletadas

Os valores em toneladas/ano assim como a relação entre os métodos direto e indireto estão indicados na Tabela 1. De forma geral, o método indireto se mostrou 6,12 vezes maior que o direto.

Número da Amostra	Descarga Sólida Direta (t/ano)	Descarga Sólida Indireta (t/ano)	Relação Descarga Indireta / Direta
Amostra 1	38930,88	191042,19	4,91
Amostra 2	113867,01	297415,94	2,61
Amostra 3	95274,95	67970,47	-1,4

Tabela 1 – Valores das Descargas Sólidas pelos métodos diretos e indiretos

A comparação dos valores de descarga s3lida pelos métodos direto e indireto com a descarga líquida está apresentada no Figura 6.

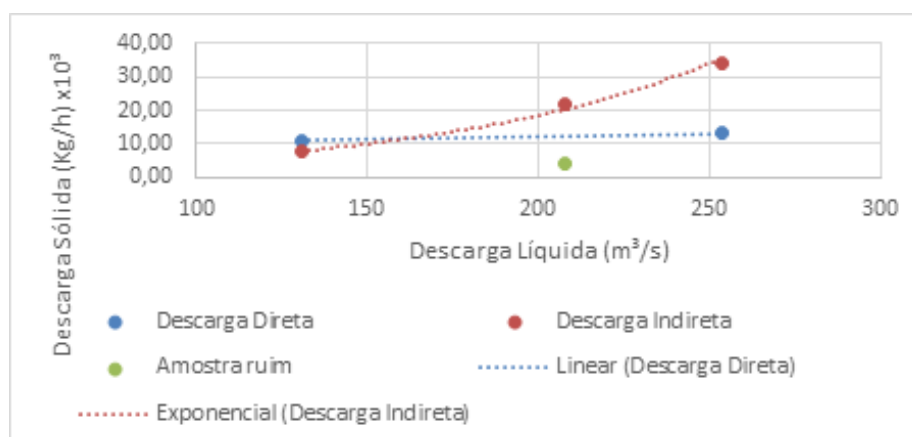


Figura 6 – Gráfico da relação entre Descargas Sólidas e Líquidas

O ponto que mais diverge, nomeado como "Amostra ruim" corresponde à primeira coleta realizada, sua diferença pode ter acontecido devido ao fato que na primeira amostra ainda não havia sido feita a adaptação do amostrador BML-84 ao modelo de Hayley Smith, ou seja, o mesmo ainda não possuía uma forma hidrodinâmica deixando-o em direção paralela à correnteza, fazendo com que o amostrador não tivesse estabilidade e girasse no leito do rio, podendo ocasionar em perda de sedimento amostrado em vazões muito altas.

Por conta disso o mesmo foi desconsiderado da linha de tendência dos métodos diretos. De forma geral pode-se notar que os valores de descarga sólida, tanto direto quanto o indireto, se comportaram como o esperado, aumentando de acordo com a descarga líquida.

4. CONCLUSÃO

Concluiu-se com o trabalho que o sedimento de fundo do rio Iguatemi pode ser classificado como em sua grande maioria composto por Areias Médias, e que para este rio em particular, os valores de descarga sólida calculados pelos métodos direto e indireto não possuem uma diferença significativamente alta.

Também é possível concluir que o amostrador BML-84 sem adaptação não se mostra eficiente para a coleta de fundo em rios com vazões mais altas, por conta da perda de material coletado, que o tempo de coleta de 2 minutos se mostrou o ideal pela vazão e quantidade de sedimentos do rio.

Quanto a relação entre as descargas líquidas e sólidas, pode-se perceber que de forma geral, os valores de descarga sólida aumentam junto com a líquida, porém por conta do erro causado pelo equipamento ainda não modificado, seria necessário mais amostragens para confirmar este ponto.

Por fim, verifica-se a necessidade de realizar mais estudos nesse rio, pois com um maior número de amostragens, os resultados se mostrariam mais perto do comportamento real da descarga de fundo do rio. Também seria interessante analisar esses parâmetros nos outros Rios afluentes do Paraná, para se verificar se a descarga sólida de fundo estimada pelo método indireto dos mesmos está próxima dos valores calculados por métodos diretos, uma vez que, a partir desses valores de sólidos arrastados pelos rios e depositados no reservatório que é estimada a vida útil da usina.



REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Gil. **Caracterização Física e Classificação dos Solos**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2005. Disponível em <http://ufrrj.br/institutos/it/deng/rosane/downloads/material%20de%20apoio/APOSTILA_SOLOS.pdf> Acesso em: setembro, 2017.
- ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica. **Guia de Práticas Sedimentométricas**. Brasília, DF: 2000.
- ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia Homeopática Brasileira**. 3ª edição, 2011.
- BAISH, P. et al. **Projeto Millenium: Protocolos de Coleta e Análise dos Sedimentos e Material em Suspensão**. Instituto do Milênio Recos. 2003. Disponível em <http://www.oceanografia.ufba.br/ftp/Sedimentologia/Lab%20e%20Praticas/Protocolos_Coleta_Analise_Sed_Baish_et al_Millenium_2003.pdf> Acesso em: junho, 2017.
- BRUNE, R. A.. **Métodos de estimativa de Descarga Sólida em Rios – Análise Comparativa**. 2014. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental na área de concentração de Recursos Hídricos) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
- CARVALHO, Newton. **Hidrossedimentologia: Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2008.
- EMBRAPA. **Padronização de métodos para Análise Granulométrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2012.
- ESQUERDO, J. C. D. D. et al. **Caracterização de Aspectos Físicos e Socioeconômicos da Unidade de Planejamento e Gerenciamento do Rio Iguatemi, Mato Grosso do Sul**. Revista GeoPantanal, Corumbá, MS, n 16, 91-108, jan/jul. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112666/1/RioIguatemi.pdf>. Acesso em: maio, 2017.
- JUNIOR, P. A.. **Avaliação da Produção e Transporte de Sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Itaqueri, Municípios de Itirapina e Brotas – SP**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- LELI, I.; STEVAUX, J.; NÓBREGA, M.; FILHO, E. (2011). **“Variabilidade temporal no transporte de sedimentos no rio Ivaí - Paraná (1977-2007)”**. Revista Brasileira de Geociências 41(4): 619-628.
- MARTINS, P. M.. **Dinâmica das Formas de Leito e Transporte de Carga de Fundo no Alto Rio Paraná**. 2004. 69 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- MARTINS, P. M.; STEVAUX, J. C.. **Formas de Leito de Transporte de Carga de Fundo do Alto Rio Paraná**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Maringá, ano 6, n. 2, 2005, Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/50>>. Acesso em: maio, 2017.
- MENDES, A. B.; SILVA, C. M.; COLOMBELLI, M.; PEREIRA, R.; JUNG, A. A.. **Atualização da Estimativa de Vida Útil da Usina Hidrelétrica de Itaipu**. In: IX ENES - Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2010, Brasília - DF. IX ENES - Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2010.
- SCAPIN, J.. **Caracterização do Transporte de Sedimentos em um Pequeno Rio Urbano na cidade de Santa Maria – SP**. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- SCAPIN, J. et al. **Avaliação de Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos em um Pequeno Rio Urbano**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Santa Maria, v. 12, n. 4, out/dez 2007, Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=17&SUMARIO=216>>. Acesso em: maio, 2017.
- SOUSA, J. M.. **Desafios da Medição Experimental da Descarga de Fundo no Estuário do Timbó: Construção e Testes de um amostrador**. 2011. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora. **Tabela de Granulometria**. Disponível em <<http://www.ufjf>



br/baccan/files/2011/05/Granulometria.pdf>. Acesso em maio, 2017.

VANZELA, Luiz. **EVALUATION OF SEDIMENT PRODUCTION AND SILTATION IN A SMALL EARTH DAM IN FERNANDÓPOLIS, SP.** Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v34n5/10.pdf> > . Acesso em março, 2019.



**PROSPECÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E
CAPACIDADE DE CRESCIMENTO DE
MICROORGANISMOS DE QUEROSENE
DE AVIAÇÃO E BIOQUEROSENE
DURANTE ESTOCAGEM SIMULADA**

PROSPECTION, IDENTIFICATION AND GROWTH CAPACITY OF
MICROORGANISMS IN JETFUEL AND BIOJETFUEL DURING
SIMULATED STORAGE

Mariane Rodrigues Lobato

Donato Alexandre Gomes Aranda

Nelson Roberto Antoniosi Filho

Marcia T. S Lutterbach

Pedro Rodrigo Scorza

Juciana Clarice Cazarolli

Fátima Menezes Bento

Resumo

O RENOVABIO, especial incentivo e apoio governamental aos biocombustíveis, permitirão ao Brasil protagonizar ações que envolvem a redução das emissões de carbono. Atualmente, existe grande esforço na eleição de matérias-primas e definição de melhores rotas para a produção e viabilidade do bioquerosene brasileiro. Como uma estratégia, a previsão da estabilidade ao armazenamento da introdução do bioquerosene ao querosene estão sendo avaliadas. O objetivo desse estudo foi prospectar, identificar e avaliar a capacidade de crescimento de microrganismos em querosene e bioquerosene de aviação em estocagem simulada. A partir de amostras dos combustíveis, realizou-se a prospecção, caracterização e identificação de microrganismos. Avaliações do crescimento utilizando indicador redox-DCPIP e produção de biomassa em microcosmos, constituídos por fase aquosa (meio mineral) e fase combustível: querosene (QAV), bioquerosene (BioQAV) e misturas bioquerosene (10%;20%), foram realizadas durante 28 dias. Foram identificados (seqüenciamento) os fungos filamentosos *Penicillium sp*, *Talaromyces diversus*, *Cladosporium halotolerans*, *Penicillium citrinum*, *Fusarium merismoides*, *Curvularia spicifera*, *Cercospora gerberae* e os fungos leveduriformes *Exophiala phaeomuriformis* e *Aureobasidium namibiae*. O fungo filamentoso *Hormoconis resiniae* (F087) foi utilizado como controle positivo nos ensaios, e mostrou a maior produção de biomassa em querosene e a menor em bioquerosene em menor tempo de viragem do indicador redox-DCPIP (48 horas). De acordo com os resultados preliminares, a produção de biomassa foi variável entre os fungos avaliados quanto a adição de bioquerosene (2,6,10 trimetildodecano) ao querosene comercial. Desta forma, a presença de bioquerosene continuará exigindo da comunidade usuária de aviação, cuidados rígidos com as rotinas e Boas Práticas durante o armazenamento destes combustíveis.

Palavras chave: contaminação microbiana, estocagem, mistura querosene-bioquerosene

Abstract

R ENOVABIO is a special incentive and governmental support for biofuels, and will allow Brazil to carry out actions that involve the reduction of carbon emissions. Currently, there is a great effort in the choice of feedstock sources and definition of better routes for the production and viability of Brazilian biojetfuel. In this sense, the prediction of storage stability from the introduction of biojetfuel to jetfuel is being evaluated. The objective of this study was to prospect, identify and evaluate the growth capacity of microorganisms in jetfuel and biojetfuel in simulated storage. The prospection, characterization and identification of microorganisms was carried out from fuel samples. Growth assessments were conducted using redox-DCPIP indicator and biomass production in microcosms, one of which, consisting of aqueous phase (mineral medium) and fuel phase: jetfuel (QAV), biojetfuel (BioQAV) and biojetfuel blends (10%; 20%), for 28 days. The filamentous fungi *Penicillium sp*, *Talaromyces diversus*, *Cladosporium halotolerans*, *Penicillium citrinum*, *Fusarium merismoides*, *Curvularia spicifera*, *Cercospora gerberae* and the yeast fungi *Exophiala phaeomuriformis* and *Aureobasidium namibiae* were identified. The filamentous fungus *Hormoconis resiniae* (F087) was used as a positive control in the tests. According to preliminary results, biomass production was variable among the fungi evaluated regarding the addition of biojetfuel (2,6,10 trimethyldecane) to commercial jetfuel. In this way, the presence of biojetfuel will continue to demand from the aviation user community and the good housekeeping is essential.

Key words: microbial contamination, storage, jetfuel-biojetfuel blend



1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o querosene de aviação sempre recebeu especial atenção durante a estocagem, devido à possibilidade de incorporação de água e suscetibilidade à contaminação microbiana (GAYLARDE et al, 1999; RAIKOS et al, 2012; PASSMAN, 2013; MARTIN-SANCHEZ et al, 2018). Os impactos da contaminação microbiana são dependentes do tipo de combustível; tempo de estocagem; adição de aditivos e rotinas adotadas na manutenção. A aviação civil comercial utiliza o querosene de aviação (QAV-A1 no Brasil), um combustível de uso em aeronaves para o transporte de passageiros, com a necessidade de homologação e atendimento a especificações válidas em qualquer parte do mundo. O querosene de aviação pode receber a adição de aditivos especiais com propriedades anticongelantes; antimicrobianas; antiestáticos e anticorrosivos (ROBBINS & LEVY, 2005). O querosene de aviação é composto por hidrocarbonetos (alifáticos e aromáticos) sem aditivos de coloração, que podem ser utilizados pelos microrganismos em seu crescimento em condições consideradas inadequadas de armazenamento (RAIKOS et al, 2012). O QAV A1 é considerado um dos combustíveis mais fiscalizados e certificados, com rotinas mais rígidas de manutenção em comparação ao diesel, gasolina e etanol. Os problemas e consequências relacionados à contaminação microbiana em tanques de estocagem de querosene de aviação datam do século passado. Os primeiros relatos sobre a natureza microbiana dos resíduos formados no armazenamento em querosene de aviação, foi realizado por Bakanaukas (1958) nos Estados Unidos e no Brasil, por Gutheil em 1966. Na Figura 1 é apresentada uma linha do tempo sobre principais eventos relacionados ao querosene (detecção, monitoramento) e bioquerosene (iniciativas).

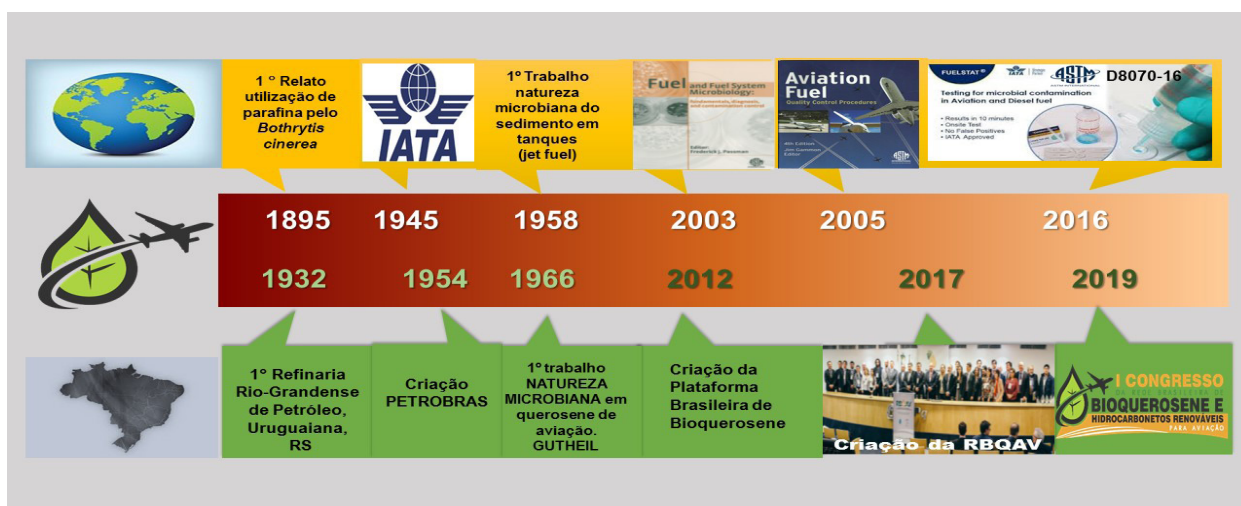


Figura 1. Principais eventos relacionados a participação microbiana durante a estocagem no mundo e no Brasil com querosene de aviação e bioquerosene.

Após o processo de refino do petróleo cru, o querosene como um dos produtos da destilação fracionada é isento de qualquer contaminação. Porém, na condição de armazenamento em tanques na refinaria ou nos caminhões tanques que transportarão o combustível ou ainda no terminal das empresas distribuidoras no aeroporto pode ocorrer o início da contaminação com microrganismos (carreados

pela poeira, ar e umidade) (BAENA-ZAMBRANA ET AL., 2013, PASSMAN ET AL., 2013) (Figura 2).



Figura 2. Visualização do sistema de armazenamento e distribuição de combustíveis de aviação, da refinaria ao tanque da aeronave. (Fonte: <https://www.wipro.com/en-CN/engineeringNXT/solving-aviation-fuel-complexities-through-hyper-spectral-imagin/> modificado)

A presença de água no tanque de combustível ocorre pela condensação da umidade, formando água na fase livre, no fundo dos tanques, fundamental para o crescimento de microrganismos com capacidade de se desenvolver as expensas do carbono presente nos hidrocarbonetos. Os fungos (filamentosos e leveduriformes) e bactérias (aeróbias e anaeróbias) podem formar consórcios microbianos (diferentes espécies), degradando o combustível ou seus aditivos, removendo o oxigênio, solubilizando compostos (Figura 3).

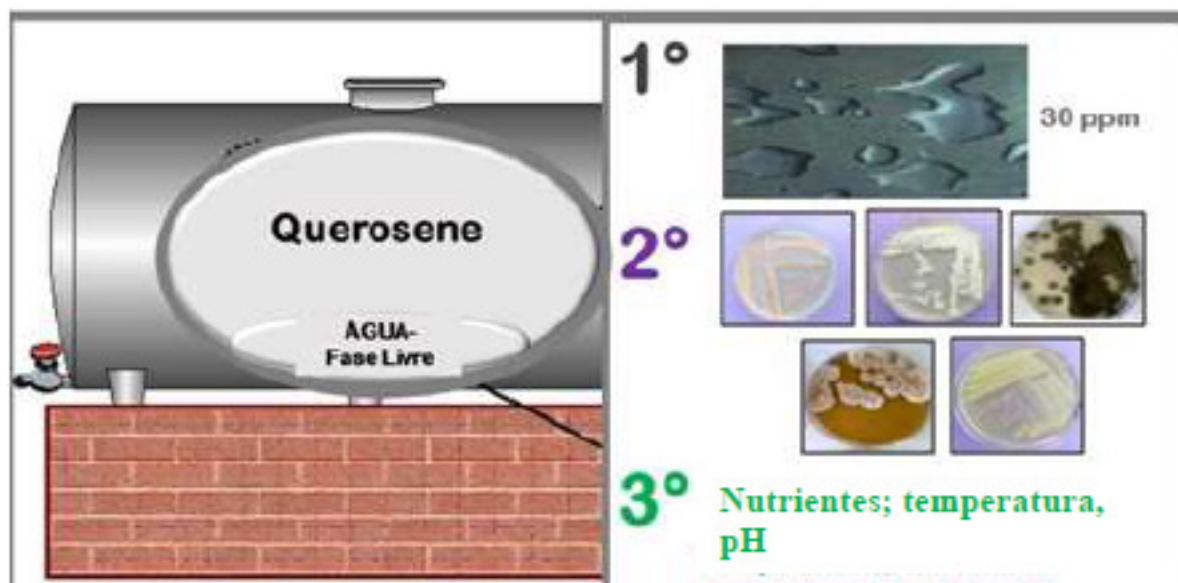


Figura 3. Aspecto ilustrativo de uma tanque aéreo de estocagem de querosene, em situação inadequada, devido a a presença de água livre (à esquerda), à direita, as condições encontradas para a formação de lodo biológico: presença de água (1º); fungos e bactérias nativos (2º); disponibilidade de nutrientes minerais, temperatura e pH (3º).

A principal consequência do crescimento microbiano é a produção de uma

biomassa, que se concentra principalmente na interface combustível-fase aquosa, causando a degradação dos hidrocarbonetos e produção de metabólitos (ácidos orgânicos e inorgânicos) que podem provocar a corrosão dos tanques. Neste sentido, a estratégia de monitoramento permitirá informar se o sistema de estocagem com relação à presença de microrganismos encontra-se em condições aceitáveis ou de alerta, exigindo por exemplo uma ação de remediação.

O monitoramento da contaminação microbiana para combustíveis pode ser conduzido com metodologias que estimam o número de microrganismos, tanto na fase combustível ou na fase aquosa seguindo Normas internacionais (IP 385; ASTM D6974 e ASTM D7687). Neste ano, a primeira Norma Brasileira ABNT 16732-19 (*Combustíveis líquidos e sistemas associados - Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana*) foi homologada. O teste mais moderno de detecção de contaminação microbiana em querosene foi homologado como Norma ASTM D6974-16, a partir de uma patente de 2004 (*US 2004/0115748 A1*). Trata-se de uma primeira geração do teste, abordando a detecção de composto produzido pelo fungo *Hormoconis resinae*, durante seu crescimento no querosene. Uma segunda versão do teste, também detecta a presença de outros microrganismos, como fungos e bactérias. Trata-se de um teste com grande acurácia, com resultados rápidos (10 minutos) e não exige treinamento por parte da equipe nem equipamentos especiais. Como forma de controle e prevenção são indicados procedimentos que envolvem a drenagem regular da água formada (Norma ABNT NBR 15.512;15.216), limpeza dos tanques e o uso de biocidas.

A IATA (Associação de Transporte Aéreo Internacional) aprovou moléculas antimicrobianas (mistura de isotiazolonas e mistura de dioxiborinanos) para uso exclusivo no querosene de aviação, armazenado em tanques dentro das aeronaves. Embora aprovados pelo IATA, o uso destes produtos biocidas comerciais devem ser liberados pelas agências regulatórias de cada país.

De acordo com Passman (2019) a *American Society of for Testing and Materials* (ASTM) vem desenvolvendo orientações para avaliar testes que não utilizem a cultura de microrganismos como método de referência em amostras de combustíveis e de água associada a combustíveis. As orientações (ASTM Practice D6300) baseiam-se em avaliações interlaboratoriais de testes que quantificam o ATP intracelular, método (ASTM D7687) e testes que utilizam a técnica de imunocromatografia de fluxo lateral (ASTM D7080/2016). Os resultados obtidos mostraram que a análise interlaboratorial dos métodos utilizados obteve concordância de 83%, ou seja que das 144 amostras, 122 obtiveram o mesmo resultado. Esse grau de concordância indica que ambos os métodos fornecem indicação precisa da contaminação microbiana.

Os combustíveis de aviação derivados de biomassas renováveis são considerados uma alternativa promissora em relação aos combustíveis de aviação convencionais. O bioquerosene é um combustível renovável, tendo desempenho testado e aprovado em vôos desde 2012. Ainda não se conhece o impacto da introdução



do bioquerosene ao querosene em possíveis misturas, com relação a processos de biodeterioração e biocorrosão em tanques de armazenagem de combustível de aviação. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi prospectar, identificar e avaliar o potencial deteriogênico destes microrganismos na presença de querosene, bioquerosene e misturas com 10 e 20% (querosene-bioquerosene). O impacto da adição do bioquerosene no querosene de aviação quanto à formação de borra biológica em estocagem simulada tem sido avaliado por pesquisadores do LABBIO-UFRGS em parceria com a GOL-Linhas Aéreas, UBRABIO e RBQAV.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Combustíveis utilizados

Foram utilizadas amostras de querosene de aviação comercial (QAV) e amostras do lastro de drenagem coletados de tanques de uma empresa de aviação comercial de Porto Alegre, RS. O volume total recebido foi de 3000 mL. O bioquerosene utilizado foi produzido a partir da fermentação da cana de açúcar (obtido pela rota SIP–Isoparafinas sintetizadas, basicamente farnesano, 2,6,10 trimetildodecano) pela empresa *AMYRIS BIOTECNOLOGIA DO BRASIL*, sediada no estado de São Paulo. O volume de 3L de bioquerosene foi transportado até o laboratório e mantido sob refrigeração (4°C). As misturas com 10 e 20% de bioquerosene ao querosene foram realizadas no laboratório, em condições assépticas.

2.2. Prospecção Microbiana

A composição da comunidade microbiana foi avaliada com o isolamento dos microrganismos utilizando a Norma ASTM D6974-09 (modificada), onde amostras de 500 mL dos combustíveis foram filtradas, em triplicata, em condições assépticas, a vácuo, utilizando membrana de 0,22 µm marca Millipore. Após a filtragem, as membranas foram depositadas em meio de cultura apropriados para o crescimento bacteriano e fúngico (citados anteriormente). As placas foram incubadas em estufa, a 30° C, durante 7 dias. Após este período as colônias, com morfotipos diferentes foram isoladas em novos meios de cultura, visando a purificação dos isolados.

2.3. Identificação dos isolados fúngicos por microcultivo

Para identificação ao nível de gênero de fungos filamentosos, foram montados microcultivos dos isolados das amostras de querosene e bioquerosene. A identifi-



cação por microcultivo, permite a observação de estruturas reprodutivas (Molla et al., 2002, Cazarolli et al., 2013). Também foram utilizadas chaves dicotômicas com a mesma finalidade. (Stolk & Samson., 1972; Guarro et al., 1999).

2.4. Identificação molecular dos isolados fúngicos e leveduriformes

Para a identificação molecular foi realizado o sequenciamento Sanger. O DNA utilizado para a identificação foi obtido a partir da biomassa de cada fungo filamentoso e leveduriforme prospectado. A extração de DNA foi realizada através do Método CTAB (Ferreira e Gratapaglia 1998). O grau de pureza do DNA extraído foi avaliado utilizando o espectrofotômetro Nanodrop ND-1000 (Nanodrop Thermo Scientific, Wilmington, DE, USA). Foram utilizados os primers: ITS1 (5' – TCCGTAG-GTGAACCTGCGG–3') e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') visando a amplificação, por PCR) da região ITS-5.8S- ITS2. Os produtos da reação em cadeia da polimerase foram purificados com o auxílio do Kit PureLink™ PCR Purification da Invitrogen. As reações de sequenciamento foram realizadas utilizando BigDye® Terminator 3.1 Cycle Sequencing Reaction Kit (Applied Biosystems, Foster City USA) de acordo com as instruções do fabricante. Em seguida, as análises dos fragmentos foram processadas através do sequenciador automático ABI Prism 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City CA). As sequências geradas foram comparadas pelo sistema automatizado com o banco de dados GenBank (ferramenta online disponível em (<http://blast.be-md.ncbi.nlm.nih.gov/>)) para a identificação da porcentagem de similaridade.

2.5. Identificação de isolados bacterianos e fungos leveduriformes por Maldi-Tof

Para a identificação de bactérias e de duas leveduras obtidas a partir das amostras de querosene e bioquerosene foi utilizada a técnica de espectrometria com fonte de ionização e dessorção a laser assistida por matriz e analisador de tempo de voo (Maldi-Tof). As análises por Maldi-tof foram realizadas a partir de isolados cultivados nos meios PCA (Plate Count Ágar), BDA (Ágar Batata Dextrose) e TSA (Ágar Triptona de Soja). Uma colônia de cada bactéria e levedura isoladas foi utilizada. Os perfis de massa das proteínas dos microrganismos foram adquiridos com o espectrômetro de massas AUTOFLEX III Smart Beam e os espectros brutos foram processados usando o programa MALDI Biotyper (Bruker Daltonics). Os perfis proteicos foram obtidos em duplicatas, a partir das culturas de microrganismos de acordo com o protocolo de extração com etanol/ ácido fórmico (Singhal et al., 2015).



2.6. Ensaio de biodegradabilidade preliminar com indicador 2,6-diclorofenol-indofenol (DCPIP)

A biodegradabilidade dos combustíveis foi avaliada utilizando o indicador 2,6-diclorofenol indofenol (DCPIP) (Hanson et al., 1993). O princípio desta técnica está baseada na oxidação microbiana de uma fonte de carbono onde os elétrons são transferidos para aceptores de elétrons, tais como oxigênio, nitrato e sulfato na cadeia respiratória. A partir da incorporação de umceptor artificial de elétrons (DCPIP), no meio de cultura é possível determinar a capacidade de um microrganismo em utilizar um substrato na medida que ocorre a mudança de coloração do meio azul (oxidado) para incolor (reduzido). O tempo necessário para que fungos filamentosos, leveduriformes e bactérias mudassem a coloração do indicador-redox, na presença dos combustíveis e uma fase aquosa foi avaliada. Após 28 dias, a biomassa formada pelos fungos filamentosos das amostras de querosene (qav), bioquerosene (bioqav) e nas misturas qav-bioqav) 10% e 20% foi estimada por peso (mg).

2.7. Microrganismos utilizados e preparação dos inóculos

O fungo *Hormoconis resinae*, cepa F087, cedida pelo Instituto Nacional de Tecnologia (RJ) foi utilizado como controle positivo de crescimento em querosene. Os microrganismos identificados como: *Penicillium sp*, *Cladosporium halotolorens*, *Talaromyces diversus*, *Penicillium citrinum*, *Exophiala phaeomuriformis*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Aureobasidium namibiae*, *Arthrobacter oxydans* foram isolados das amostras de combustíveis avaliados. A preparação dos inóculos dos fungos filamentosos foi realizada a partir de culturas puras com 7 dias, cultivadas em Agar BDA em tubo inclinado, mediante a adição de 2mL do surfactante Tween 80, na concentração de 0,01%. Alíquotas das suspensões, dos inóculos dos isolados, foram contadas em câmara de Neubauer e ajustadas a uma concentração de 10^5 esporos mL^{-1} . Os isolados, na concentração acima citada, foram adicionados individualmente no microcosmo e incubados a 30°C por 28 dias protegido da luz para evitar a fotoxidação do DCPIP. A preparação dos inóculos da bactéria *Arthrobacter oxydans* e dos fungos leveduriformes *Rhodotorula mucilaginosa*, *Exophiala phaeomuriformise*, *Aureobasidium namibiae* foram realizadas a partir de culturas puras de 48 horas. Alíquotas das culturas foram padronizadas pela escala MacFarland em 10^8 UFC/ mL^{-1} . Os isolados na concentração acima citada, foram adicionados individualmente nos microcosmos e incubados à temperatura ambiente por 28 dias, protegidos da luz para evitar a fotoxidação do DCPIP.

2.7.1 Fungos Filamentosos

O experimento com os fungos filamentosos foi realizado em quintuplicata, em



frascos de vidro estéreis (20 mL) contendo as fases aquosa e combustível. A fase aquosa foi composta por 10 mL do meio mineral Bushnell-Haas (Bushnell & Haas, 1941) (g L^{-1} : 1.0 KH_2PO_4 ; 1.0 K_2HPO_4 ; 1.0 NH_4NO_3 ; 0,2 MgSO_4 ; 0,05 FeCl_3 ; 0.02 CaCl_2 ; pH 7,2), com o indicador DCPIP ($0,25 \text{ g L}^{-1}$) esterilizados a 121°C por 15 minutos. A fase combustível foi composta por 5 mL de querosene, bioquerosene, estéreis e misturas com 10% e 20% de bioquerosene em querosene comercial em condições estéreis. O tratamento controle negativo recebeu as mesmas condições, sem a adição do inóculo. Como controle positivo foi utilizado caldo BD (Batata Dextrose) para os fungos, visando avaliar a viabilidade dos esporos utilizados no inóculo e para efeito de comparação do crescimento da biomassa fúngica. O experimento foi conduzido durante 28 dias sem agitação. Para avaliar a viabilidade das células foram plaqueados os tratamentos nos tempos: 0 horas, 48 horas, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 28 dias.

2.7.2. Leveduras e Bactérias

Os testes realizados com fungos leveduriformes e bactérias foram realizados em triplicatas. Em frascos de vidros estéreis (15 mL) foram adicionadas a fase aquosa, composta por 4 mL do meio mineral Bushnell-Haas (Bushnell & Haas, 1941) (g L^{-1} : 1.0 KH_2PO_4 ; 1.0 K_2HPO_4 ; 1.0 NH_4NO_3 ; 0,2 MgSO_4 ; 0,05 FeCl_3 ; 0.02 CaCl_2 ; pH 7,2), com o indicador DCPIP ($0,25 \text{ g L}^{-1}$) esterilizados a 121°C por 15 minutos. A fase combustível foi composta por 100 μL de querosene, bioquerosene, e misturas com 10% e 20% de bioquerosene em querosene comercial em condições estéreis. O tratamento controle negativo recebeu as mesmas condições, sem a adição do inóculo. Como controle positivo foi utilizado caldo BD (Batata Dextrose) para os fungos leveduriformes e caldo nutriente para as bactérias visando avaliar a viabilidade dos microorganismos utilizados como inóculo. O experimento foi conduzido durante 28 dias sem agitação. Para avaliar a viabilidade das células foram plaqueados os tratamentos nos tempos: 0 horas, 48 horas, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 28 dias.

2.8. Crescimento fúngico

A biomassa de 4 fungos filamentosos isolados do fungo *Hormoconis resiniae* formada na interface combustível/água após 28 dias de incubação, foi avaliada por gravimetria (mg). Previamente, as membranas de papel filtro (gramatura 80, porosidade 14 μm) foram colocadas em estufa à 30°C por 48 horas, para remoção de umidade, e mantidas no dessecador por 24 horas para posterior pesagem em balança de precisão. Ao final do experimento, foi realizada a separação da fase oleosa e aquosa e da biomassa fúngica. A seguir, as membranas foram colocadas na estufa por 48 horas e em dessecador por 24 horas antes da pesagem. O peso seco da biomassa, expressa em miligramas, de cada quintuplicata foi obtido, a partir da

diferença entre o peso final e o peso inicial das membranas.

2.9. Análise Estatística

Os experimentos, com fungos filamentosos foram conduzidos em quintuplicata e os valores de biomassa fúngica obtidas nos diferentes tratamentos foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os dados foram analisados com auxílio do programa TIBCO Statistica Versão 13.3 (©1984-2017 TIBCO Software Inc).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Prospecção e Identificação

Para realizar o isolamento de microrganismos das amostras de querosene e bioquerosene foi utilizada a Norma ASTM D6974-09 (modificada). Foram identificados ao nível de gênero, pela técnica de microcultivo, 6 isolados fúngicos, com a confirmação da identificação molecular. A identificação ao nível de espécie do isolado da amostra de bioquerosene *Cercospora gerberae* foi obtida através da técnica de sequenciamento conforme Tabela 1, não sendo possível identificação por microcultivo. A análise do sequenciamento de bases da região ITS1-5.8S-ITS2 do rDNA mostrou que os fungos filamentosos isolados das amostras de querosene pertencem a 6 espécies sendo elas: *Penicillium sp*, *Talaromyces diversus*, *Cladosporium halotolerans*, *Curvularia spicifera*, *Fusarium merismoides* e *Penicillium citrinum*.

Os isolados **UFRGSQ4.2** e **UFRGSQ5.3**, obtidos da amostra de querosene de aviação, foram identificados através do sequenciamento de bases da região ITS do rDNA como fungos leveduriformes das espécies: *Exophiala phaeomuriformes* e *Aureobasidium namibiae* (Tabela 1). Foram identificados através da técnica por Maldi-tof 6 isolados bacterianos e 2 isolados de fungos leveduriformes.



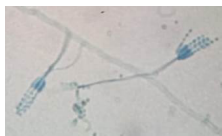

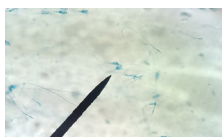
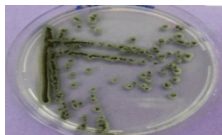
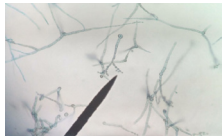
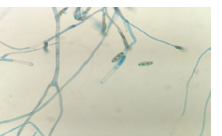



Isolados	Origem	Imagem	Resultado Sequenciamento	Código de acesso no Genbank
UFRGSQ 1.7	Querosene de Aviação		<i>Penicillium sp</i> Cobertura: 83% Identidade: 100%	MK 577890
UFRGSQ 2.4	Querosene de Aviação		<i>Fusarium merismoides</i> var. <i>violaceum</i> strain F-167 Cobertura: 100% Identidade 100%	MK 577888
UFR-GSQ2.7	Querosene de Aviação		<i>Talaromyces diversus</i> Cobertura: 100% Identidade: 98%	MK 577889
UFR-GSQ4.2	Querosene de Aviação		<i>Exophiala phaeomuriformis</i> Cobertura: 100% Identidade: 99.4 %	MK 577887
UFRGSQ 4.3	Querosene de Aviação		<i>Cladosporium halotolorens</i> Cobertura: 99% Identidade: 99%	MK 577891
UFRGSQ 4.4	Querosene de Aviação		<i>Curvularia spicifera</i> Cobertura: 100% Identidade: 99%	MK 577892
UFRGSQ 6.2	Querosene de Aviação		<i>Penicillium citrinum</i> Cobertura: 100% Identidade: 99%	MK 577893
UFRGSQ 5.3	Querosene de Aviação		<i>Aureobasidium namibiae</i> Cobertura: 100% Identidade: 99.4%	MT 094742
Isolados	Origem	Imagem	Resultado Sequenciamento	Código de acesso no Genbank
UFRGSBQ 2.2	Bioquerosene de aviação		<i>Cercospora gerberae</i> Cobertura: 100% Identidade: 100%	MK 577894

Tabela 1. Tipo de combustível, aspecto da colônia em meio de cultura e imagens de estruturas de reprodução (em microscópio ótico com 100X aumento) e identificação dos isolados por sequenciamento de bases da região ITS1-5.8S-ITS2 do DNA, e respectivos códigos de acesso ao Genbank.

A análise por espectrometria de massa por MALDI TOF identificou nas amostras de querosene de aviação bactérias pertencentes aos filós Actinobacteria e Firmicutes e fungos dos filós Ascomycota e Basidiomycota. Das amostras de bioquerosene foram identificadas uma bactéria do Filo Actinobacteria e uma bactéria do Filo Firmicutes.


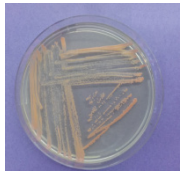
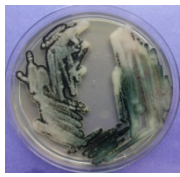
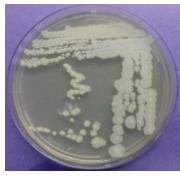
Isolados	Origem	Imagem	Identificação e escore no Maldi-Tof
UFRGSQ 1.1	Querosene de Aviação		<i>Kocuria palustris</i> <i>Actinobacteria</i> Escore: 2.211
UFRGSQ 1.2	Querosene de Aviação		<i>Dermacoccus nishinomiyaensis</i> <i>Actinobacteria</i> Escore: 2.198
UFRGSQ 1.5	Querosene de Aviação		<i>Bacillus megaterium</i> <i>Firmicutes</i> Escore: 2.045
UFRGSQ 2.9	Querosene de Aviação		<i>Rhodotorula mucilaginosa</i> <i>Basidiomycota</i> Escore: 2.285
UFRGSQ 5.1	Querosene de Aviação		<i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Ascomycota</i> Escore: 2.157
UFRGSQ 6.3	Querosene de Aviação		<i>Bacillus pumilus</i> <i>Firmicutes</i> Escore: 1.891
UFRGSBQ 1.3	Bioquerosene de aviação		<i>Arthrobacter oxydans</i> <i>Actinobacteria</i> Escore: 2.497
UFRGSBQ 1.4	Bioquerosene de aviação		<i>Bacillus cereus</i> <i>Firmicutes</i> Escore: 2.038

Tabela 2. Tipo de combustível, aspecto das colônias em meio de cultura pela técnica de esgotamento e identificação dos isolados por Maldi-Tof.

Um dos primeiros trabalhos de prospecção de microrganismos em tanques de combustível de aeronaves, foi realizado por Bakanaukas em 1958, com amostras de diferentes bases da força aérea dos Estados Unidos. Hendey (1964), investigou a relação do fungo contaminante do querosene *Cladosporium resinae*, (*Hormoconis resinae*) com a corrosão de ligas de alumínio. No Brasil, a primeira referência de investigação da natureza dos sedimentos, foi com o isolamento do fungo *Hormoconis resinae* em tanques de querosene (Gutheil, 1966).

De acordo com Rauch (2005) a identificação de microrganismos encontrados nos combustíveis de aviação pode predizer os processos de biodeterioração e seus potenciais danos além de auxiliar no entendimento das rotas de inoculação e vias metabólicas e determinar métodos de redução, prevenção e eliminação da proliferação microbiana. Segundo Gaylarde et al (1999) os microrganismos mais frequentemente isolados de combustíveis durante o armazenamento (querosene de aviação; óleo diesel e gasolina) são fungos do gênero *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* e a espécie *Hormoconis resinae*. O fungo *Hormoconis resinae* é bastante conhecido pela capacidade de utilizar uma grande faixa de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos como fontes de carbono, incluindo, alcanos, alcenos, hidrocarbonetos cíclicos, benzenos e alquil benzenos (Martin-Sanchez et al 2016) e por essa característica, contaminar e degradar vários tipos de combustíveis (GAYLARDE et al 1999, ROSALES&IANUZZI, 2008, RAFIN&VEIGN, 2018, MARTIN-SANCHEZ et al, 2018;RADWAN et al, 2018).

O Método ASTM D6974 que utiliza a técnica de filtração do combustível para a recuperação dos microrganismos, tem sido muito utilizada por vários pesquisadores para a prospecção de microrganismos em querosene (Valle & Videla, 1992) e outros combustíveis como óleo diesel; biodiesel (Bento & Gaylarde 2001, Bento et al., 2004; 2005; 2016; Soriano et al 2015). Denaro et al, (2005), utilizaram a técnica de filtragem de amostras de combustível de aviação para identificar microrganismos através de cultivo e sequenciamento do DNA. Nesse estudo, foram identificados 36 gêneros de microrganismos sendo que os gêneros *Arthrobacter*, *Bacillus* e *Kocuria* também foram encontrados por Graef (2003) em amostras de combustíveis da força aérea dos Estados Unidos e em nosso estudo conforme a Tabela 2. Rauch et al (2005), coletaram amostras de combustível de aviação, de tanques de estocagem subterrâneos, caminhões de reabastecimento e tanques localizados nas asas das aeronaves para prospectar a contaminação microbiana e avaliar a possibilidade de transferência de microrganismos de diferentes pontos da linha de distribuição de combustível.

Os resultados indicaram que os processos de contaminação podem ser bem mais complexos uma vez que as aberturas de ventilação são possíveis rotas de exposição aos microrganismos ambientais nos 3 tipos de tanques. A identificação dos microrganismos, foi realizada com base em seqüenciamento do 16S DNAr. Os microrganismos *Bacillus* sp, *Aureobasidium pullulans*, bem como bactérias do gênero *Arthrobacter* já haviam sido previamente isolados de combustíveis de aviação e também foram observados em nossa pesquisa conforme a Tabela 2. Em estudo de

2008, Hien et al, avaliaram amostras do combustível de aviação Jet A1 de válvulas dos tanques de estocagem das asas de duas aeronaves.

Os resultados obtidos mostraram que 19 amostras estavam contaminadas por fungosbactérias e leveduras. Tendo como base as suas características morfológicas, bioquímicas e o seqüenciamento do gene 16S DNAr, as espécies encontradas foram: *Aeromonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium* e *Micrococcus*. Foram ainda encontradas leveduras do gênero *Rhodotorula* e *Aureobasidium* e fungos do gênero *Penicillium*. Tanto as bactérias do gênero *Bacillus*, como as leveduras do gênero *Rhodotorula*, *Aureobasidium* e o fungo do gênero *Penicillium*, também foram aqui prospectados (Tabela 2).

Itah et al. (2009), isolaram microrganismos a partir de amostras de combustível de aviação Jet-A1 retiradas diretamente do tanque de uma aeronave e de um hidrante de tanque de estocagemna Nigéria. Nesse estudo foram encontradas bactérias como: *Bacillus megaterium*, *Bacillus cereus* e fungos do gênero *Penicillium*. Dois fungos de gênero *Penicillium* (*Penicillium spe* e *Penicillium citrinum*) foram isolados do forma semelhante no presente estudo, bem como as bactérias *Bacillus megaterium* e *Bacillus cereus* (Tabela 2). White et al, (2011) utilizaram a combinação de métodos como: cultivo, análise por DGGE, pirosequenciamento da região variável, V6, do gene 16S do rRNA e genotipagem de cepas para avaliar as bactérias envolvidas na contaminação de hidrocarbonetos de combustíveis. Os resultados apontaram que as 152 amostras de contaminantes cultivados aeróbicamente pertenciam a 3 filos com *Proteobacterias* (*Gammabacteria*, *Betabacteria* e *Alfabacteria*) sendo predominantes. As técnicas de DGGE e pirosequenciamento da região variável, V6, do gene 16S do rRNA foram utilizadas em um subgrupo de amostras de combustíveis contaminados. OTUS (unidades taxonômicas operacionais) obtidas pela análise de DGGE de 15 amostras de combustíveis foram comparadas com isolados cultivados e os resultados obtidos revelaram que *Proteobacterias* e *Firmicutes* foram identificados por ambos métodos resultados concordantes com o método de pirosequenciamento.

Em contraste com os métodos dependentes de cultivo onde o gênero *Pseudomonas* é o mais frequente, as análises pelos métodos independentes de cultivo indicaram que os gêneros *Marinobacter*, *Burkholderia* e *Halomonas* são táxons dominantes por essa abordagem. *Firmicutes* (*Bacillus megaterium*, *Bacillus cereus* e *Bacillus pulmillus*) foram do mesmo modo isolados no presente trabalho (Tabela 2).Radwan et al (2018), isolaram um fungo a partir de amostras de combustível de aviação Jet A1 e o identificaram como *Fusarium fujikuroi* FUS01 baseado em suas características morfológicas e alta similaridade (99%) com o gene 18sRNA de *F. fujikai*. Conforme mostrado na tabela 1, em nosso estudo foi prospectado *Fusarium* em amostra de querosene de aviação.



3.2 Testes preliminares com DCPIP

O fungo *Hormoconis resiniae* utilizado como controle positivo foi o que apresentou menor tempo de viragem do indicador DCPIP (48 horas) para as seguintes condições avaliadas: querosene puro e misturas bioqav 10% e 20%. No bioquerosene puro, o tempo de viragem do indicador por *Hormoconis resiniae* foi de 9 dias.

Vários estudos foram realizados, utilizando indicadores-redox para avaliar de forma preliminar a degradação de combustíveis e petróleo por microrganismos (MIRANDA et al., 2007; JUNIOR et al., 2009; MARIANO et al., 2009; MARIANO et al., 2010; DE SOUZA et al., 2018; KANKEU et al., 2017, INIOBONG et al., 2018). Siporin & Cooney, (1976) foram os pioneiros em utilizar o indicador-redox DCPIP como indicativo da capacidade do fungo *Cladosporium (Hormoconis resiniae)* em oxidar hexadecano, através da atividade da enzima succinato desidrogenase. Parberry (1967) isolou uma cepa de *Cladosporium resiniae*, de postes com creosoto e de amostras de solos na Austrália, e em 1969 a prospecção e distribuição do fungo foram avaliadas na Austrália, Bretanha e Europa. As conclusões obtidas a partir desse estudo, apontam que esse fungo é comum em amostras de solo e bastante-distribuído na natureza. O fungo *Hormoconis resiniae* tem sido isolado de ambientes naturais (solo, água fresca e água do mar) e também de produtos manufaturados. Em particular, esse fungo cresce em substratos ricos em hidrocarbonetos, como combustível de aviação, diesel, petróleo e madeira preservada com creosoto, ou alcatrão de carvão. Essa espécie tem sido relatada como uma das mais deteriorogênicas de combustíveis (RAFIN & VEIGNE, 2018) e tem sido isolada de tanques de estocagem, de refinarias, de postos de combustíveis, de óleo diesel, de tanques internos de combustíveis em aeronaves e de sistemas de combustíveis de aeronaves civis e militares (GAYLARDE Et al., 1999; ARAYA et al, 2007, ROSALES&IANUZZI, 2008, ITAH et al., 2009).

Os resultados com o isolado *Penicillium citrinum*, mostraram que foram necessários 96 horas, para a viragem de cor com querosene puro, e nas misturas com bioquerosene 10% e 20%. Na amostra de bioquerosene puro, o tempo observado foi de 7 dias. O isolado identificado como *Penicillium sp*, no entanto, mostrou a viragem do indicador redox com todos os combustíveis testados, após 7 dias.

A degradação de querosene comercial de aviação foi avaliada preliminarmente, através do indicador-redox DCPIP, por três espécies do gênero *Penicillium (P. Griseofulvum, P.aurantiogriseum e P. Corylophilum)* isolados de solo contaminado com petróleo (Maciel et al. 2013). Os resultados indicaram que *P. griseofulvum* promoveu a oxidação do DCPIP, em menor tempo quando comparada com as outras duas espécies, sendo essa a estirpe selecionada como a com maior potencial de biodegradação de querosene de aviação e indicada para a aplicação na degradação de compostos xenobióticos em processos de remediação *ex situ*. O fungo filamentosso *Cladosporium halotolerans* não apresentou viragem do indicador DCPIP



em 28 dias (tempo final do experimento) em nenhum dos tratamentos utilizados: querosene, bioquerosene e bioquerosene 10% e 20%, ainda que fosse observada formação de biomassa no tratamento bioquerosene. Akintokun et al, 2013, avaliaram o potencial preliminar de biodegradação, de diesel e biodiesel, pelos fungos, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Cladosporium* sp, isolados de solos contaminados na Nigéria, pelo método do DCPIP.

Os resultados obtidos apontaram que ocorreu mudança de coloração do meio DCPIP nas amostras dos combustíveis com os fungos do gênero *Penicillium* e *Aspergillus* indicando o potencial de degradação destes fungos o que foi posteriormente confirmado pelo método de espectroscopia de infravermelho (FT-IR). No entanto, o fungo do gênero *Cladosporium*, igualmente testado, não provocou mudança de cor no DCPIP corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho. O fungo filamentosso *Talaromyces diversus*, isolado de amostras de querosene, não apresentou mudança de coloração em 28 dias (tempo final), e tão pouco, apresentou produção de biomassa na interface combustível/fase aquosa, porém apresentou produção de biomassa no caldo Dextrose Batata (Controle Positivo).

Esse resultado demonstra que apesar dos esporos do fungo *Talaromyces diversus* serem viáveis em caldo nutriente não coseguiram se desenvolver nas condições avaliadas no presente estudo. Com relação as leveduras, o menor tempo de viragem do indicador-redox DCPIP foi observado para os fungos leveduriformes *Exophiala phaeomuriformis* e *Aureobasidium namibiae*, 7 dias em amostras de querosene, bioquerosene e misturas de bioquerosene 10% e 20%.

Outro fungo leveduriforme, isolado de amostra de querosene de aviação, utilizado no teste do DCPIP foi identificado pela técnica de Maldi-Tof como *Rhodotorula mucilaginosa*. Não foi observada mudança de coloração do meio, nem produção de biomassa, por esse microrganismo, indicando que provavelmente essa espécie não consiga se desenvolver nas condições utilizadas.

A bactéria *Arthrobacter oxydans*, isolada da amostra de bioquerosene, oxidou o meio DCPIP em 28 dias (tempo final) nos tratamentos bioquerosene e na mistura bioquerosene 10%. Isola et al, (2013) utilizaram o método do indicador redox 2.6-diclorofenol indofenol (DCPIP) para avaliar fungos com potencial de biodegradar toluenos, na Itália. O crescimento fúngico foi estimado pelo peso seco, sendo que foi evidenciado aumento de biomassa nos mesmos tubos quando comparados com os controles negativos. Os ensaios com o DCPIP indicaram que 35% dos isolados testados apresentaram mudança na coloração dentro de 7 a 10 dias e incubação.

3.3. Biomassa

Em relação a formação de biomassa formada pelos fungos filamentosos na



interface óleo/ água foi verificado que, ao final dos 28 dias de ensaio o maior valor de biomassa observado durante crescimento em querosene e o menor em bioquerosene, foi exibido pelo fungo *Hormoconis resiniae* (Tabela 3).

O fungo filamentoso *Cladosporium halotolerans*, no entanto, foi o fungo com o maior valor de biomassa produzida em bioquerosene, seguido pelos demais isolados de *Penicillium*. As misturas com 10 e 20% de bioquerosene, apresentaram valores de biomassa variáveis entre os fungos, sendo o maior valor observado para o *Hormoconis resiniae* e o menor para o *Penicillium citrinum* (Tabela 3).

A biomassa do fungo filamentoso *Hormoconis resiniae* foi cerca de 12 vezes maior no tratamento querosene, do que no tratamento com bioquerosene, e em torno de 1,5 vezes maior nos tratamentos com a mistura bioquerosene 10% e bioquerosene 20%. O menor crescimento foi observado em bioquerosene.

Houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os valores de biomassa produzidos no querosene e o bioquerosene puro e os demais tratamentos pelo teste de Tukey (Tabela 3). O farnesano, como é conhecido a molécula de bioquerosene utilizada, é uma isoparafina (2,6,10 trimetildodecano). A presença de ramificações pode dificultar a degradação devido aos efeitos conhecidos como estéricos. Em adição e efeitos estéricos, grupos funcionais podem contribuir com efeitos eletrônicos, que podem dificultar a biodegradação afetando a interação entre os contaminantes e as enzimas (Rieger et al, 2002).

Microrganismos	QAV	BioQAV	BioQAV 10%	BioQAV 20%
<i>Hormoconis resiniae</i> (INT)	7,1±0,06 ^a	0,6±0,40 ^b	5,7±0,50 ^a	5,7±0,70 ^a
<i>Penicillium</i> sp	1,1±0,30 ^a	1,2±0,10 ^a	1,2±0,10 ^a	2,3±0,20 ^b
<i>Cladosporium halotolerans</i>	1,9±0,20 ^{ab}	2,7±0,70 ^a	1,6±0,30 ^b	2,5±0,40 ^a
<i>Penicillium citrinum</i>	1,8±0,20 ^a	1,8±0,40 ^a	1,3±0,70 ^a	1,6±0,60 ^a

Tabela 3. Valores do peso seco da biomassa (mg) formada na interface combustível-água dos fungos filamentosos no querosene, bioquerosene e nas misturas bioquerosene 10% e 20%, após 28 dias em meio mineral Bushnell-Haas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O fungo filamentoso *Cladosporium halotolerans*, no entanto, foi o fungo com o maior valor de biomassa produzida em bioquerosene, seguido pelos demais isolados de *Penicillium*. As misturas com 10 e 20% de bioquerosene, apresentaram valores de biomassa variáveis entre os fungos, sendo o maior valor observado para o *Hormoconis resiniae* e o menor para o *Penicillium citrinum* (Tabela 3).

A biomassa do fungo filamentoso *Hormoconis resiniae* foi cerca de 12 vezes maior no tratamento querosene, do que no tratamento com bioquerosene, e em torno de 1,5 vezes maior nos tratamentos com a mistura bioquerosene 10% e bioquerosene 20%. O menor crescimento foi observado em bioquerosene. Houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os valores de biomassa produzidos no querosene e o bioquerosene puro e os demais tratamentos pelo teste de Tukey (Tabela 3).

O farnesano, como é conhecido a molécula de bioquerosene utilizada, é uma isoparafina (2,6,10 trimetildodecano). A presença de ramificações pode dificultar a degradação devido aos efeitos conhecidos como estéricos. Em adição e efeitos estéricos, grupos funcionais podem contribuir com efeitos eletrônicos, que podem dificultar a biodegradação afetando a interação entre os contaminantes e as enzimas (Rieger et al, 2002).

O fungo *Hormoconis resiniae* apresenta pigmentação escura devido a presença de melanina, um pigmento do alto peso molecular composto de vários tipos de monômeros fenólicos e indólicos. Esse pigmento, é altamente vantajoso para o fungo, promovendo sua sobrevivência em ambientes difíceis e conferindo uma vantagem competitiva em condições ambientais extremas como: variações de temperatura, pH e pressão (RAFIN & VEIGNE., 2018). O *Hormoconis resiniae* é reconhecidamente um dos fungos mais deteriorogênicos de combustíveis, especialmente em querosene de aviação, devido a competência em metabolizar os hidrocarbonetos alifáticos e produzir biomassa (GAYLARDE et al., 1999, EDMONDS&COONEY, 1967, RAIKOS et al., 2011, MARTIN-SANCHEZ et al, 2018,). As consequências do crescimento do micélio de *Hormoconis resiniae* em sistemas de combustíveis e tanques de estocagem incluem a formação de um revestimento microbiano que pode bloquear os encanamentos, válvulas e filtros (MARTIN-SANCHEZ et al, 2016; RAFIN & VEIGNE., 2018).

O fungo *Cladosporium halotolerans* produziu valores de biomassa no bioquerosene (2,7 mg) um pouco mais elevados que nos tratamentos querosene e mistura bioquerosene 10% e bioquerosene 20% (1.9, 1.6 e 2,5 mg, respectivamente) havendo diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos bioquerosene e mistura de bioquerosene 10% e entre a mistura bioquerosene 10% e 20%. Os resultados da pesagem da biomassa do fungo filamentosso *Penicillium* mostraram que esse isolado produziu cerca de duas vezes o valor de biomassa, na mistura bioquerosene 20% (2,3 mg) quando comparado aos tratamentos querosene puro (1,1 mg), bioquerosene puro (1,2 mg) e na mistura com 10% bioquerosene (1,2 mg) . bioquerosene (Tabela 3).

A biomassa formada pelo fungo *Penicillium citrinum* não mostrou diferença estatisticamente significativa para nenhum dos tratamentos (querosene, bioquerosene, mistura de bioquerosene 10% e mistura de bioquerosene 20%). Khan et al. (2015), utilizou o fungo *Penicillium janthinellum* SDX7, isolado de solos contaminados por hidrocarbonetos de petróleo, na Índia, para realizar estudos de otimização de parâmetros de crescimento, como pH, temperatura, agitação e produção de biomassa em diferentes concentrações de querosene (1,3 e 5%).

Os resultados mostraram que a produção de biomassa pelo fungo *Penicillium janthinellum* SDX7, diminuiu consideravelmente a partir que a concentração de querosene aumenta (a partir de 3%).



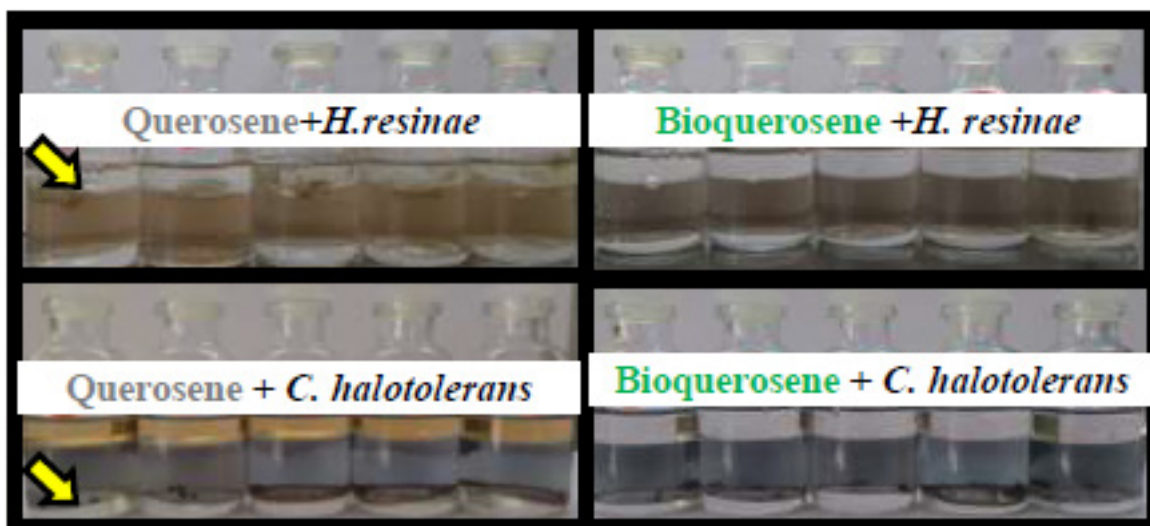


Figura 4. Estocagem simulada em microcosmos com Querosene (A) e Bioquerosene (B) com o fungo *Hormoconis resiniae* e com o fungo *Cladosporium halotolerans* em Querosene (C) e Bioquerosene (D) após 28 dias. As setas indicam biomassa fúngica.

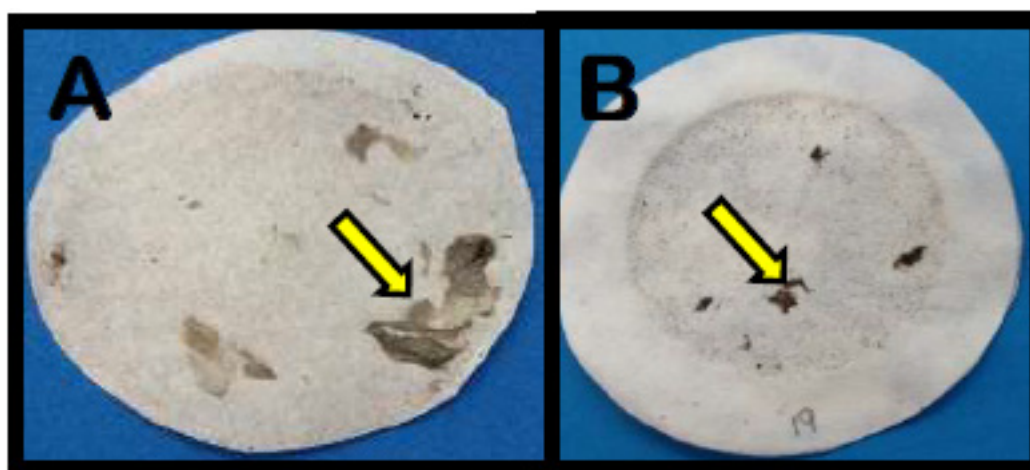


Figura 5. Aspecto da biomassa retida pela filtração em membrana após 28 dias em Querosene (A) com o fungo *Hormoconis resiniae* e em Bioquerosene (B) com o fungo *Cladosporium halotolerans*.

4. CONCLUSÃO

Foi possível caracterizar 7 fungos filamentosos, 6 bactérias e 4 fungos leveduriformes. O potencial preliminar de biodegradabilidade com o indicador redox foi indicativo na triagem de microrganismos capazes de utilizar o carbono, dos combustíveis de aviação, como única fonte de energia. O fungo filamentoso *Hormoconis resiniae* é reconhecido como um dos mais deteriogênicos de combustíveis armazenados, e conforme os resultados mostrou a maior produção de biomassa em querosene e menor em bioquerosene, com menor tempo de viragem do indicador redox-DCPIP (48 horas). No entanto, observou-se que a produção de biomassa foi variável entre os fungos avaliados quanto a adição de bioquerosene (2,6,10 trime-

tildodecano) ao querosene comercial e nas misturas (10 e 20%). Desta forma, a presença de bioquerosene continuará exigindo da comunidade usuária de aviação, cuidados rígidos com as rotinas e Boas Práticas durante o armazenamento dos combustíveis.

5. AGRADECIMENTOS

Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente. CNPq, Capes. GOL Linhas Aéreas, Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Renováveis para aviação- RBQV, União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene- Ubrabio.

REFERÊNCIAS

- ARAYA, R. et al. Biochemical analysis of the *Hormoconis resiniae* fungal mycelium in the corrosion of aeronautical aluminium alloys. **Revista de Metalurgia**, [s. l.], v. 43, n. 3, p. 228–236, 2007.
- BAENA-ZAMBRANA, S. et al. Behaviour of water in jet fuel - A literature review. **Progress in Aerospace Sciences**, [s. l.], v. 60, p. 35–44, 2013.
- BAKANAUKAS, S. Bacterial activity in JP-4 fuel. Wright air development centre technical report 58,34, armed. **Services Technical Information Agency Document N° 151034**, p. 1-15, 1958
- BENTO, Fátima M.; GAYLARDE, Christine C. Biodeterioration of stored diesel oil: Studies in Brazil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 47, n. 2, p. 107–112, 2001.
- BENTO, Fátima Menezes et al. Degradation and corrosive activities of fungi in a diesel-mild steel-aqueous system. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 135–142, 2005. a.
- BENTO, F. M. et al. Diagnóstico, monitoramento e controle da contaminação microbiana em biodiesel e misturas durante o armazenamento. In: PINHO, D. M. M., SUAREZ, P.A.Z. (Org.). **Armazenagem e uso de biodiesel: problemas associados e formas de controle**. Brasília, 2016. p. 112-174
- BUSHNELL, L. D.; HAAS, H. F. The Utilization of Certain Hydrocarbons by Microorganisms. **Journal of bacteriology**, [s. l.], v. 41, n. 5, p. 653–673, 1941.
- CAZAROLLI, JC; BÜCKER, Francielle; MANIQUE, MC. Suscetibilidade do biodiesel de sebo bovino à biodegradação por *Pseudallescheria boydii*. **Revista Brasileira de Biociências**, [s. l.], p. 251–257, 2012. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2026>>
- DE SOUZA, Lorena Mendes; MENDES, Pietro; ARANDA, Donato. Assessing the current scenario of the Brazilian biojet market. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 98, n. October, p. 426–438, 2018.
- DENARO, T. R., CHELGREN, S. K., LANG, J. N., STROBEL, E. M., BALASTER, L. M. T. AND VANGSNESS, M. D. Dna Isolation of Microbial Contaminants in Aviation Turbine Fuel Via Traditional Polymerase Chain Reaction (PCR) and Direct PCR. [s. l.], n. February, 2005.
- EDMONDS, Paul; COONEY, J. J. Identification of microorganisms isolated from jet fuel systems. **Applied microbiology**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 411–6, 1967. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=546914&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>
- FERREIRA, M. E., & GRATTAPAGLIA, D. (1996). Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. EMBRAPA-CENARGEN.



- FOSSO-KANKEU, E. et al. Adaptation behaviour of bacterial species and impact on the biodegradation of biodiesel-diesel. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 469–480, 2017.
- GAYLARDE, Christine C.; BENTO, Fátima M.; KELLEY, Joan. Microbial contamination of stored hydrocarbon fuels and its control. **Revista de Microbiologia**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 1–10, 1999.
- GRAEFF, H. W. An Analyses of microbial contamination in military aviation fuels systems. **Thesis**. Department of Air Force, Air University, Air Force Institute of Technology. Ohio, 2003.
- GUARRO, J; GENE, J; STCHIGEL. Development in fungal taxonomy. **Clinical Microbiological Reviews**, [s. l.], v. 12, n.3, 1999.
- GUTHEIL NG. 1966. Ocorrência de *Cladosporium resinae* (Lindau) de Vries em querosene de aviação no Brasil. Porto Alegre, **Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul**. 4p. (Boletim n.9), 1966.
- HANSON, K. G.; DESAI, Jitendra D.; DESAI, Anjana J. A rapid and simple screening technique for potential crude oil degrading microorganisms. **Biotechnology Techniques**, [s. l.], v. 7, n. 10, p. 745–748, 1993.
- HENDEY, N. Ingram. Some observations on *Cladosporium resinae* as a fuel contaminant and its possible role in the corrosion of aluminium alloy fuel tanks. **Transactions of the British Mycological Society**, [s. l.], v. 47, n. 4, p. 467-IN1, 1964. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(64\)80024-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(64)80024-3)>
- HIEN, Lai Thuy et al. Microbial diversity in trace water of jet fuel in Vietnam. **Osaka University Knowledge Archive**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 413–420, 2007.
- INIOMBONG IME, James. Screening for Hydrocarbon Degrading Bacteria Using Redox Indicator 2, 6-Dichlorophenol Indophenol. **Chemical and Biomolecular Engineering**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 11, 2018.
- ISOLA, Daniela et al. Isolation and Screening of Black Fungi as Degraders of Volatile Aromatic Hydrocarbons. **Mycopathologia**, [s. l.], v. 175, n. 5–6, p. 369–379, 2013.
- ITAH, A. Y. et al. Biodegradation of iInternational Jet A-1 aviation fuel by microorganisms isolated from aircraft tank and joint hydrant storage systems. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, [s. l.], v. 83, n. 3, p. 318–327, 2009.
- JUNIOR, José Soares; MARIANO, Adriano Pinto; ANGELIS, Dejanira De Franceschi De. Biodegradation of biodiesel/diesel blends by *Candida viswanathii*. **African Journal of Biotechnology**, [s. l.], v. 8, n. 12, p. 2774–2778, 2009.
- KHAN, Saima et al. A review on deoxygenation of triglycerides for jet fuel range hydrocarbons. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [s. l.], v. 140, p. 1–24, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.03.005>>
- MACIEL, C. C. S. et al. Cinética de degradação de querosene de aviação por *Penicillium* sp. através da bioestimulação. **Revista Brasileira de Biociências**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 39–42, 2013. Disponível em: <<file:///home/bruno/Downloads/2258-15541-1-PB.pdf>>
- MARIANO, Adriano Pinto et al. Aerobic biodegradation of butanol and gasoline blends. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 33, n. 9, p. 1175–1181, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.05.002>>
- MARTIN-SANCHEZ, Pedro M. et al. A novel qPCR protocol for the specific detection and quantification of the fuel-deteriorating fungus *Hormoconis resinae*. **Biofouling**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 635–644, 2016.
- MARTIN-SANCHEZ, Pedro M. et al. An improved test for the evaluation of hydrocarbon degradation capacities of diesel-contaminating microorganisms. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 129, n. January, p. 89–94, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.01.009>>
- MIRANDA, Rita De Cássia et al. Biodegradation of diesel oil by yeasts isolated from the vicinity of Suape Port in the State of Pernambuco -Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [s. l.], v. 50, n. 1, p. 147–152, 2007.
- MOLLA, A. H. et al. A potential resource for bioconversion of domestic wastewater sludge. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 85, n. 3, p. 263–272, 2002.
- PARBERY, D. G. Isolation of the Kerosene Fungus, *Cladosporium resinae*, from Australian Soil. **Transac-**

tions of the British Mycological Society, [s. l.], v. 50, n. 4, p. 682-IN3, 1967. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007153667801001>>

PARBERY, D. G. The natural occurrence of *Cladosporium resinae*. **Transactions of the British Mycological Society**, [s. l.], v. 53, n. 1, p. 15–23, 1969. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007153669800021>>(PARBERY, 1969)

PASSMAN, F. J. Microbial contamination and its control in fuels and fuel systems since 1980 - a review. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 81, p. 88–104, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.08.002>>

RADWAN, Osman; GUNASEKERA, Thusitha S.; RUIZ, Oscar N. Robust Multiplex Quantitative Polymerase Chain Reaction Assay for Universal Detection of Microorganisms in Fuel. **Energy and Fuels**, [s. l.], v. 32, n. 10, p. 10530–10539, 2018.

RAIKOS, Vassilios et al. Identification and characterization of microbial contaminants isolated from stored aviation fuels by DNA sequencing and restriction fragment length analysis of a PCR-amplified region of the 16S rRNA gene. **Fuel**, [s. l.], v. 90, n. 2, p. 695–700, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2010.09.030>>

RAIKOS, Vassilios et al. Water content, temperature and biocide effects on the growth kinetics of bacteria isolated from JP-8 aviation fuel storage tanks. **Fuel**, [s. l.], v. 93, p. 559–566, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2011.10.028>>

RAUCH, Michelle E. et al. Characterization of microbial contamination in United States Air Force aviation fuel tanks. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 29–36, 2006.

RIEGER, Paul Gerhard et al. Xenobiotics in the environment: Present and future strategies to obviate the problem of biological persistence. **Journal of Biotechnology**, [s. l.], v. 94, n. 1, p. 101–123, 2002.

ROBBINS, J. A., & LEVY, R. A review of the microbial degradation of fuel. In: **Directory of Microbicides for the Protection of Materials: A Handbook** W. Paulus (Ed.), pp. 177– 201, 2004

ROSALES, Blanca M.; IANNUZZI, Mariano. Aluminium AA2024 T351 aeronautical alloy. Part 1. Microbial influenced corrosion analysis. **Materials Science and Engineering A**, [s. l.], v. 472, n. 1–2, p. 15–25, 2008.

SINGHAL, Neelja et al. MALDI-TOF mass spectrometry: An emerging technology for microbial identification and diagnosis. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], v. 6, n. AUG, p. 1–16, 2015.

SIPORIN, C.; COONEY, J. J. Inhibition of glucose metabolism by n hexadecane in *Cladosporium* (*Amorphotheca*) *resinae*. **Journal of Bacteriology**, [s. l.], v. 128, n. 1, p. 235–241, 1976.

STOLK, A.; SAMSON, A. R. The genus *Talaromyces* and related genera II. **Studies in Micology, no 2. CBS pp65 + 2 plates, 1972.**

VEIGNIE, Catherine RafinEmail authorEtienne. *Hormoconis resinae*, The Kerosene Fungus. [s. l.], p. 20, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-60053-6_3-1>(VEIGNIE, 2018)

VIDELA, Hector A.; CHARACKLIS, William G. Biofouling and microbially influenced corrosion. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 29, n. 3–4, p. 195–212, 1992.

WHITE, Judith et al. Culture-independent analysis of bacterial fuel contamination provides insight into the level of concordance with the standard industry practice of aerobic cultivation. **Applied and Environmental Microbiology**, [s. l.], v. 77, n. 13, p. 4527–4538, 2011.



**ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO
PROCESSO DE PRODUÇÃO DO
BIODIESEL A PARTIR DO ETANOL**

ANALYSIS AND SIMULATION OF THE BIODIESEL PRODUCTION
PROCESS FROM ETHANOL

Luiz Antônio de Oliveira Chaves

Lucas Neves de Almeida

João Carlos Ferreira Almeida de Sá

Resumo

A preocupação ambiental com a demanda energética implica em obter novas alternativas de geração fontes de combustíveis, principalmente em relação a emissão de poluentes na atmosfera. Com isto, pesquisas de fontes geradoras de energias limpas apresentam destaque no mundo ao apresentar insumos que podem ser aplicados em diferentes áreas na matriz de produção. Os biocombustíveis são produtos derivados de gordura animal e óleos vegetais, formando ésteres de ácidos graxos, e no Brasil apresentam uma posição destacada e privilegiada em decorrência das áreas geográficas com abundante potencial produtor. O atual artigo tem por interesse demonstrar a eficácia da produção de energia com indicadores de efeitos ambientais positivos por meio de modelo de processo da planta de produção do biodiesel utilizando o etanol juntamente com o triglicerídeo na reação de transesterificação. A proposta é a substituição do metanol no processo com investigação da eficiência por meio da simulação computacional para avaliar o desempenho da substituição de combustíveis derivados de hidrocarbonetos que são poluentes. Os resultados obtidos foram satisfatórios ao demonstrar a eficiência da utilização do etanol na unidade de processo conforme a configuração proposta e apresentar um acréscimo na produção de biodiesel em relação a planta modelo.

Palavras chave: Transesterificação, Viabilidade ambiental, Modelagem de processo, Biocombustível, Óleo vegetal.

Abstract

The environmental concern with energy demand implies obtaining new alternatives for generating fuel sources, mainly in relation to the emission of pollutants into the atmosphere. With this, research on clean energy sources is highlighted in the world by presenting inputs that can be applied in different areas in the production matrix. Biofuels are products derived from animal fat and vegetable oils, forming esters of fatty acids, and in Brazil they have a prominent and privileged position due to the geographic areas with abundant production potential. The current article is interested in demonstrating the efficiency of energy production with positive environmental effects by means of a process model of the biodiesel production plant using ethanol together with triglyceride in the transesterification reaction. The proposal is the substitution of methanol in the process with investigation of efficiency through computer simulation to evaluate the performance of the substitution of fuels derived from hydrocarbons that are polluting. The results obtained were satisfactory when demonstrating the efficiency of the use of ethanol in the process unit according to the proposed configuration and presenting an increase in the production of biodiesel in relation to the model plant.

Key-words: Transesterification, Environmental viability, Process modeling, Biofuel, Vegetable oil.



1. INTRODUÇÃO

A demanda de energia se tornou ao longo do decorrer dos anos uma necessidade humana e ambiental principalmente para a geração de fontes energéticas limpas, como a utilização do biodiesel. Esse insumo tende a ser a opção promissora, tendo em vista que o Brasil se encontra em uma posição destacada em relação ao resto do mundo por capacidade produtiva e extensas áreas agrícolas; atuando em cogeração com o etanol, ambos constituem em biocombustíveis com considerável potencial de viabilidade econômica e ambiental (MEHER et al., 2006; VERMEERSCH, 2001).

Considerando que a concentração mundial de energia é baseada em produtos poluentes, como petróleo e gás natural, pesquisadores buscam uma alternativa viável que permita manter a demanda de energia sem afetar sua distribuição e armazenamento, ansiando ecologicamente e economicamente. Visando amenizar desgastes ambientais pela utilização de combustíveis e reagentes derivados de hidrocarbonetos, as fontes de energias renováveis surgem como principal ativo na matriz energética (SRIVASTAVA e PRASAD, 2000; SHIMADA et al., 2002).

Derivado de óleos vegetais e gordura animal, que formam o triglicerídeo, o biodiesel é um combustível composto por ésteres de ácidos graxos, ácidos carboxílicos de cadeia longa e ésteres de alquila, podendo variar em metila, etila ou propila, conforme sua produção. O processo de fabricação ocorre pela transesterificação de triglicerídeos e álcool em excesso, podendo utilizar um catalisador heterogêneo, como KOH ou . A presença de um álcool no sistema é indispensável e na transesterificação o principal álcool utilizado por refinarias de biodiesel é o metanol, derivado do gás metano. Com isto, um álcool com disponibilidade no mercado e que seja biodegradável, atende as necessidades impostas ambientalmente e economicamente (KOHLHEPP, 2010; BUENO et al., 2010).

Segundo dados disponibilizados pela ANP (2020), é possível visualizar a concentração da produção de biodiesel nas regiões do centro-oeste e sul do território brasileiro, enquanto a produção de etanol é predominada no centro-oeste e sudeste. Porém, em ambos sistemas de produções considerando todas as regiões do território brasileiro, é perspicaz um acréscimo considerável na produção de ambos produtos. Ao ponderar os parâmetros de energia gerada, o etanol obtém um ganho de saldo energético decorrente a seu investimento de 25%, e o biodiesel 93% (HILL et al., 2006).



2. PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

2.1 Produção de Etanol no território brasileiro

A capacidade de produção de etanol no Brasil apresenta destaque, pois é o principal biocombustível produzido no território nacional. Segundo os dados estatísticos disponibilizados pela ANP (2020), é distinto o progresso da produção do etanol anidro e hidratado (Figura 1) (Tabela 1), se estendendo 48,6% em uma variação de 7 (sete) anos, mantendo um considerável nível de produção ao longo dos anos, ansiando pesquisas na área.

Ano	Produção total no ano (10^3 m^3)
2012	23.758.673
2013	27.527.832
2014	28.215.108
2015	29.999.873
2016	28.694.247
2017	28.593.143
2018	33.014.650
2019	35.306.704

Tabela 1 – Produção de etanol anidro e hidratado.

Fonte: Adaptado de ANP em Dados estatísticos da Produção de biocombustíveis (2020).

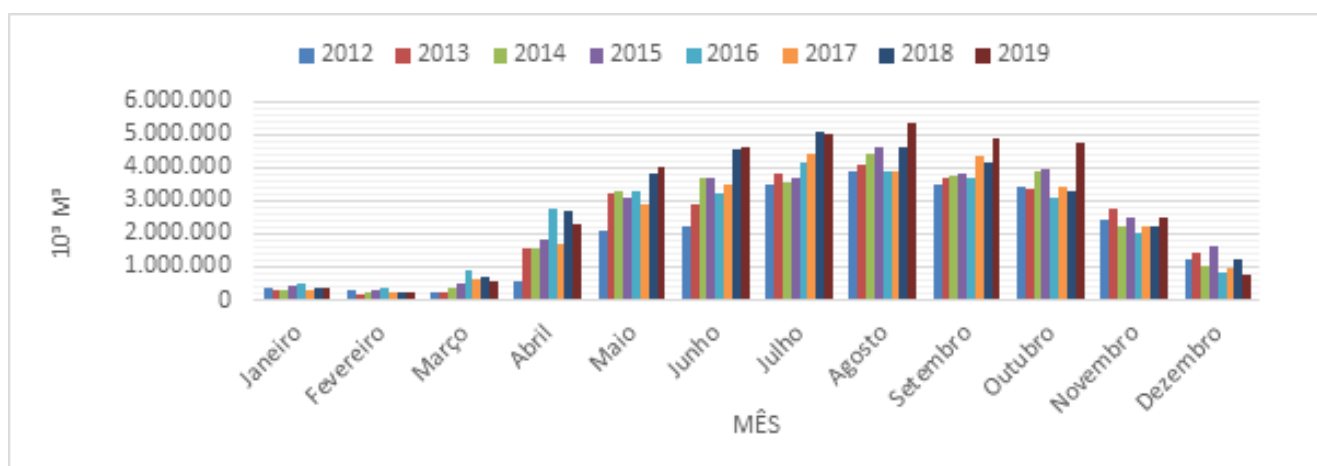


Figura 1 – Gráfico da produção de etanol anidro e hidratado por mês.

Fonte: Adaptado de ANP em Dados estatísticos da Produção de biocombustíveis (2020).

2.2. Produção de biodiesel no território brasileiro

Ao avaliar os parâmetros da produção de biodiesel (Tabela 2) (Figura 2) é perceptível concluir o incremento na produção no espaço de 7 (sete) anos, ao evidenciar um aumento de 117,2%. Esse cenário ressalta a alternativa produtiva que apresenta potencial estratégico, tendendo a se ampliar ao longo dos anos no regime brasileiro para exploração de tecnologias de produção.

Ano	Produção total no ano (m ³)
2012	2.717.483
2013	2.917.488
2014	3.422.210
2015	3.937.269
2016	3.801.339
2017	4.291.294
2018	5.350.036
2019	5.901.104

Tabela 2 – Produção de biodiesel puro (B100).

Fonte: Adaptado de ANP em Dados estatísticos da Produção de biocombustíveis (2020).

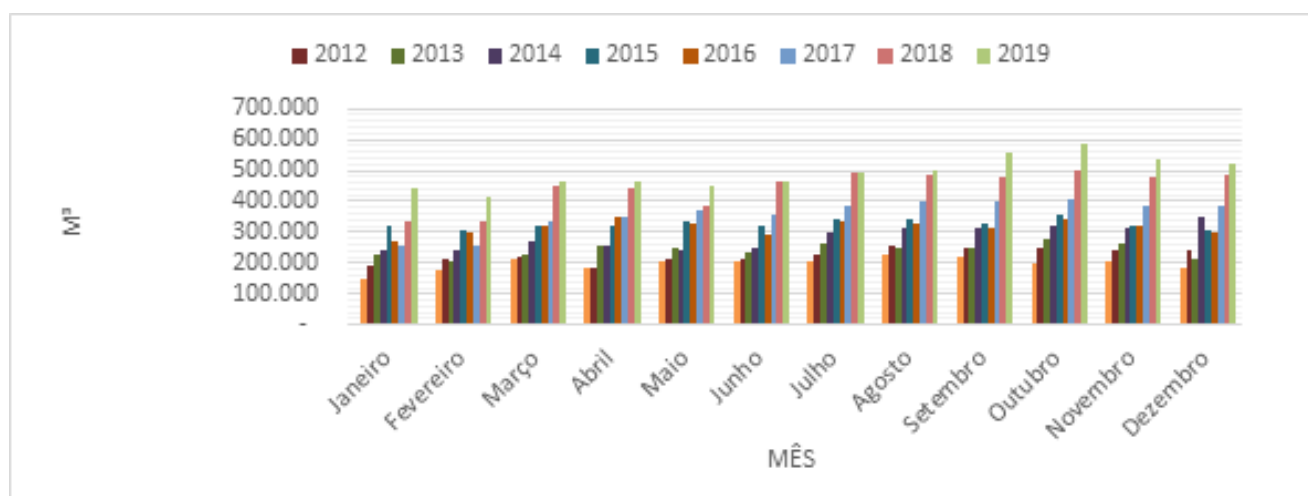


Figura 2 – Gráfico da produção de biodiesel puro (B100) por mês.

Fonte: Adaptado de ANP em Dados estatísticos da Produção de biocombustíveis (2020).

3. METODOLOGIA

O método proposto consiste na análise de dados da literatura para construção do modelo de produção do biodiesel com a construção da planta do processo para simulação computacional usando o software CHEMCAD (*Chemical Engineering Simulation Advanced*).

Ao utilizar o etanol anidro no sistema, a mistura do mesmo com a água a determinado volume forma uma mistura azeotrópica (96%w/w), em vista disso, a estratégia para evitar perdas foi implementar especificações de uma peneira molecular nos separadores, para máxima recuperação dos produtos (PATIL, 2016; MARNOTO et al., 2019; CLUGSTON e FLEMMING, 2000; ZHAO et al., 2017).

A construção da planta de processo foi delineada a partir de dados obtidos por Rodrigues e Assis (2014), substituindo o metanol no sistema pelo etanol, reagente proposto neste artigo e produto biodegradável. No processo, foi definido na investigação experimental por simulação a análise de desempenho com a inclusão de um catalisador (KOH ou) para atuar juntamente com o etanol e assim aumentar a taxa de produção do biodiesel.

2.3. Matéria-prima da reação

A pesquisa considera o uso de canola (trioleína) como insumo para avaliação do processo por se destacar com base nas características físico-químicas para o processo de fabricação de biocombustíveis (Tabela 3). As propriedades do óleo devido a estrutura molecular apresentam uma alternativa destacada no Brasil, principalmente em razões econômicas, dispondo de uma perspectiva de escala para processos de produção (SILVA et al., 2016).

Óleo utilizado	Canola (Trioleína)
Índice de Acidez (KOH/g)	0,11 ± 0,02
Umidade (%)	0,04 ± 0,01
Ponto de Fulgor (°C)	233 ± 5
Índice de Saponificação	193
Matéria Insaponificável g/100g	0,7 ± 0,02
Índice de Refração a 40°C	1,4670 ± 0
Densidade relativa a 20°C	0,917 ± 0,04

Tabela 3 – Propriedades padrões do óleo vegetal.
Fonte: TOMM et al, 2009; FUENTES, 2011.

Os processos considerados são a metanólise/etanólise de óleos vegetais, com suas reações que incluem a variação da concentração de etanol e óleo vegetal. Nes-

se caso é preferível medir as condições no tempo zero da variação de concentração, pois essa representa o processo por meio da taxa de reação inicial em relação ao tempo, correspondendo a inclinação da concentração do biodiesel produzido:

$$r_a = \left[\frac{\partial C}{\partial t} \right]_{t=0}$$

Figura 3 – Concentração em relação ao tempo.

Sendo r_a taxa de reação medido em (g/L/min), C a concentração de éster metílico/etílico produzido e t o tempo de reação (PIZARRO e PARK, 2003; MAEDA et al., 2017).

2.4. Transesterificação

A reação de transesterificação é o principal meio utilizado na indústria para a fabricação do biodiesel (Figura 4). A reação é formada por uma fonte de triglicerídeo (óleo vegetal) reagindo com um álcool em excesso, formando ésteres alquílicos de ácidos graxos contendo uma cadeia de ácidos graxos de um lado e um hidrocarboneto alcano (sendo éster metílico ou etílico), além do glicerol (KROUMOV et al., 2007; LI et al., 2012; AISYAH et al., 2012; MUJELI et al., 2016; ZONG et al., 2010).

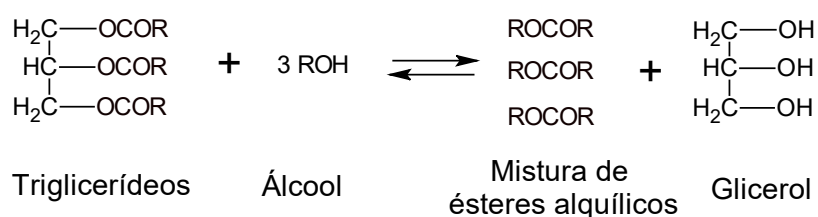


Figura 4 – Reação da transesterificação.

Deste modo, no processo é possível aumentar a conversão do triglicerídeo em um éster alquílico implementando juntamente com o álcool e um catalisador, sendo o mesmo indicado para investigação em pesquisas futuras (SCHUCHARDT et al., 1997; KANSEDO et al., 2009; YATISH et al., 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação computacional foi realizada pelo software CHEMCAD em uma planta modelo (Figura 5) com um conjunto de equipamentos que incluem reator, colunas de separação e misturadores, além de dados experimentais de processo obtidos da literatura. Os experimentos utilizados foram 1.200 mol/h de trioleína (Triglicerídeo) sobre uma pressão de 101,325 kPa e uma temperatura de 30 °C, e um álcool (Etanol) sendo o etanol a uma razão molar de 1:3 (Triglicerídeo por etanol), consistindo em 3.600 mol/h sendo injetado no sistema à uma pressão de

101,325 kPa e a uma temperatura de 25 °C.

Conforme as referências empregadas neste estudo de caso, a otimização da planta de processo de produção do biodiesel demonstrou concordância e eficácia, possibilitando uma reação de transesterificação completa a base do etanol e do triglicerídeo, além da recuperação do reagente no sistema.

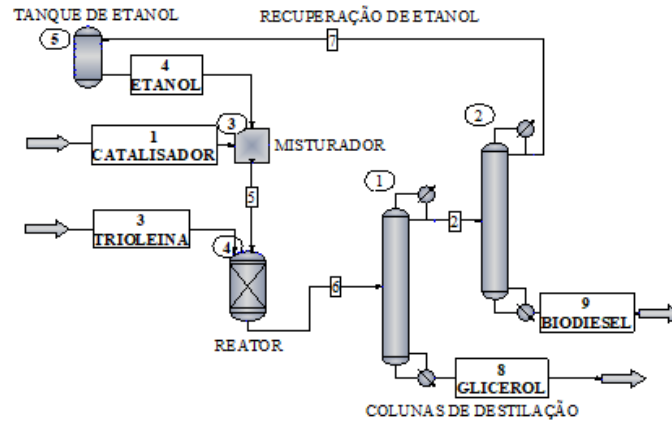


Figura 5 – Processo de produção do biodiesel no CHEMCAD.

Corrente	Pressão (kPa)	Temperatura (°C)	Fluxo (mol/h)
1	-	-	-
2	101,325	117,96	4681,3955
3	101,325	30	1200
4	101,325	25	3600
5	101,325	25	3600
6	101,325	15,72	4800
7	101,325	75,79	3421,9893
8	101,325	280,29	118,606
9	101,325	348,57	1259,3932

Tabela 4 – Dados obtidos pela simulação computacional.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela simulação computacional no software CHEMCAD foram determinísticos em relação a variação da produção em mols/h de triglicerídeo. A unidade experimental apresenta um acréscimo na produção de biodiesel em relação a planta modelo, resultando em 1199,358 mol/h. A utilização do biocombustível etanol demonstra capacidade para proveito se empregado com devidas tecnologias, usufruindo potencial de viabilidade financeira e ambiental para novos estudos conforme seu crescimento ao longo dos anos. Novas pesquisas devem ser desenvolvidas para buscar novas configurações de processo e aumentar a produção, como a inclusão de um catalisador heterogêneo (KOH ou) juntamente com o etanol.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Estácio de Sá (UNESA) pelo material cedido e apoio técnico para o atual estudo, assim como a Editora Pascal pelo convite e oportunidade concedida.

REFERÊNCIAS

- J. HILL, E. NELSON, D. TILMAN, S. POLASKY, D. TIFFANY - **Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. (103), No. (30), pp. (11206-11210), 2006.
- U. RASHID, F. ANWAR, R. YUNUS, A. AL-MUHTASEB - **Transesterification for Biodiesel Production Using Thespesia Populnea Seed Oil: An Optimization Study**. International Journal of Green Energy, Vol. (12), No. (5), pp. (479-484), 2015.
- M. CLUGSTON, R. FLEMMING - **Advanced Chemistry**. pp. (556-568), 2000.
- O. BUENO, M. ESPERANCINI, A. PIMENTEL, E. SIMON - **Caracterização de Potencial de Produção de Oleaginosas em Assentamentos Rurais Para Fins de Produção de Biocombustíveis**. Inclusão Social e Energia, Embrapa Algodão, pp. (353-357), 2010.
- N. PATIL - **Molecular Sieve Dehydration: a major development in the field of ethanol dehydration to produce fuel ethanol**. Asian Journal of Science and Technology, Vol. (7), pp. (2897-2902), 2016.
- G. KOHLHEPP - **Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil**. Estudos Avançados, Vol. (24), No. (68), 2010.
- L. PIZARRO, E. PARK - **Lipase-catalyzed production of biodiesel fuel from vegetable oils contained in waste activated bleaching earth**. Process Biochemistry, Vol. (38), No. (7), pp. (1077-1082), 2003.
- R. CERIANI, C. GONÇALVES, J. COUTINHO - **Prediction of Viscosities of Fatty Compounds and Biodiesel by Group Contribution**. Energy Fuels, Vol. (25), No. (8), pp. (3712-3717), 2011.
- U. SCHUCHARDT, R. SERCHELI, R. VARGAS - **Transesterification of vegetable Oils: A review**. Journal of the Brazilian Chemical Society, Vol. (9), No. (3), 1997.
- L. ZONG, S. RAMANATHAN, C. CHEN - **Predicting Thermophysical Properties of Mono- and Diglycerides with the Chemical Constituent Fragment Approach**. Industrial & Engineering Chemistry Research. Vol. (49), No. (11), pp. (5479-5484), 2010.
- A. KROUMOV, A. MÓDENES, B. WENZEL - **Desenvolvimento de um modelo da cinética enzimática da transesterificação de óleos vegetais para produção de biodiesel**. Acta Scientiarum: Technology, Vol. (29), No. (1), 2007.
- U. RASHID, F. ANWAR - **Production of biodiesel through optimized alkaline-catalyzed transesterification of rapeseed oil**. Fuel, Vol. (87), No. (3), pp. (265-273), 2008.
- A. SRIVASTAVA, R. PRASAD - **Triglycerides-based Diesel Fuels. Renewable Sustainable Energy**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. (4), No. (2), pp. (111-133), 2000.
- Y. SHIMADA, Y. WATANABE, Y. SUGIHARA, Y. TOMINAGA - **Enzymatic alcoholysis for biodiesel fuel production and application of the reaction to oil processing**. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, Vol. (17), No. (3-5), pp. (133-142), 2002.



- L. MEHER, V. SAGAR, S. NAIK - **Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. (10), No. (3), pp. (248-268), 2006.
- F. RODRIGUES, A. ASSIS - **Biodiesel Process Simulation: 1. Computational Implementation of Chemical and Physical Properties**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Blucher Chemical Engineering Proceedings, V. (1), N. (2), 2014.
- P. VOGEL, Y. LAM, A. SIMON, K. HOUK - **Organocatalysis: Fundamentals and Comparisons to Metal and Enzyme Catalysis**. Catalysis, Vol. (6), No. (9), pp. (128), 2016.
- M. AGARWAL, S. CHAURASIA, G. CHAUHAN, K. SINGH - **Study of catalytic behavior of KOH as homogeneous and heterogeneous catalyst for biodiesel production**. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, Vol. (43), No. (1), pp. (89-94), 2012.
- O. STAMENKOVIC, M. KOSTIC, N. JOKOVIC, V. VELJKOVIC - **The Kinetics of base-catalyzed methanolysis of waste cooking oil**. Advanced Technologies, Vol. (4), No. (1), pp. (33-41), 2015.
- J. LI, H. ZHOU, Y. CAO - **Transesterification of Waste Cooking Oil to Produce Biodiesel Using Acid and Alkaline Catalyst**. Advanced in Environmental Science and Engineering, Vol. (518-523), pp. (3566-3572), 2012.
- C. AISYAH, Z. JAMIL, A. MUSLIM - **Performance of KOH as a catalyst for Transesterification of Jatropha Curcas Oil**. Journal of Applied Sciences, Vol. (9), No. (17), pp. (3161-3165), 2012.
- J. KANSEDO, S. BHATIA, K. LEE - **Biodiesel production from palm oil via heterogeneous transesterification**. Biomass and Bioenergy, Vol. (33), No. (2), pp. (271-276), 2009.
- K. YATISH, R. SURESH, H. LALITHAMBA, B. ARUN, P. KUMAR - **Optimization of Scum Oil Biodiesel Production by using Response Surface Methodology**. Process Safety and Environmental Protection, Vol. (102), pp. (667-672), 2016.
- L. ZHAO, W. WANG, T. QIU, X. LYU, J. SHAN - **Comparison of Heterogeneous Azeotropic Distillation and Extractive Distillation Methods for Ternary Azeotrope Ethanol/Toluene/Water Separation**. Computers & Chemical Engineering, Vol. (100), pp. (27-37), 2017.
- T. MARNOTO, C. HAPSARI, K. ARIFIN, I. BUDIAMAN, R. PRAKOSA - **Dehydrating ethanol using a ternary solute and extractive batch distillation**. Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol. (23), No. (1), pp. (124-130), 2019.
- M. MUJELI, H. KEFAS, A. SHITU, I. AYUBA - **Optimization of Biodiesel Production from Crude Cotton Seed Oil Using Central Composite Design**. American Journal of Chemical and Biochemical Engineering. Vol. (1), No. (1), pp. 8-14, 2016.
- G. VERMEERSCH - **Development of a biodiesel activity**. Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Vol. (8), No. (1), pp. (8-33), 2001.
- K. MAEDA, H. KURAMOCHI, K. ARAFUNE, K. ITOH, T. YAMAMOTO - **Transesterification of Triolein and Methanol by Novozym 435 with Dimethyl Ether**. Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. (50), N. (12), pp. (924-928), 2017.
- P. FUENTES - **Avaliação da qualidade de óleos de soja, canola, milho e girassol durante o armazenamento**, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, 2011.
- L. SILVA, W. GONÇALVES, W. MALUF, L. RESENDE, C. SARMIENTO, V. LICURSI, P. MORETTO - **Energy balance of biodiesel production from canola**. Cienc. Rural, Vol. (47), No. (2), 2016.
- G. TOMM, P. FERREIRA, J. AGUIAR, A. CASTRO, S. LIMA, C. MORI - **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Embrapa Trigo, p. (27), 2009.
- ANP - **Produção de biocombustíveis**. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 08 de março de 2020.



PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL A PARTIR DE MACRÓFITA AQUÁTICA

PRODUCTION OF BIOFUEL FROM MACROPHYTES AQUATIC PLANTS

Danielle Evangelista Vitalino Cardoso

Layssa Aline Okamura

Fernando Alves Ferreira

Willian Pereira Gomes

Jhennifer Meneghette dos Santos

Sonia Tomie Tanimoto

Júnior da Silva Camargo

Hélio Merá de Assis

Ricardo Barros

Resumo

A conversão termoquímica de biomassa por meio da pirólise, apresenta uma viabilidade comercial para a produção de biocombustível líquido (bio-óleo), podendo utilizar como matéria-prima resíduos, tais como macrófitas. A macrófita aquática *Egeria najas* pode desenvolver-se de forma descontrolada produzindo grande quantidade de biomassa, causando vários danos ecológicos e econômicos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de bio-óleo de *Egeria najas*, por pirólise rápida em reator de leito fixo em diferentes temperaturas. A composição elementar e a análise imediata do bio-óleo apresentaram um aumento nos teores de carbono e nitrogênio com a elevação da temperatura. O rendimento do máximo de bio-óleo, próximo de 27 %, foi alcançado na condição de temperatura de 350°C.

Palavras chave: Pirólise rápida, biocombustível, *Egeria najas*

Abstract

Thermo-chemical conversion of biomass through pyrolysis to produce liquid biofuel (bio-oil), is a technology commercially feasible, which uses feedstock residues, such as macrophytes. The aquatic macrophyte *Egeria najas* can grow uncontrolled, producing large amounts of biomass that cause several ecological and economic damages. The aim of this study is to evaluate the production of bio-oil from *Egeria najas* by fast pyrolysis in a fixed bed reactor at different temperatures. A recent analysis of the bio-oil showed that carbon and nitrogen content go up, increasing the temperature. The maximum yield of bio-oil, 27%, was attained at 350 ° C

Key-words: Fast pyrolysis, biofuel, *Egeria najas*



1. INTRODUÇÃO

Devido às mudanças climáticas e a iminente elevação do preço do petróleo, fonte energética não-renovável, pesquisadores de diferentes centros de pesquisa buscam uma fonte de energia alternativa que seja capaz de atender a demanda de combustíveis e que também possa reduzir os impactos ambientais negativos, contribuindo com a redução de poluentes atmosféricos e também a minimização do efeito estufa. Dentre as diferentes fontes de energia renovável, a biomassa vegetal é um recurso promissor, primeiro devido à sua abundância e possibilidade de produção em larga escala, e segundo por estabelecer um ciclo fechado de carbono em que permite que o CO₂ emitido após a sua queima, seja reabsorvido através do processo de fotossíntese (DHYANI; BHASKAR, 2018). A biomassa vegetal é um recurso natural, proveniente da irradiância solar, que por meio do processo de fotossíntese é transformada em energia química, que pode ser estocada e, posteriormente, convertida em compostos energéticos secundários (biocombustíveis), como o biodiesel, diesel verde, biogás, etanol, entre outros.

A principal desvantagem do uso de biomassa para a produção de biocombustíveis, para atender o constante aumento da demanda, está no fato de competirem por recursos necessários ao cultivo de alimentos, como solo e água. Para reduzir essa competição e manter o equilíbrio ambiental, são indispensáveis as estratégias de gerenciamento focadas em um uso mais eficiente das diferentes biomassas (RULLI *et al.*, 2016). Por exemplo, o uso de resíduos agrícolas para a geração de bioenergia, é uma estratégia interessante, visto a inadequação ao consumo humano, falta de destinação adequada e ampla disponibilidade.

Dentre as diferentes alternativas as macrófitas aquáticas representam um potencial ainda a ser explorado, e embora tenha grandes desafios e limitações, se torna atrativo devido ao conjunto de benefícios podem ser gerados, como por exemplo: não precisam ser cultivadas, não competindo com áreas agrícolas, rápido crescimento e, portanto, ampla disponibilidade, além de ser um problema ambiental, e seu uso para geração de biocombustível uma possível solução.

As macrófitas aquáticas desempenham papel fundamental no ecossistema aquático, pois proporcionam, locais para a proteção, reprodução e alimentação para animais aquáticos. No entanto, elas se tornam um problema, devido ao seu crescimento excessivo afetando negativamente a navegação, pesca, recreação, além de criar condição propícia para o desenvolvimento de vetores de doenças de veiculação hídrica e reduzir a geração de energia elétrica, através do entupimento de turbinas e consequente parada das mesmas (ESTEVE, 2011). Um exemplo a ser citado, dos impactos gerados pelas plantas aquáticas, é a Usina Jupia - CTG Brasil, localizada na cidade de Três Lagoas-MS, que entre os anos de 2017 a 2019 retirou mais de 2 toneladas de macrófitas de suas turbinas. Em 2017 o desprendimento de macrófitas no rio Paraná afetou a operação de 10 de suas turbinas, causando um

custo de manutenção de R\$ 3,8 milhões para a empresa (CTG, 2019).

A biomassa de macrófitas aquáticas presentes naturalmente nos diversos ecossistemas aquáticos, podem ser economicamente valorizadas na forma de energia. Seu manejo correto pode contribuir ambiental e economicamente com o ecossistema e seus usuários, permitindo um melhor aproveitamento no recurso hídrico.

A tecnologia de conversão termoquímica de biomassa por meio da pirólise, mais especificamente a pirólise rápida, demonstra ser uma técnica promissora devido à possibilidade de se obter diferentes produtos de valor agregado, entre eles o bio-óleo.

O processo de pirólise rápida é a transformação da biomassa em um ambiente ausente ou limitado de oxigênio realizado em poucos segundos, com objetivo de evitar a ocorrência ao mesmo tempo do processo de combustão e gaseificação (OLADEJO *et al.*, 2019). Os produtos gerados são a fração líquida formada pelo bio-óleo (mistura de químicos orgânicos e água); a gasosa constituída pelo gás de síntese; e a sólida, o biocarvão (*biochar*) (KIM *et al.*, 2020). No processo de pirólise é necessário um controle das condições operacionais com o objetivo de obter o produto de maior valor agregado, bio-óleo.

Com isso, esse trabalho tem como objetivo avaliar a produção de bio-óleo pirólítico a partir de uma espécie de macrófita submersa-fixa invasora, *Egeria najas* (Hydrocharitaceae) em diferentes temperaturas, avaliando rendimentos e propriedade físico-química compatível para obtenção futura de biocombustível líquido na faixa do diesel.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização das macrófitas

A biomassa de macrófita aquática, *Egeria najas* (Figura 1), foi coletada na barragem da UHE de Jupiá, no Rio Paraná. A identificação taxonômica foi realizada de acordo com os dados de literatura (AONA; AMARAL, 2002). A amostra foi lavada para a remoção das impurezas e em seguida seca em estufa à 65°C até peso constante. Depois disso, a amostra foi triturada em moinho de facas e teve sua umidade e granulometria padronizadas, na faixa de 5-7% e 20 mesh, respectivamente. Foi realizada a caracterização elementar de CHNS-O, bem como a determinação do Poder Calorífico Superior e Inferior (PCS/PCI) de acordo com a Norma ASTM D5865.



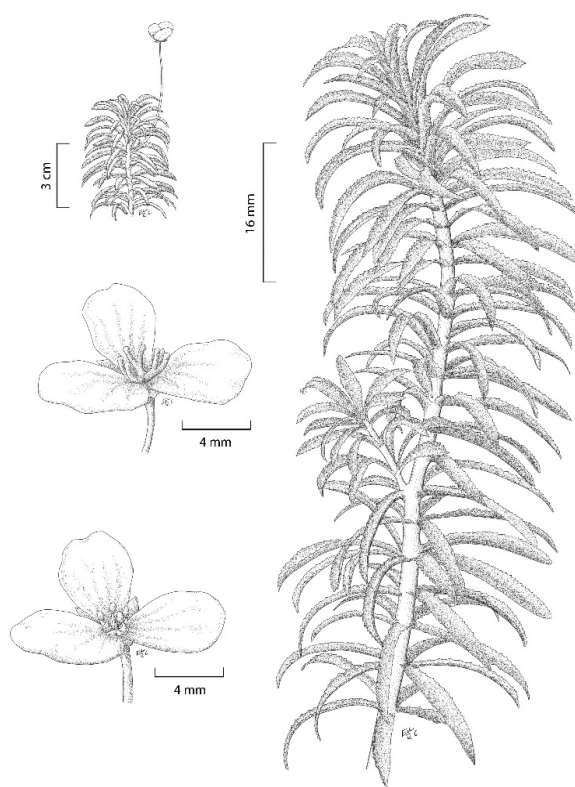


Figura 1- Características morfológicas de *Egeria najas*, conhecida popularmente como (rabo-de-gato)

Com intuito de identificar os eventos de termodegradação, avaliou-se o perfil termogravimétrico da biomassa de *Egeria najas* em um analisador térmico simultâneo (TG/DTG), em atmosfera de N_2 , com taxa de aquecimento de $30^\circ\text{C}/\text{min}$ e rampa de 30 a 800°C .

2.2 Condição para a pirólise

Os ensaios foram realizados em reator de leito fixo de bancada (marca Bioware, modelo SIVOMO-250), o tempo de residência de 30 minutos, massa de aproximadamente 150 gramas de macrófitas e a pressão na faixa de 100-150 mmH_2O , em atmosfera não oxidante nas temperaturas de 350, 400 e 450°C . A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo de pirólise de *Egeria najas*.

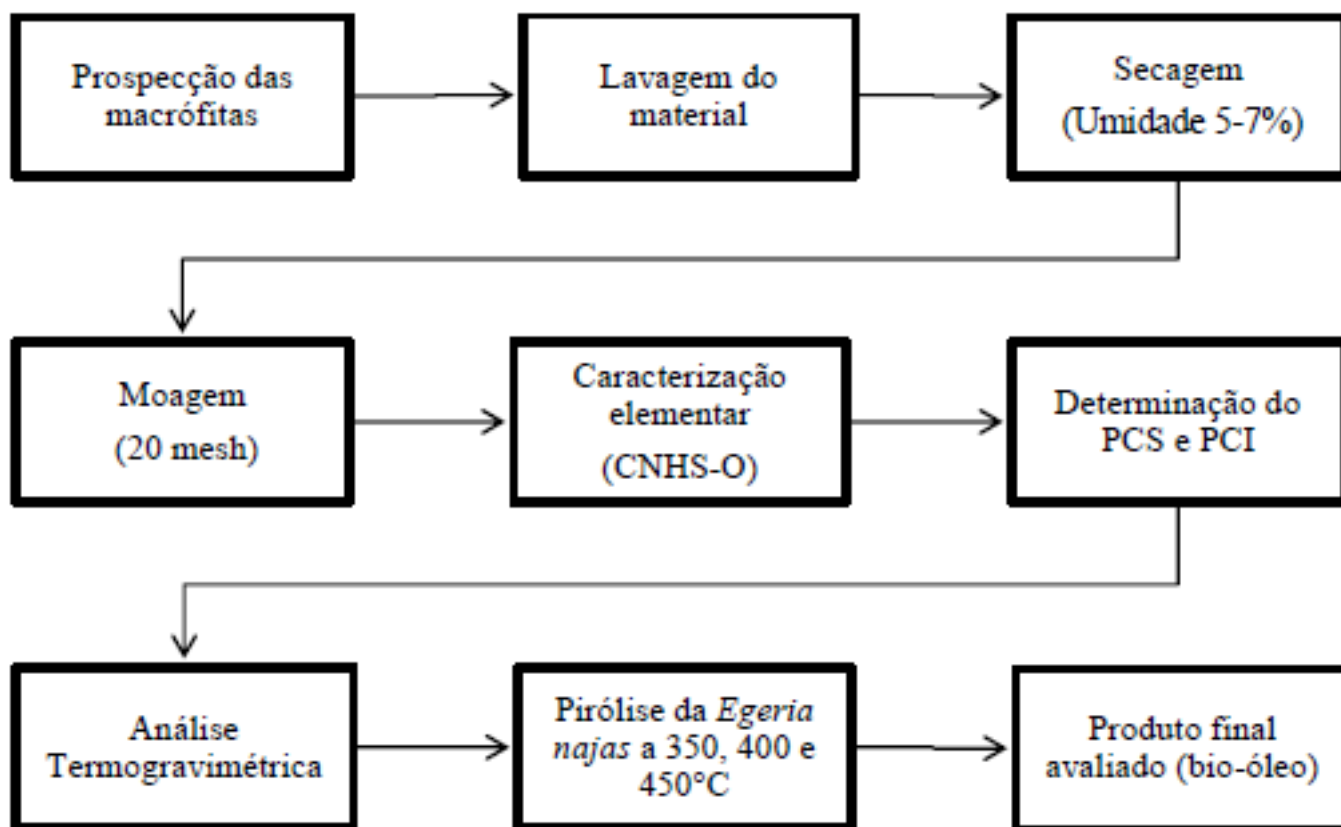


Figura 2 - Esquema do processo, da coleta da biomassa, à obtenção do bio-óleo
 Fonte: Própria (2020)

2.3 Balanço de massa

Os rendimentos de líquido, sólido e gases não condensáveis gerados durante o processo de pirólise foram calculados utilizando as Equações 1, 2 e 3.

$$\eta_{\text{líquido}}(\%) = \frac{\text{massa líquido}}{\text{massa da biomassa}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$\eta_{\text{sólido}}(\%) = \frac{\text{massa sólido}}{\text{massa da biomassa}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

$$\eta_{\text{gases}}(\%) = \frac{\text{massa do gás}}{\text{massa da biomassa}} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação do perfil termogravimétrico de decomposição (Figura 3) da *Egeria najas*, evidência a maior porcentagem de perda (49%) da massa na faixa de temperatura de 150 a 550°C, sendo observado o evento térmico majoritário na temperatura de 299°C. Ao final do ensaio de STA, 45,82% da massa foi caracterizada como resíduo não degradado. O gráfico indica que a maior perda de massa ocorre na faixa entre 200 e 500 °C.

A primeira perda de massa, próximo ao 100 °C, é atribuída a remoção da água. Seguida da decomposição do material volátil e remoção dos voláteis na faixa de 200 a 500 °C. Ocorrendo à quebra das ligações glicosídicas dos polissacarídeos, gerando uma grande quantidade de voláteis, formados por vapores orgânicos tais como monóxido de carbono, hidrogênio, metano e dióxido de carbono, também há a formação de vapores condensáveis formados com compostos oxigenados (AMINI *et al.*, 2019).

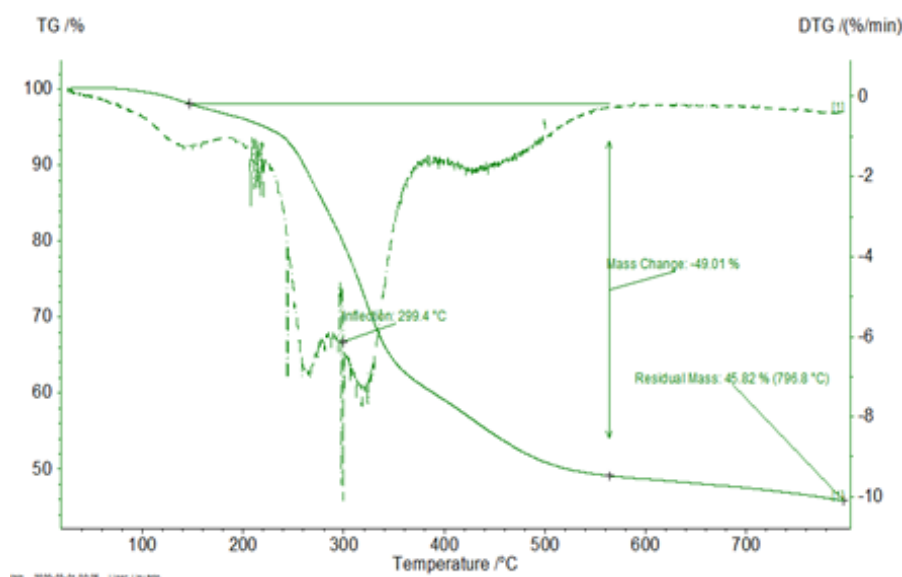


Figura 3 - Perfil de termodegradação da biomassa de *Egeria najas*, intervalos de perda de massa
Fonte: Própria (2020)

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises imediatas, que indicam a composição química de *Egeria najas* (ASTM E871), sendo indicativos dos produtos formados durante o processo de pirólise (JAHIRUL *et al.*, 2012) bio-char and bio-gas.

Análise Elementar	
Material volátil (%)	65,08
Carbono Fixo (%)	21,62
Cinzas (%)	4,49
Umidade (%)	6,62

Tabela 1 - Composição química da *Egeria najas*

O material volátil é o vapor condensável e não condensável liberado quando a

biomassa é aquecida, sendo derivado da celulose e hemicelulose. Isso indica que durante o processo termoquímico a biomassa de *Egeria najas* foi consumida rapidamente, alcançando altas taxas de volatilização em temperaturas mais baixas (OLIVARES GÓMEZ, 2002). O alto teor de voláteis encontrados indicam o potencial para a produção de bio-óleo e de gás de síntese (CAI *et al.*, 2017).

Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização elementar da *Egeria najas* e dos seus produtos gerados após as diferentes temperaturas de pirólise. Os bio-óleos apresentam um elevado percentual de oxigênio, maior inclusive que a biomassa, demonstrando que é reativo e não estável, com isso pouco interessante para ser empregado diretamente como biocombustível (RAHMAN *et al.*, 2017).

A análise elementar está relacionada diretamente com o poder calorífico quanto maior for a proporção de oxigênio e hidrogênio em relação ao carbono, menor será o poder calorífico. Isso ocorre devido à menor energia contida entre as ligações entre carbono-oxigênio e carbono-hidrogênio do que em ligações carbono-carbono (MCKENDRY, 2002). A relação C/H da amostra *in natura* foi de 2,59, sendo que os resultados corroboram para um baixo poder calorífico 9,64 MJ/Kg.

AMOSTRA	N (%)	C (%)	H (%)	O (%)	PCS (MJ/Kg)	PCI (MJ/Kg)
<i>in natura</i>	1,80	24,23	3,73	9,34	9,64	8,83
Bio-óleo (350°C)	5,42	69,82	9,91	12,30	27,53	25,39
Bio-óleo (400°C)	7,45	68,90	9,09	13,33	22,19	20,23
Bio-óleo (450°C)	5,97	75,32	10,02	12,40	24,54	22,38

Tabela 2- Porcentagem de CHNS-O e Poder Calorífico e da biomassa de *Egeria najas* (*in natura*) e dos bio-carvões pirolíticos

A influência da temperatura nos rendimentos dos produtos é apresentado na Figura 4. O rendimento de bio-óleo na temperatura de 350°C foi 27,67 % (m/m), com o aumento da temperatura de pirólise o rendimento de bio-óleo caiu para 20,38% (m/m) a 450°C, acompanhado de um aumento no teor de gases não condensáveis para um máximo de 32,23% (m/m).

Resultado semelhante foi observado no trabalho de Biswas *et al.* (2017), indicando um aumento no nível de gases não condensáveis para diferentes espécies de macrófitas aquáticas, conforme a temperatura de pirólise aumentou de 300 para 450°C, e por Rahman (2018), que estudou diferentes temperatura de pirólise da macrófita *Eichhornia crassipes*, e encontrou aos melhores rendimentos de bio-óleo na temperatura de 350°C (42%), com o aumento da temperatura o rendimento reduziu e o gases não condensáveis aumentaram, conforme nossos resultados. Isso foi devido ao favorecimento do craqueamento secundários dos vapores (FUKUDA, 2015) em temperaturas acima de 350°C para *Egeria najas*.

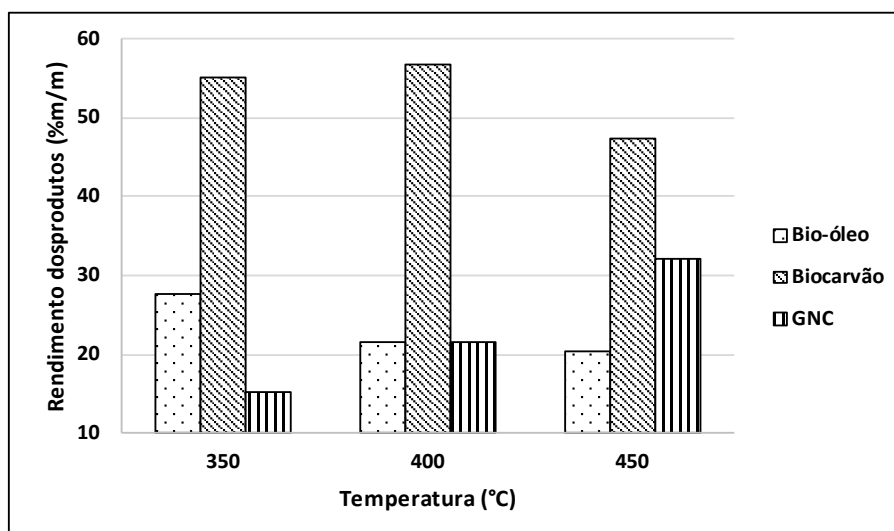


Figura 4 - Efeito da temperatura no rendimento dos produtos oriundos da biomassa de *E. Najas*.
 Legenda: GNC: gases não condensáveis

O bio-óleo apresentou um poder calorífico superior na faixa de 22-27 MJ/Kg, sendo superior ao da macrófita *in natura* e de outros bio-óleos derivados de outras espécies de macrofitas *Alligator weed* (8,02 MJ/Kg), *Oenanthe javanica* (8,19 MJ/Kg), *Typha angustifolia* (9,79 MJ/Kg) (LIU *et al.*, 2011). No entanto, quando comparado ao óleo combustível fóssil pesado, o bio-óleo pirolítico necessita de um processo de melhoramento, para que possa ser competitivo economicamente com o óleo combustível pesado. A grande quantidade de água presente no bio-óleo e compostos oxigenados, torna seu poder calorífico muito inferior aos óleos combustíveis, que apresentam cerca de 40 MJ/Kg (BRIDGWATER, 2012).

Considerando o potencial do bio-óleo de macrófita como combustível, alguns processos de melhoramento podem ser utilizados, como por exemplo, o uso de catalisadores para limitar a presença compostos oxigenados e ácidos carboxílicos, e favorecer a produção de hidrocarbonetos melhorando a qualidade do bio-óleo, tornando um produto similar ao combustível fóssil (BRIDGWATER, 2012; YANG *et al.*, 2014).

4. CONCLUSÃO

O processo de pirólise rápida de *Egeria najas* em reator de leito fixo é uma alternativa para aplicação tecnológica de uma biomassa abundante no curso de água e que, na maioria dos casos, representa problemas ambientais, sociais e econômicos em diversas barragens. Os produtos obtidos, gás, bio-óleo e biocarvão, têm possibilidades de implementação em diversas áreas tais como, geração de energia e agricultura (biofertilizantes).

Dentre os ensaios realizados, o processo de pirólise em 350°C foi o mais eficiente para produção do produto na fase líquida, com um rendimento mássico de

27,27%.

O aproveitamento energético do bio-óleo pirolítico está diretamente relacionado à desoxigenação do mesmo por rotas catalíticas, proporcionando um acréscimo da densidade energética e a estabilização. Como próximos passos, este projeto tem como desafio a identificação e quantificação dos compostos químicos da fração pesada do bio-óleo e posterior estabilização do bio-óleo pela rota *Hydrogenated Pyrolysis Oil* (HPO), e o *downstream* do produto para obtenção de hidrocarbonetos com características físico-química semelhantes ao diesel.

REFERÊNCIAS

AONA, L. Y. S.; AMARAL, M. C. E. *Hydrocharitaceae*. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G. J.; GIULLIETTI, A. M. (org.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Fapesp: Fapesp Rima, 2003. 3 vol, 123-125.p. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2016/06/FFESP-Volume-III_06_24.pdf Acesso: 25 fev. 2020.

AMINI, E. *et al.* Characterization of pyrolysis products from slow pyrolysis of live and dead vegetation native to the southern United States. **Fuel** v. 235, n. August 2018, p. 1475–1491, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.08.112>>.

BISWAS, B. *et al.* Pyrolysis of azolla, sargassum tenerrimum and water hyacinth for production of bio-oil. **Bioresource Technology** v. 242, p. 139–145, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.044>>. Acesso em: 27 set. 2019.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and Bioenergy** v. 38, p. 68–94, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.048>>.

CAI, J. *et al.* Review of physicochemical properties and analytical characterization of lignocellulosic biomass. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 76, p. 309–322, 2017.

CTG. CTG Brasil investe R\$ 4,6 milhões em projeto para transformar plantas aquáticas em biocombustível. **2019**. Disponível em: <<https://www.ctgbr.com.br/ctg-brasil-investe-r-46-milhoes-em-projeto-para-transformar-plantas-aquaticas-em-biocombustivel/>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

CZERNIK, S.; BRIDGWATER, A. V. Overview of applications-of-biomass. **Energy & Fuels** v. 2, n. 18, p. 590–598, 2004.

DHYANI, V.; BHASKAR, T. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. **Renewable Energy** v. 129, p. 695–716, 1 dez. 2018.

ESTEVE, F de A. **Fundamentos da Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790 p. .8571930082.

FUKUDA, S. Pyrolysis investigation for bio-oil production from various biomass feedstocks in Thailand. **International Journal of Green Energy** v. 12, n. 3, p. 215–224, 2015.

JAHIRUL, M. I. *et al.* Biofuels production through biomass pyrolysis- A technological review. **Energies** v. 5, n. 12, p. 4952–5001, 2012.

KIM, S. *et al.* The Valorization of Food Waste via Pyrolysis : A Review. **Journal of Cleaner Production** v. 259, p. 120816, 2020.

LIU, W. J. *et al.* Total recovery of nitrogen and phosphorus from three wetland plants by fast pyrolysis technology. **Bioresource Technology** v. 102, n. 3, p. 3471–3479, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.135>>.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. v. 83, n. July 2001, p.



37-46 , 2002.

OLADEJO, J. *et al.* A review of sludge-to-energy recovery methods. **Energies** v. 12, n. 1, p. 1-38 , 2019.

OLIVARES GÓMEZ, Edgardo. **Estudo da pirólise rápida de capim elefante em leito fluidizado borbulhante mediante caracterização dos finos de carvão**. Universidade Estadual de Campinas, 2002.

RAHMAN, M. A. Pyrolysis of water hyacinth in a fixed bed reactor: Parametric effects on product distribution, characterization and syngas evolutionary behavior. **Waste Management** v. 80, p. 310-318 , 1 out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.028>>. Acesso em: 27 set. 2019.

RAHMAN, M.A. *et al.* Biodiesel production from microalgae *Spirulina maxima* by two step process: Optimization of process variable . **Journal of Radiation Research and Applied Sciences** v. 10, n. 2, p. 140-147 , 1 abr. 2017.

RULLI, M. C. *et al.* The water-land-food nexus of first-generation biofuels. **Scientific Reports** v. 6, n. 1, p. 1-10 , 3 mar. 2016.

YANG, H. *et al.* Overview of upgrading of pyrolysis oil of biomass. **Energy Procedia** v. 61, p. 1306-1309 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.1087>>.



**OCORRÊNCIAS DE VAZÕES
INFERIORES A 50% DE Q7,10 NA
BACIA DO JEQUITINHONHA ENTRE
OS ANOS 2009 A 2018**

OCCURRENCES OF FLOWS UNDER 50% OF Q7,10 IN THE
JEQUITINHONHA BASIN BETWEEN THE YEARS 2009 AND 2018

Jeane Dantas de Carvalho

Marília Carvalho de Melo

Luiza Pinheiro Rezende Ribas

Breno Esteves Lasmar

Resumo

A falta de água na região Sudeste tem se agravado ao longo dos anos. No estado de Minas Gerais esta condição tem destaque na região semiárida, compreendida pelas regiões Norte de Minas e Vale do Jequitinhonha, que somam 155 municípios, sendo caracterizada por apresentar fatores geográficos, meteorológicos e climatológicos específicos. A necessidade de instrumentos para a gestão da escassez hídrica no estado de Minas Gerais gerou a publicação de norma que classifica a situação crítica de escassez hídrica. Este artigo avalia a evolução da situação de escassez na bacia do Jequitinhonha entre os anos 2009 a 2018, considerando seus afluentes inseridos no Estado de Minas Gerais. A análise para a classificação de dados em estado de restrição se deu pela quantificação da ocorrência de valores de vazão nos cursos de água abaixo de 50% da vazão mínima de referência do estado de Minas Gerais, a Q7,10, seguindo a definição para a porção da bacia de acordo com a DN CERH nº 49/2015. Os resultados da avaliação demonstram maior incidência da ocorrência da condição de escassez entre os anos de 2015 e 2018 na região do Jequitinhonha, sendo que o cenário mais crítico está no Alto Jequitinhonha.

Palavras chave: Água, escassez, Jequitinhonha.

Abstract

The lack of water in the Southeast has been aggravated over the years. In the state of Minas Gerais, this condition is prominent in the semi-arid region, located in the north of Minas Gerais and Vale do Jequitinhonha, with 155 municipalities, characterized by specific geographic, meteorological and climatological factors. The need for instruments for the management of water scarcity in the state of Minas Gerais has led to the publication of a standard that classifies the critical situation of water scarcity. This article evaluates the evolution of the scarcity situation in the Jequitinhonha basin from 2009 to 2018, considering its tributaries in the State of Minas Gerais. The analysis for the classification of data in a restricted state occurred by quantifying the occurrence of flow values in the watercourses below 50% of the minimum reference flow rate in the state of Minas Gerais, Q7,10, following the definition for the portion of the basin according to CERH normative deliberation No. 49/2015. The results of the evaluation show a higher incidence of the occurrence of the scarcity condition between the years 2015 and 2018 in the Jequitinhonha region, and the most critical scenario is in Alto Jequitinhonha.

Key-words: Water, scarcity, Jequitinhonha.



1. INTRODUÇÃO

A falta de água é um problema grave à sobrevivência em diversas regiões. Fatores geográficos, meteorológicos e climatológicos são determinantes para o comportamento hidrológico. As regiões semiáridas se destacam por apresentar forte insolação, temperaturas relativamente altas, regime de chuvas marcado pela carência, irregularidade e curta concentração das precipitações, apresentando reservas de água precárias em seus mananciais (Moura et al 2007).

Em Minas Gerais, o semiárido é compreendido nas regiões Norte de Minas e Vale do Jequitinhonha, onde vivem mais de 3,5 milhões de pessoas, sendo composta por 14 microrregiões, que somam 155 municípios (SUDENE, 2017).

Especialmente no Vale do Jequitinhonha o semiárido é caracterizado pela distribuição irregular de chuvas durante o ano e pela alta taxa de evaporação (Schistek, 2001), o que determina uma condição de menor disponibilidade hídrica. Este fato é agravado pela afirmação de que no estado de Minas Gerais, a estiagem prolongada tornou-se um problema recursivo e vem se agravando expressivamente, a exemplo do que ocorre no nordeste do país, alcançando um número significativo de municípios atingidos em consequência de chuvas irregulares (Schvartzman, 2007). Andrade (2014) corrobora a questão do agravamento da estiagem, dizendo que em 2012 a seca se destacou como uma das piores dos últimos anos, pois o noticiário do Estado de Minas Gerais revelava um cenário desolador, semelhante a cenários observados no início do século XX.

O agravamento dos eventos de estiagem em algumas regiões brasileira é documentado no Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (CENAD, 2014). A publicação destacou que parcela mais ao norte da região Sudeste, apresenta grande suscetibilidade a eventos extremos de secas, tendo em vista o fato de ser muito dependente da ocorrência de chuvas das comunidades, sendo determinantes na distribuição espacial e produtivada população rural.

Em Minas Gerais, o aumento da criticidade em relação a eventos de estiagem é comprovado pelo número de municípios que tiveram publicados decretos de emergência ou calamidade pública de seca no semiárido que em 2017 contabilizou 100% dos municípios nesta área e em 2018 foram 89 % desses municípios. (DEFESA CIVIL, 2017; 2018).

Este cenário de aumento de incertezas vinculadas ao comportamento hidrológico traz desafios para a gestão de recursos hídricos e especialmente à garantia dos usos múltiplos autorizados por meio da outorga de direito de uso de recursos hídricos. Desta forma, no ano de 2015 o Estado de Minas Gerais, por intermédio do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH/MG publicou a Deliberação Normativa nº 49 (MINAS GERAIS, 2015), que estabeleceu diretrizes e critérios gerais



para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no estado, de forma a garantir o uso prioritário, abastecimento público e os usos múltiplos. Esta foi uma ação para aprimoramento da gestão em situações críticas que estabelece regras precisas para as condições de escassez, bem como as reduções de vazão imposta aos usos outorgados até o reestabelecimento da normalidade.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a condição da bacia do Jequitinhonha em relação à ocorrência de dados caracterizados como em situação de escassez hídrica entre os anos de 2009 a 2018, considerando-se como parâmetro balizador os critérios da DN CERH nº 49/2015.

3. METODOLOGIA

3.1 Localização da área de estudo

O rio Jequitinhonha nasce na Serra do Espinhaço, no município do Serro, MG, a uma altitude aproximada de 1.300m. Sua bacia se limita a norte com a bacia do rio Pardo, a sul com a bacia do rio Doce, a sudeste com a bacia do Mucuri e várias outras pequenas bacias. A oeste se limita com a bacia do rio São Francisco e a leste atravessa o limite entre Minas Gerais e Bahia no município de Salto da Divisa e segue rumo ao Oceano Atlântico. A porção mineira da bacia tem perto de 442 e 255 km, respectivamente, em linha reta. A área total da bacia é de 70.315 km², dos quais 65.660 (93,38%) correspondem à porção mineira. A Figura 1 apresenta a localização da bacia do rio Jequitinhonha no estado de Minas Gerais (Ferreira, 2011).





Figura 1. Localização da porção mineira da bacia do Jequitinhonha
 Fonte: Ferreira, (2011)

3.2 Clima

A bacia do rio Jequitinhonha varia do clima semiárido a úmido, com totais pluviométricos anuais compreendidos entre 600 e às vezes ultrapassando 1.600 mm, irregularmente distribuídos ao longo do ano. As chuvas concentram-se basicamente em seis meses do ano (outubro a março), sendo o trimestre dezembro/fevereiro responsável por mais de 50% da precipitação total. A temperatura média anual situa-se no intervalo de 21 a 24°C. O mês mais quente é fevereiro e o mais frio é junho. A evapotranspiração potencial está na faixa dos 800 a mais de 1.200 mm. A umidade relativa do ar varia entre 60 e 80% de média anual, sendo mais baixa nas áreas mais deprimidas e mais alta nos extremos oriental e ocidental da bacia (Gonçalves, 1997).

3.3 Critérios da Deliberação Normativa CERH nº 49/2015

A Deliberação Normativa 49/2015 estabelece critérios para gestão do uso das águas em condição de escassez hídrica. Para tanto estabelece três estados de condição dos cursos de água, atenção, alerta ou restrição que estão vinculados a vazão de referência conforme apresentado na Tabela 1.

ESTADO	CONDIÇÃO DE VAZÃO	USO DA ÁGUA
Atenção	< 100% e > 200% Q _{7,10}	Condições estabelecidas na outorga
Alerta	< 100% e < 70% Q _{7,10} OU < 100% e < 50% Q _{7,10}	Condições estabelecidas na outorga
Restrição	< 50% ou < 70% Q _{7,10}	Restrição do uso outorgado

Tabela 1 – Resumo dos critérios estabelecidos na Deliberação Normativa CERH 49/2015
Fonte: Autores, (2019)

De acordo com Parágrafo único, do art. 10, da Deliberação supracitada, para o estabelecimento de situação crítica de escassez hídrica, o órgão gestor de recursos hídricos observará os seguintes estados de vazões e estado de armazenamento dos reservatórios.

Estado de Restrição de Uso: quando a média das vazões diárias de 7 (sete) dias consecutivos observadas no(s) posto(s) de monitoramento fluviométrico de referência estiver(em) inferior a 50% (cinquenta por cento) da Q_{7,10} nas bacias hidrográficas do estado ou inferior a 70% da Q_{7,10} para as bacias hidrográficas dos rios Jequitaiá, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba e Velhas (...). (MINAS GERAIS, 2015).

3.4 Método de análise

Para a análise dos dados, adotou-se a Q_{7,10}, Vazão de Referência do Estado de Minas Gerais, que é a vazão mínima com período de retorno de 10 anos, com ocorrência por sete dias consecutivos.

Para o cálculo de Q_{7,10} foi utilizado o software SisCAH1.0 – Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (Souza et al, 2009), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Viçosa. O modelo probabilístico utilizado foi de Weibull.

Para a classificação dos dados em estado de Restrição, partiu-se das definições da DN CERH nº 49/2015, quantificando-se a ocorrência de valores abaixo de 50% da Q_{7,10}, para cada ano, no período de 2009 a 2018. Ressalta-se que não foram consideradas ocorrências por sete dias consecutivos, mas todas as ocorrências de vazões abaixo de 50% de Q_{7,10}, em todos os anos citados.

A Tabela 2 apresenta as estações fluviométricas utilizadas para a análise e os municípios à montante destas estações.

ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	CÓDIGO DA ESTAÇÃO	MUNICÍPIOS
-----------------------	-------------------	------------



Araçuaí	54500000	Araçuaí, Chapada do Norte, Francisco Badaró, Jenipapo de Minas, Malacacheta, Minas Novas, Novo Cruzeiro, Setubinha e Virgem da Lapa
Barra de Salinas	54195000	Coronel Murta, Fruta de Leite, Grão Mogol, Josenópolis, Novorizonte, Padre Carvalho, Rubelita, Salinas, Taiobeiras e Virgem da Lapa
Fazenda Cajueiro	54770000	Almenara, Cachoeira de Pajeú e Pedra Azul
Jacinto	54780000	Almenara, Bandeira, Divisópolis, Felisburgo, Jacinto, Jequitinhonha, Joaíma, Mata Verde, Monte Formoso, Rio do Prado e Rubim
Jequitinhonha	54710000	Araçuaí, Carai, Comercinho, Coronel Murta, Itaobim, Itinga, Jequitinhonha, Medina, Novo Cruzeiro, Padre Paraíso, Ponto dos Volantes, Rubelita, Salinas, Santa Cruz de Salinas e Virgem da Lapa
Pega	54390000	Angelândia, Berilo, Capelinha, Chapada do Norte, Francisco Badaró, José Gonçalves de Minas, Leme do Prado, Minas Novas, Turmalina, Veredinha e Virgem da Lapa
Ponte Alta	54260000	Aricanduva, Capelinha, Carbonita, Felício dos Santos, Itamarandiba, Rio Vermelho, Senador Modestino Gonçalves, São Gonçalo do Rio Preto, Turmalina e Veredinha
Ponte Vacaria	54165000	Fruta de Leite, Grão Mogol, Novorizonte, Padre Carvalho, Riacho dos Machados, Rio Pardo de Minas e Serranópolis de Minas

Porto Mandacaru	54150000	Berilo, Bocaiúva, Botumirim, Carbonita, Cristália, Grão Mogol, Itacambira, José Gonçalves de Minas, Leme do Prado e Turmalina
Povoado de Vau	54001000	Datas, Diamantina e Serro
Vila Terra Branca jusante	54010005	Bocaiúva, Carbonita, Couto de Magalhães de Minas, Datas, Diamantina, Guaraçama, Itacambira, Olhos D'água e Serro

Tabela 2: Relação das estações fluviométricas
Fonte: Autores, (2019)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme as Tabelas 2 e 3, entre os anos de 2009 e 2014, a ocorrência de dados abaixo de 50% da $Q_{7,10}$ se deu apenas na estação Ponte Vacaria, com uma ocorrência. Já a partir do ano de 2015, começou-se a ter um acréscimo, ocorrendo nas estações de Araçuaí e Pega. Os anos de 2016 e 2017 foram mais críticos para a estação de Pega, e, ainda no ano de 2017, com ocorrência na estação Ponte Vacaria. Já no ano de 2018, registrou-se ocorrência nas estações Araçuaí e Pega.

ESTAÇÃO	OCORRÊNCIAS DE DADOS ABAIXO DE 50% DE $Q_{7,10}$									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Araçuaí	SEM*1	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	COM*2	COM	COM	COM
Barra de Salinas	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
Fazenda Cajueiro	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
Jacinto	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
Jequitinhonha	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
Pega	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	COM	COM	COM	COM
Ponte Alta	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
Ponte Vacaria	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	COM	SEM	SEM	COM	SEM
Porto Mandacaru	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
Povoado de Vau	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
Vila Terra Branca jusante	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM

Tabela 3: Ocorrências de dados abaixo de 50% de $Q_{7,10}$
Fonte: Autores, (2019)

*1 SEM: Sem ocorrência. *2 COM: com ocorrência

Os resultados apresentados, conforme Figura 2, demonstram as ocorrências

de situação de escassez hídrica ao longo do período de anos estudados, 2009 a 2018.

A partir do ano de 2015 a situação foi se tornando recorrente nas estações Araçuaí, Ponte Vacaria e Pega, que ficam localizadas no Alto e Médio Jequitinhonha, conforme Figura 3, com destaque para Pega, onde o acumulado atingiu a faixa de 191-215 ocorrências de vazões inferiores a 50% de Q_{7,10}.

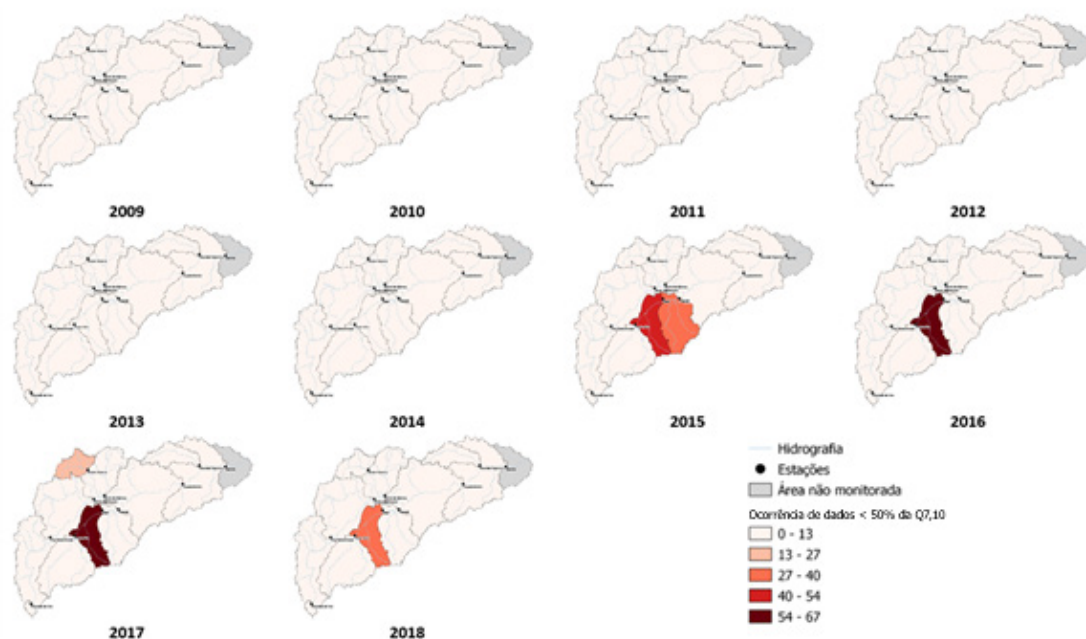


Figura 2 – Evolução da situação de ocorrência de dados abaixo de 50% de Q_{7,10} na bacia do Jequitinhonha entre 2009 a 2018
Fonte: Autores, (2019)

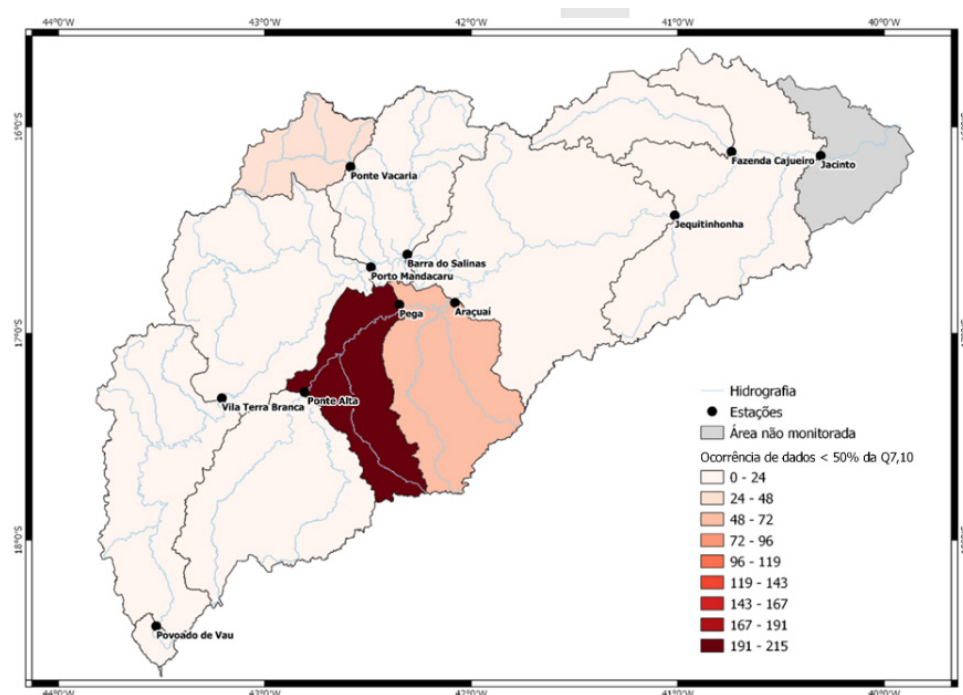


Figura 3: Ocorrência acumulada dos anos de 2009 a 2018
Fonte: Autores, (2019)

5. CONCLUSÃO

A bacia do Jequitinhonha apresenta suscetibilidade a eventos extremos de secas por ter características de distribuição irregular de chuvas durante o ano e pela alta taxa de evaporação. As ocorrências de vazões inferiores a 50% de Q_{7,10} aumentaram em determinadas estações entre os anos de 2015 a 2018, sendo consequência da estiagem citada pelos autores que gradativamente refletiu para a situação de escassez hídrica na bacia, apresentando um cenário mais crítico para o Alto Jequitinhonha.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em abril. 2019
- ANDRADE, J. A. (2014). Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista espinhaço**, 3 (2): pp. 28-39
- DEFESA CIVIL (2017; 2018). **Boletim Estadual de Proteção e Defesa Civil**. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/> Acesso em 29 de abril de 2019.
- FERREIRA, VANDERLEI O. (2011). Unidades de Paisagem da Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: Subsídios para a Gestão de Recursos Hídricos. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 12, n. 37. pp. 239-257.
- GONÇALVES, RONALDO N. (1997). **Diagnóstico Ambiental da bacia do Rio Jequitinhonha: Diretrizes Gerais para a Ordenação Territorial**. Salvador. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95902.pdf>> Acesso em 29 de abril de 2019.
- MINAS GERAIS (2015). **Deliberação Normativa nº 49, de 25 de março de 2015**. Estabelece diretriz e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.
- MINAS GERAIS (2012). **Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548, de 29 de março 2012**. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Belo Horizonte, MG.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. CENTRO NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RISCOS E DESASTRES – CENAD (2014). **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais**. Brasília, DF, 106 p.
- MOURA, Magna S. B. et al. (2007). **Clima e Água de Chuva no Semiárido**. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, pp. 37-59.
- SCHISTEK, H. (2001). **Como conviver com o Semi-Árido**. In: COMISSÃO PASTORAL DA TERRA. Água de chuva: o segredo da convivência com o Semi-Árido brasileiro. São Paulo: Paulinas. p. 104.
- SCHVARTZMAN, A. S. (2007). **Avaliação de alternativas para suprimento de água para consumo humano na região semi-árida de Minas Gerais**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte. p. 232.
- SOUZA, H. T. et al (2009). **SisCAH 1.0: sistema computacional para análises hidrológicas**. Brasília, DF: ANA; Viçosa, MG: UFV. p. 60.



SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE (2017). **Resolução n. 107, de 27 de julho de 2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. Brasília, DF.



AUTORES

Adriana Cardoso da Silva

Bacharel em Engenharia Química e Mestranda em Biotecnologia pela Universidade Federal do Amazonas. Durante a graduação, realizou pesquisas com Plantas alimentícias não Convencionais e com plantas nativas da região Amazônica, realizando análises físico-químicas, além de trabalhar com prospecção técnico-científica do breu. Realizou monitorias nas áreas de cinética e controle de qualidade, e participou de projeto de extensão voltado para a construção de equipamentos de engenharia química.

Adriane Ramos Zimmer

Possui graduação em Biologia pela Universidade Luterana do Brasil (2005) e mestrado em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2007). Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2014). Desenvolveu trabalhos na área de biodeterioração de combustíveis (diesel, biodiesel e misturas) e controle de contaminação microbiana em ambientes industriais. Junto ao Laboratório de biodeterioração de combustíveis (LABBIO) da UFRGS atuou no planejamento e execução de projetos de consultoria para empresas nas áreas química e petroquímica, com ênfase no desenvolvimento de estratégias para proteção de combustíveis armazenados com a utilização de biocidas. Foi membro do Conselho Fiscal da ONG IGRE - Associação Sócio Ambientalista que desenvolve atividades na área de educação ambiental e membro suplente representante da mesma no Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM). Recentemente atuou na preparação e organização das aulas práticas no laboratório de microbiologia/imunologia na PUCRS. Atualmente desenvolve e produz material didático para disciplinas na modalidade de ensino EAD para cursos de biologia e atua no assessoramento e apoio didático a professores.

Alessandra Machado-Lunkes

Graduou-se pela FFCL-RP (Bacharel em Química) na Universidade de São Paulo e fez mestrado e doutorado em Química pela Universidade Federal de Santa Maria. No ano de 2005, concluiu o pós-doutorado no Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. Atualmente, é professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e assessora de Coordenação do Programa de Pós-graduação em tecnologia de Alimentos (PPGTAL). Durante, os anos de 2009 a início de 2013 foi Diretora de Pesquisa e Pós-graduação e em 2013 foi Chefe da Estação Experimental de Laboratórios e Unidades de Processamento de Alimentos do Câmpus de Francisco Beltrão. Atua como docente permanente no Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos (PPGTAL) e é assessora da Coordenação do PPGTAL desde 2011. Desenvolve projetos de pesquisa que buscam usar reações



biocatalisadas e convencionais na preparação de compostos orgânicos de baixa massa molar, além da síntese em fase sólida e líquida de peptídeos de interesse na área de ciência e tecnologia de alimentos. Adicionalmente, está interessada no desenvolvimento de alimentos processados com incorporação de polpa de frutas exóticas ou de extratos vegetais e de coberturas ativas para revestimento de frutas de interesse da agricultura familiar ou de importância para o comércio nacional.

Alexsandro Fiscina de Santana

Graduação em Química Industrial pela Universidade Federal da Bahia (1992), Doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade de A Coruña, Espanha (2008). Atualmente é Perito Criminal Classe Especial, Chefe de Gabinete do Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia. Professor Adjunto (20 horas) do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica (UFBA), lecionando as disciplinas Ciências do Ambiente e Qualidade do Ar. Possui experiência no ensino em disciplinas na área de química (química geral e química ambiental), engenharia ambiental (redes de monitoramento do ar, da água e do solo, Ciências do Ambiente) e Ciências Forenses. Possui experiência na área de Gestão em Segurança Pública e Laboratório Forense.

Aline Bavaresco

Possui graduação em Química - Licenciatura Plena pela Unioeste (Universidade Estadual do Oeste do Paraná), campus Toledo/PR, especialização em Segurança de Alimentos (SENAI/PR) e mestrado em Bioenergia (UFPR) Atualmente é Técnica de Laboratório na área de Química na UFPR (Universidade Federal do Paraná), campus Palotina/PR.

Aline Silva Muniz

Possui licenciatura e bacharelado em Química (2009), Mestrado em Química Orgânica (2012) e Doutorado em Química (2016) pelo Departamento de Química na Universidade Federal do Paraná - UFPR. Foi bolsista no Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), onde desenvolveu o projeto de Doutorado em parceria com a Universidade de Graz - Karl-Franzens-Universität Graz na Áustria (2014). Tem experiência na área de Química Orgânica, com ênfase em Síntese de Polímeros, direcionada para obtenção de aditivos anticongelantes e antioxidantes para serem utilizados em Biocombustíveis, com o escopo de melhorar o armazenamento, transporte a fim de viabilizar a utilização dos mesmos em larga escala. O pós-doutorado foi realizado na UFPR (2016/2) como bolsista no Programa Professor Visitante do Exterior (PVE) projeto desenvolvido no Departamento de Mecânica na Universidade Federal do Paraná ? UFPR em parceria com o Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica e a Universidade de Aveiro- Portugal. Atualmente atua como Bolsista - Pesquisadora nível C no projeto de Desenvolvimento Científico Tecnológico e Regional - DCR no estado de Goiás - UFG.



Amanda Amorim Correa Garcia

Formada em Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em março de 2018. Cursando Pós Graduação em Energias Renováveis e Eficiência Energética pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curso de Perícia Ambiental em 2015. Participação do Projeto de Extensão “Elaboração de Mapas Temáticos (ON-LINE) da Atividade Turística Rural no Município de Medianeira - PR” pela UTFPR em 2015 e 2016. Conclusão do curso “English at Advanced Level” pela New Wave School em 2011. Estágio realizado na Itaipu Binacional em 2016, 2017 e 2018. Participação e apresentação de trabalho no Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos realizado em Foz do Iguaçu em 2019 pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

Amanda Duarte Gondim

Possui graduação em Química pela Universidade Federal da Paraíba (2003), graduação em Química (licenciatura) pela Universidade Federal da Paraíba (2001), mestrado em Química pela Universidade Federal da Paraíba (2003) e doutorado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2009). Professora de Química do Petróleo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte é pesquisador do Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes (LCL - UFRN) e Laboratório de Catálise e Petroquímica (LCP-UFRN). Atualmente, coordenadora da Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Renováveis (RBQAV). Desenvolve projetos de pesquisa na produção de biodiesel e hidrocarbonetos renováveis, principalmente bioquerosene, através de processos catalíticos a partir de diversas fontes de biomassa.

Amanara de Souza Freitas

Bacharel em Engenharia Química, pela Universidade Federal da Paraíba / Centro de Tecnologia (UFPB / CT). Mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia Química (PPGEQ) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Possui publicações em áreas multidisciplinares, e experiências com ênfase em Engenharia Química, Adsorção e Modelagem.

Ana Kérolly Avelar Saraiva

Faculdade Pitágoras, São Luís - Maranhão

André Walczuk Gomes

Geólogo pela Universidade de Brasília (2016) e Mestre em Hidrogeologia e Meio Ambiente pela mesma instituição (2019). Doutorando em Recursos Hídricos e Meio Ambiente (UnB) e aluno de curso Especialização em Geoprocessamento Ambiental (UnB). Principal linha de pesquisa: processos de recarga e suas condicionantes.



Andrea Lopes de Oliveira Ferreira

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (1997), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (1999) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (2004). Atualmente é professora associada III da Universidade Federal da Paraíba. É vice-coordenadora do programa de pós-graduação em Engenharia Química da UFPB. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Engenharia Química, atuando principalmente nos seguintes temas: etanol, biodiesel, derivados de vitamina A, antibiótico, cinética enzimática, enzima imobilizada, modelagem e simulação de bioprocessos, controle de processos e biorreatores.

Anna Sacha Karolyne Da Silva Moraes

Graduação em andamento em Engenharia Química pela Faculdade Pitágoras Campus São Luis - Turu, FAMA, Brasil.

Artur Paes Leme Werlang

Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Brasil.

Breno Esteves Lasmar

Advogado especializado em Assessoria e Consultoria Jurídica ambiental e de recursos hídricos; Analista Ambiental do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - Igam; Assessor-Chefe de Gestão Regional da Semad; Ex-Chefe de Gabinete da Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam; Experiência no Assessoramento Jurídico em Autarquias e Secretarias de Estado do Estado do Governo de Minas Gerais (Ex-Procurador-Chefe do Instituto Mineiro de Gestão das Águas-Igam; Ex-Assessor Jurídico-Chefe da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável-Semad-Minas Gerais; Ex-Procurador-Chefe do Instituto de Geociências Aplicadas-IGA); Experiência no Assessoramento Jurídico em Autarquia Federal; Experiência no desenvolvimento dos marcos legais e institucionais das reestruturações do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA, dos seus Conselhos de Políticas Públicas, e dos instrumentos de gestão ambiental e de recursos hídricos; Profissional com experiência com atuação nos mercados nacional e internacional; Experiência no planejamento, organização e execução das atividades de controle e fiscalização referentes ao uso dos recursos ambientais (Ex-Superintendente de Fiscalização Ambiental Integrada da SEMAD); Experiência no planejamento e implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos no estado de Minas Gerais; Facilidade de relacionamento interpessoal e habilidade de negociação, comunicação, liderança e inovação; Experiência em ministrar aulas, palestras, cursos e treinamentos para formação e capacitação profissional; Fluência na língua Inglesa e bons conhecimentos em Espanhol.



Brenno Souza Mundim Porto

Graduando em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Humanas e Sociais(-FACIHUS) da Fundação Carmelitana Mário Palmério. Realizou estágio de docência supervisionado na Escola Estadual Clara Chaves. Participa do programa da Residência Pedagógica como bolsista da CAPES na Escola Estadual Professor Vicente Lopes Perez.

Bruna Tais Ferreira de Mello

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Paranaense - UNIPAR (2013), mestrado em Bioenergia na área de concentração em biocombustíveis pela Universidade Estadual de Maringá - UEM (2016) e doutorado em Engenharia Química pela mesma universidade (2020). Desempenhou as atividades da tese na linha de pesquisa de Equilíbrio de Fases e Propriedades Termodinâmicas. Tem experiência na área de Química e atua principalmente nos seguintes temas: reações em condições pressurizadas para a produção de biodiesel e extração por líquido pressurizado de óleos vegetais.

Bruno Éric Siqueira Albino

Graduado em Biotecnologia pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) onde foi bolsista de iniciação científica pela FAPEMIG. Mestre em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foi bolsista RHAE/CNPq e Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento na empresa Fitoclone Produtos e Serviços em Biotecnologia. Possui experiência na área de Fisiologia Vegetal e processos Biotecnológicos em geral, com ênfase em cultura de tecidos de plantas medicinais, plantas lenhosas e frutíferas. Atualmente, Assistente de Suporte Acadêmico II na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) campus Tupã-SP.

Camila da Silva

Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (2009). Professor Associado A da Universidade Estadual de Maringá - DTC (Departamento de Tecnologia), Professor Permanente do PEQ/UEM (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química). Tem experiência na área de Engenharia, com ênfase em Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: processos em meio pressurizado, processos assistidos por ultrassom, biodiesel e extração de óleos vegetais.

Camila Kiill

Graduação em andamento em Engenharia de Biosistemas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.



Camila Roders

Graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil.

Carla Cristina Bem

Possui graduação em Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2006), mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (2009) e doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (2015). Tem experiência na área de Ciências Ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: monitoramento de qualidade da água e sedimento, biomonitoramento, gestão de recursos hídricos.

Carlossandro Carvalho de Albuquerque

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (2012). Mestrado na área de Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia UFAM (2003). Especialização em Engenharia Ambiental - UFAM (1998). Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM (1997). Professor Adjunto da Universidade do Estado do Amazonas - UEA. Experiência profissional na área de Geografia, Meio Ambiente, Recurso Hídrico e Turismo. Coordenador do Mestrado profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Atua no ensino superior e pesquisa no curso de mestrado e graduação em geografia, recursos hídricos, meio ambiente e turismo.

Carolina Araújo Sarmiento de Azevedo

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Tiradentes com estágio na Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente, no setor de Licenciamento Ambiental e na Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, na Superintendência de Recursos Hídricos.

Caroline Borges Agustini

Pesquisadora pós-doutoranda na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2012) e mestrado e doutorado em Engenharia Química pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química/UFRGS (2014/2018). Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em produção de biogás, tecnologias limpas, tratamento de resíduos sólidos, tratamentos biológicos e análises de emissões atmosféricas.



Cássio Resende de Moraes

Licenciado em Ciências Biológicas (2008 - 2012) pela Fundação Carmelitana Mário Palmério (FUCAMP). Mestre (2013 - 2015) e Doutor em Genética e Bioquímica (2015-2019), pelo Instituto de Biotecnologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Especialização em andamento em Biotecnologia Ambiental, pela Universidade de Maringá (UNICESUMAR). Atualmente é professor de Ciências e Biologia no Colégio Alpha COC. Professor de Microbiologia e Parasitologia no Curso Técnico em Enfermagem (Alpha COC). Professor de Biologia no Colégio Nossa Senhora do Amparo (AMPARO). Professor de Biologia no Curso Pré-Vestibular Intelecto. Professor na Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (FACIHUS) da Fundação Carmelitana Mário Palmério (FUCAMP), responsável pelas disciplinas de Genética, Bioquímica, Evolução, Biologia Celular, Histologia e Embriologia, Biomonitoramento Ambiental e Ecotoxicologia em diferentes cursos da instituição. Membro do Núcleo Docente Estudantil - NDE (FUCAMP). Desenvolve pesquisas na área da Genética, com ênfase em Mutagênese, Carcinogênese, Ecotoxicologia e Monitoramento ambiental, empregando ensaios toxicológicos em insetos, peixes e plantas.

Daniel Arnóbio Dantas da Silva

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (2018), atuando principalmente nos seguintes temas: tratamento de efluentes, ensino de química orgânica, química verde, mentona e remoção de metais.

Danielle Evangelista Vitalino Cardoso

Possui Bacharelado (2011) em Química com Atribuição Tecnológica pela Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), mestrado (2014) em Energia pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Lecionou nas áreas de Engenharia Ambiental, Farmácia, Nutrição, Enfermagem e Fisioterapia na Faculdade Piaget (2015-2017). Atuou como Professora na Fatec Praia Grande (2016) onde lecionou na área de Processos Químicos. Tem experiência na área de biocombustíveis, energia, bioenergia, cultivo de microalgas e em biorremediação. Atualmente atua no projeto "Aproveitamento Energético de Bio-óleo Pirolítico de Macrófitas Aquáticas para produção de Biocombustíveis". no Instituto SENAI de Inovação em Biomassa.

Denise Silva de Aquino

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2003). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (2006) e doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (2010). Tem 14 anos de experiência em ensino e pesquisa adquirido na universidade e em empresas de Biotecnologia, tais como: UEM, Amyris e Braskem. Atualmente atua como professora nos cursos de Engenharia de Alimento e Tecnologia em Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/DTC). As principais áreas de atuação São: desenvolvimento de Processos Fermentativos, otimização



de processos, fisiologia de levedura, microbiologia industrial e extração enzimática de óleos vegetais.

Donato Alexandre Gomes Aranda

O reconhecimento do trabalho do professor Donato Aranda, se deve aos seus estudos sobre a produção de biodiesel e sua interação com muitas empresas envolvidas com biocombustíveis, sendo atualmente consultor de inúmeras indústrias desse setor no Brasil e no exterior. Além da principal premiação obtida pela Sociedade Brasileira de Catálise em 2007 (Prêmio Catálise e Sociedade) recebeu no mesmo ano a Comenda Nacional da Ordem do Mérito Científico entregue pelo Presidente Lula. Em 2008, recebeu o prêmio de melhor trabalho do X World Renewable Energy Congress, em Glasgow-Escócia. Em 2009, 2011 E 2013 recebeu o prêmio "Inventor Petrobras";. Em 2018, ganhou o Prêmio ANP de Inovação Tecnológica. Além das pesquisas em novos processos catalíticos de produção de biodiesel e no "upstream" e "downstream" de microalgas (www.laboratoriogreentec.com.br), Aranda coordena o PROCAT, maior centro de plantas piloto em catálise na América Latina (www.procat-ufrj.com). Possui cerca de 120 artigos científicos publicados em periódicos internacionais e já concluiu a orientação de mais de 80 teses de doutorado e dissertações de mestrado.

Edinaldo Silva Frazão

Graduação em andamento em Engenharia Química pela Faculdade Pitágoras Campus São Luis - Turu, FAMA, Brasil.

Eduardo Morgan Uliana

Professor Adjunto II na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus de Sinop - MT. Possui graduação em Engenharia Ambiental (2010), Mestrado em Produção Vegetal (2012) e doutorado em Engenharia Agrícola (2016). Tem experiência na área de Engenharia Ambiental, com ênfase em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: engenharia de água e solo, geoprocessamento aplicado a recursos hídricos, hidrologia estatística e modelagem hidrológica.

Elmo de Sena Ferreira Júnior

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA-2013). Trabalhou com determinação de metais em combustíveis utilizando equipamentos analíticos e modelos baseado em redes neurais artificiais. Estudou uma Planta Piloto para Produção de Biodiesel utilizando a Análise e Simulação Computacional com o software UniSim. Realizou o mestrado na Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP, onde desenvolveu um modelo matemático acoplado com um código de CFD (Computational Fluid Dynamics) para estudos de vazamento e dispersão de gases. Doutorado também em engenharia química pela UNICAMP



e atualmente é professor de ensino superior para Engenharia. Atua nas áreas de análise numérica, modelagem e simulação de vazamento e dispersão gases, incêndio e explosão em indústrias de processos.

Fátima Menezes Bento

Possui graduação e bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1991), Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente (1994) e Doutorado em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001). Durante o doutorado, foi bolsista da UNESCO na Universidade de Portsmouth, Inglaterra, avaliando a degradação microbiana de óleo diesel por cromatografia (GC-MS). Conclui Pós-doutorados na Universidade da Califórnia ? Riverside, atuando na área de biorremediação de hidrocarbonetos (óleo diesel) e metais (2001-2002) e na Universidade da Flórida-Gainesville, acessando a diversidade microbiana com sequenciamento de alto rendimento no período de 2013-2014. Atualmente é professor Associado III da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, coordenador do LAB-BIO (Laboratório de Biodeterioração de Combustíveis,- Biocombustíveis e Biocidas) onde presta serviços de Consultoria na área de Combustíveis (como uma Ação de Extensão na UFRGS); líder de pesquisa em Biodeterioração no Curso de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, onde orienta alunos de Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado. Tem experiência na área de Microbiologia do Petróleo, atuando principalmente nos seguintes temas: biocorrosão, biodeterioração, biodegradação, biorremediação de combustíveis (óleo diesel, gasolina, biodiesel; querosene e bioquerosene); produção de biossurfactantes, Biocidas, resíduos petroquímicos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Atualmente faz parte da Rede de Estudos e Projetos sobre Armazenamento de Biodiesel da Rede Brasileira de Tecnologia de BIODIESEL e de BIOQUEROSENE financiados pela FINEP e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Felipe Arduvini Casaroli Santos

Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Maranhão, UFMA com período sanduíche em Durham College, Oshawa Graduação em andamento em Medicina pela Universidade Ceuma, UNICEUMA, Brasil.

Fernando Alves Ferreira

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Mestrado em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), doutor pelo Programa de Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais NUPELIA/UEM. Pós-Doutorado (PNPD-CAPEs), vinculado a UFMS e participando ativamente em projetos no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU). Tem experiência na área de Ecologia Vegetal, com ênfase em Fitossociologia, Manejo, Ecologia, Florística, sistemática e Banco de diásporos de Macrófitas Aquáticas de ambientes naturais e artificiais (grandes reservatórios). Atualmente é Especialista VIsitante do Instituto Senai Biomassa (ISI - Biomassa), vinculado ao Projeto



MacroFuel - "Aproveitamento energético de bio-óleo pirolítico de macrófitas aquáticas para produção de biocombustível. Parceria CTG Brasil (China Three Gorges Corporation).

Gabriel Camargo de Jezus

Graduando em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberlândia no período de fevereiro/2016 à dezembro/2020. Desenvolve pesquisa na área de Ciência do Solo e é membro do grupo de estudos em Agricultura de Precisão.

Gabriela Bonassa

Graduada em Tecnologia em Biocombustíveis pela Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, com habilitação em Licenciatura em Química, Mestra pelo Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel e doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Cascavel, atuando na área de tratamento de efluentes da suinocultura, análises de compostos nitrogenados e carbono, processos (anaeróbios, aeróbios e anóxicos) de remoção de nitrogênio, com foco em pesquisas relacionadas à bactérias com atividade anammox. Possuindo também experiência em adsorção, estudo e desenvolvimento de biossorventes.

Gabrielly Antunes Ramos

Graduação em andamento em Engenharia de Biossistemas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

Giovanilton Ferreira da Silva

Possui graduação em Engenharia química pela Universidade Federal da Paraíba (1998), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2001) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2006). Atualmente é professor Adjunto III no IFBA. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, Engenharia de Controle e Engenharia química, com ênfase em Termodinâmica, geração de energia, atuando principalmente nos seguintes temas: biodiesel, instrumentação de controle de plantas de biodiesel, trabalho experimental e modelagem de reator de leito fluidizado (combustão, gaseificação e pirólise), trabalho com FORTRAN, MATLAB, C ++, AutoCAD, HYSYS e CHEMCAD.

Glenda Guedes Patrício

Graduação em andamento em Engenharia Química pela Faculdade Pitágoras Campus São Luis - Turu, FAMA, Brasil.



Guilherme Bolico Pletsch

Mestrando em Engenharia de produção pela Universidade tecnologia federal do Paraná UTFPR, na linha de pesquisa Modelos e métodos de suporte à tomada de decisão com ênfase em sistemas produtivos, sistemas de transporte, desenvolvimento de produtos, sistemas da qualidade e gestão econômica. Dentro dessas áreas objetiva-se o estudo, o desenvolvimento e a aplicação de métodos e modelos para auxiliar o processo de tomada de decisões. Formado em engenharia de produção pela Faculdade Mater Dei, atualmente trabalha na empresa Silo Fértil na área de Projetos Mecânicos, Desenvolvimento de usinas de Biocombustíveis, desenvolvimento de máquinas de extração de óleo vegetal, Custos de Produção, Layout de instalações industriais, Gestão de Projetos. Atua também na responsabilidade técnica e coordenação de equipes e de processos industriais.

Guilherme Neiva Rodrigues Oliveira

Geólogo, especialista em geoprocessamento ambiental e mestre em geociências aplicadas, títulos concedidos pela Universidade de Brasília - UnB. Atualmente é coordenador de meio físico e Inovações na Dossel Ambiental. Tendo contribuído na elaboração de diversos estudos e relatórios ambientais, com destaque aos relacionados a empreendimentos lineares.

Gustavo Ferreira Pereira

Graduado no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Mário Palmério (UNIFUCAMP), atuou como bolsista Capes no programa Residência Pedagógica 2018/2019. Atualmente cursa Mestrado em Biologia Vegetal na Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Tem conhecimento e experiência na área da Botânica com ênfase na produção de mudas de espécies nativas do bioma Cerrado.

Heloísa Helena Bredemann da Silva

Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade de Brasília (2019) e ensino-medio-segundo-graupelo Centro de Ensino Médio Asa Norte (2013).

Hélio Merá de Assis

Bachelor's degree in Technological Chemistry by the Federal University of Mato Grosso do Sul (2007), a Master's Degree in Chemistry from the Federal University of Mato Grosso do Sul (2010), in the area of organic synthesis and master's degree in Production Engineering by the Aeronautical Technological Institute (ITA 2014) in the field of process engineering and Lean Manufacturing. He is currently an Industrial Researcher and develops research and project management activities at the SENAI Institute for Biomass Innovation in the area of energy and sustainability.



Israel Henrique Ribeiro Rios

Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia. Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Pólo UFBA, 2018- presente momento. Participou do II COBESA, congresso baiano de engenharia sanitária e ambiental. Participou da ACCS no semestre 2013.1. Foi gerente administrativo-financeiro da Esa jr, empresa jr de eng, sanitária e ambiental, de março de 2013 até junho de 2015. Participou do diretório acadêmico do curso de Eng. Sanitária e Ambiental, como membro de políticas educacionais, de 2013 até 2017. Foi monitor de Fenômenos de Transporte durante um semestre na UFBA(2014.1). Foi bolsista num projeto do GRH(Grupo Recursos Hídricos) envolvendo análises de água para obtenção de dados de eficiência do reator num tratamento de esgoto. Foi estagiário da empresa RK Engenharia trabalhando em planos de resíduos sólidos.

Jaqueline Zanovelli Nalevaiko

Engenheira Química pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestranda em Bioenergia pela Universidade Federal do Paraná.

Jeane Dantas de Carvalho

É especialista em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (1997). Atualmente é Gerente de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - Igam e analista ambiental do Igam. Tem experiência na área de Agronomia e Recursos Hídricos.

Jéssica Davi de Aquino

Graduação completa pelo Centro Universitário Mário Palmério-UNIFUCAMP. Desenvolveu atividade de estágio de docência supervisionado na Escola Estadual Clara Chaves. Participou do programa Residência Pedagógica pela CAPES.

Jhennifer Meneghette dos Santos

Graduanda do curso de Engenharia Química na instituição de ensino Faculdades Integradas de Três Lagoas - AEMS. Atua como iniciação científica no projeto "Aproveitamento Energético de Bio-óleo Pirolítico de Macrófitas Aquáticas para produção de Biocombustíveis" no Instituto SENAI de Inovação em Biomassa.

Jhonata Rodrigues de Brito

Graduação em Ciências Biológicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil. LABBIO Laboratório de Biodeterioração de Combustíveis e Biocombustíveis; Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



João Carlos Ferreira Almeida de Sá

Graduação em andamento em Engenharia de Petróleo pela Universidade Estácio de Sá, UNESA, Brasil.

Joel Gustavo Teleken

Professor Adjunto IV da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Possui Graduação em Engenharia Química (2007), Mestrado (2009) e Doutorado (2013) em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina na área de controle e simulação de processos de separação (Destilação). Atualmente é professor do Departamento de Engenharias e Exatas da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina, na área de produção de energias renováveis. Faz parte do quadro permanente dos Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu em "BIOENERGIA" e "BIOTECNOLOGIA". Coordenador do Curso de Pós Graduação (Mestrado/Doutorado) em Engenharia e Tecnologia Ambiental - PPGETA (UFPR/UNIOESTE). Líder do Grupo de Pesquisa "GERA - Grupo de Energias Renováveis Alternativas". Bolsista Produtividade em Pesquisa da Fundação Araucária-PR.

Jorge Otávio Trierweiler

Engenheiro Químico formado na UFRGS em 1988, com mestrado no PEQ/COPPE/UFRJ em 1991 e Doutorado na Universidade de Dortmund (Alemanha) em 1996 ambos em Engenharia Química na área de controle e otimização de processos. Em 2001 realizou estágio de pós-doutorado na área de biossensores na Universidade de Leibniz Hannover (Alemanha) e em 2008, na área de biorrefinarias, desenvolvimento, controle e otimização de processos na Universidade RWTH Aachen (Alemanha). Adicionalmente, em 2005 concluiu o curso de MBA em Gestão Empresarial da Escola de Administração da UFRGS. Atualmente ele é o coordenador do grupo de pesquisa do CNPq - GIMSCOP (Grupo de Intensificação, Modelagem, Simulação, Controle e Otimização de Processos) e está lotado no Departamento de Engenharia Química da UFRGS onde atua como professor desde 1997. Já foi coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química no período de 2001 a 2004. Já orientou mais de 50 dissertações de mestrado e teses de doutorado e possui mais de 150 artigos publicados em periódicos, eventos científicos e conferências internacionais. Sendo que vários trabalhos realizados pelos seus alunos já foram premiados (1 Prêmio Petrobras e 2 Prêmios ABEQ-Braskem). As pesquisas desenvolvidas pelo GIMSCOP encontram-se aplicados em programas que são responsáveis pela melhoria operacional de diversas empresas. P.ex. mais de 23 unidades industriais da PETROBRAS -- totalizando mais de 10.000 malhas de controle -- acompanham o seu desempenho operacional através do programa BRPerfX, software desenvolvido em parceria entre a UFRGS/TriSolutions/Petrobras. O BRPerfX é um exemplo de como uma tecnologia nacional pode ser efetivamente aplicada. Desde 2007 tem se dedicado também à pesquisa na área de biorrefinarias. Áreas de Atuação: (a) Controle e Otimização de Processos; (b) Intensificação e Integração Mássica/Energética de Processos; (c) Modelagem e Simulação



de Processos; (d) Identificação de modelos dinâmicos lineares e não lineares; (e) Auditoria e Diagnóstico de Desempenho de Malhas de Controle; (f) Controladores Preditivos Lineares e Não Lineares; (g) Projeto de Unidades levando em conta a Controlabilidade Operacional; (h) Estimadores de Estado e a Analisadores Virtuais; (i) Estudo e desenvolvimento de Biorrefinarias e (j) Desenvolvimento de Processos Biotecnológicos e de Biossensores. Em 2010, decorrente de sua enorme contribuição à educação e ao desenvolvimento em ciências, engenharia e tecnologia da instrumentação e sistemas de controle foi agraciado com o prêmio internacional -- Donald P. Eckman Education Award -- concedido pela ISA ?- the International Society of Automation --. Em 2017, GIMSCOP/UFRGS + TriSolutions + PETROBRAS foram agraciados com o prêmio de inovação tecnológica da ANP e em 2019 com o primeiro lugar no -- Desafio Internacional da Classificação Digital -- promovido pela empresa GERDAU.

José Donizetti de Lima

O Professor e Pesquisador José Donizetti de Lima possui Licenciatura em Matemática e Habilitação em Física pela Universidade Estadual Paulista (UNESP, 1995), Aperfeiçoamento em Formação Empreendedora na Educação Profissional pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2000), Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR, 2002) e Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - Câmpus Pato Branco), atuando em disciplinas relacionadas à área de Matemática, Probabilidade e Estatística e Engenharia de Produção nos cursos de Engenharia e Agronomia. Além disso, leciona a disciplina de Engenharia Econômica em curso de Pós-Graduação (lato e stricto sensu) na área de Engenharia de Produção, com orientação de trabalhos, principalmente na área de custos e análise de viabilidade econômica de projetos de investimentos industriais e agropecuários. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Programação Matemática para problemas do planejamento da produção agropecuária. Tem realizado trabalhos de pesquisa e publicações principalmente nos seguintes temas: decisões de investimentos, indicadores de viabilidade econômica, análise econômica de projetos de investimentos via Opções Reais, métodos de custeio e gestão estratégica de custos. As principais áreas de interesse e linhas de pesquisa são: Engenharia Econômica, Sistemas de Custeio, Estatística Multivariada, Pesquisa Operacional, Análise Econômico-Financeira de Empresas, Reconhecimento de Padrões e Planejamento da Produção Agropecuária. É referee dos periódicos Energy, IJEME, IJM&P, Exacta, ENEGEP/ABEPRO, SEI/UTFPR, Professor permanente e vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da UTFPR-Câmpus Pato Branco.



José Eloi Guimarães Campos

Possui graduação em Geologia (1990), mestrado em Geologia (1992) e doutorado em Geologia (1996) todos os títulos pela Universidade de Brasília. Atualmente é professor Titular do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Geociências, atuando principalmente nos seguintes temas: Hidrogeologia, Pedologia, Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos, Estratigrafia, Sedimentologia, Geologia de depósitos de fosfato, Geologia Regional, Mapeamento Geológico e Geologia Ambiental.

Juciana Clarice Cazarolli

Realizou a graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde realizou Iniciação Científica no laboratório de Imunogenética e no Laboratório de Microbiologia Ambiental, onde formou-se em 2010. Em 2011 ingressou no mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGMAA/UFRGS), defendendo a dissertação e recebendo o título de Mestre em 2013. Posteriormente, realizou o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente da UFRGS, onde obteve conhecimentos em técnicas de biologia molecular e química analítica, especializando-se em fisiologia microbiana, processos de biodeterioração e biodegradação de diesel e biodiesel, e no controle dessas populações microbianas através do uso de produtos químicos.

Julia Nascimento Nunes

Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Brasil.

Júnior da Silva Camargo

Graduado em Química Industrial (Bacharelado) em agosto de 2016 pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), unidade universitária de Dourados-MS. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Eletroanalítica, Eletroquímica e Química Analítica atuando principalmente nos seguintes temas: Avaliação do Eletrodo de Pasta de Carbono Modificado com Óxido de Bismuto (III) para Detecção Voltamétrica do Herbicida Glifosato; Estudos Eletroanalíticos para Caracterização do Complexo de Lapachol com Íons de Ferro (II), ambos como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Atuou como Técnico de Laboratório Industrial e Supervisor de Produção na empresa Super X Brilho Indústria e Comércio de Produtos de Limpeza. Desenvolveu um projeto de implantação e viabilidade de uma fábrica de produtos de limpeza na cidade de Naviraí-MS para a empresa Salvador Cardoso EIRELI. Atualmente atua como pesquisador bolsista no projeto "MACROFUEL - Aproveitamento Energético de Bio-Oleo Piro-lítico de Macrofitas Aquáticas para Produção de Biocombustíveis", na área de catálise química, especificamente com hidrotreamento catalítico, trabalhando com catalisadores



para reações de hidroxidação (HDO) de bio-óleo pirolítico e processos de pirólise e pirólise catalítica no Instituto SENAI de Inovação em Biomassa localizado em Três Lagoas-MS. É também professor de robótica contratado pela empresa AREA - Assessoria em Robótica Educacional Aplicada, trabalhando com linguagens de programação em Python e Scratch, e com plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única (Arduino).

Karine Gomes dos Santos

Graduação em andamento em Engenharia de Biosistemas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

Késia Karoline Ferreira da Silva

Graduação em andamento em Engenharia Química pela Faculdade Pitágoras Campus São Luis - Turu, FAMA, Brasil.

Lara Talita Schneider

Possui graduação em Tecnologia em Biocombustíveis pela Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina (2015) e mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Cascavel (2017). Atualmente é discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Toledo (2017-2021), atuando principalmente em pesquisas na área de adsorção, estudo e desenvolvimento de biosorventes e tratamento de efluentes.

Larissa Canhadas Bertan

Possui graduação em Farmácia pela Universidade do Sagrado Coração (1997). Pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1999) obteve a habilitação em Farmacêutico Bioquímico, opção: Alimentos. Possui mestrado em Alimentos e Nutrição (2003) e doutorado em Tecnologia de Alimentos (2008), ambos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Tem experiência na área de tecnologia de alimentos de origem animal e vegetal, embalagens biodegradáveis e ativas. Atualmente é professora Associada I e coordenadora do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - PPGCTAL, do Campus Laranjeiras do Sul, da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).



Layssa Aline Okamura

Possui graduação em Tecnologia em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2009). Iniciação Científica na área de Engenharia de Materiais/Análise eletroanalítica (2008), Estágio Laboratório de Materiais Eletródicos - UTFPR (2007). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental na UTFPR. Atualmente é aluna de doutorado do Programa de Pós Graduação em Bioenergia (UNESP). Desde 2015 atua como pesquisadora industrial, líder na área de energia e sustentabilidade, no Instituto SENAI de Inovação em Biomassa. Possui experiência em projetos de inovação nas áreas de processos termoquímicos de geração de energia e combustíveis, aproveitamento energético de resíduos e purificação de gases combustíveis.

Letícia Garreto Costa

Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil.

Lilian Anne Gonçalves de Azevedo

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário Tiradentes, UNIT/AL, Brasil.

Luan Martins de Souza

Formado em Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2012). Tem experiência em Agricultura de Precisão, Cultura de Milho, Fertilidade do Solo e Análise de Variabilidade Espacial. Trabalhou na Geaap Agrociências como Técnico de Campo (2012-2014) e na Syngenta - Divisão de Milho como Técnico de Campo (2014-2015). Atualmente está graduando Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia (2019).

Luana Lisboa

Pesquisadora em Geociências na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM - Serviço Geológico do Brasil), na Superintendência Regional de Manaus (AM). Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (2008), Mestrado em Engenharia Agrícola (2010) e doutorado em Engenharia Agrícola (2014) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais. Tem experiência na área de engenharia agrícola, com ênfase em conservação de solo e água, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão de recursos hídricos, sistemas de informações geográficas, comportamento hidrológico, modelagem hidrológica.



Lucas Itacarambi Ferreira

Graduação em andamento em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Brasil.

Lucas Neves de Almeida

Graduando em engenharia de petróleo pela Universidade Estácio de Sá (UNESA) e em engenharia de produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Atuando em pesquisas de processos de produção de petróleo offshore, análise de segurança e sistemas de geração de energia.

Luciane Ferreira Trierweiler

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1999), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2009). Trabalhou como pesquisador de pós-doutorado na TriSolutions Soluções em Engenharia em conjunto com a UFRGS. Atualmente é professora do ensino superior na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Projeto de Processos, atuando principalmente nas seguintes áreas: projeto de processos, modelagem, simulação e otimização de processos químicos e biotecnológicos.

Luisa Helena Cazarolli

Possui graduação em Farmácia Análises Clínicas pela Universidade Federal de Santa Maria (2003) e mestrado e doutorado em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004 e 2009). Tem experiência na área de Fisiologia e Bioquímica, com ênfase em Bioquímica e Fisiologia Endócrina e sinalização celular, atuando principalmente nos seguintes temas: diabetes, flavonoides, plantas medicinais, bioquímica metabólica. Além disso, desenvolve trabalhos relacionados ao efeito de plantas, compostos naturais/sintéticos, produtos biotecnológicos (aspectos metabólicos, fisiológicos, de segurança, eficácia) no cultivo de organismos aquáticos. Atualmente é professora associado I-DE na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Orienta nos programas de pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável e Ciência e Tecnologia de Alimentos.



Luiz Antônio de Oliveira Chaves

Graduação em engenharia química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/1994) e mestre em Sistemas de Gestão (Área Gestão Ambiental) pela UFF - Universidade Federal Fluminense (2004). Experiência na área gerencial de Engenharia de Processo e Análise de Risco Tecnológico e Ambiental com atuação em diversas empresas de grande e médio porte. Atividades de consultoria para desenvolver projetos de prevenção de perdas, análise de impactos ambientais para composição de EIA (Estudos de Impacto Ambiental), modelagem e simulação de acidentes e estudos de análise de riscos quantitativos (AQR) para diferentes indústrias. Experiência nos setores de manufatura e serviços, cadeia de petróleo (Oil & Gas) no ambiente upstream e downstream e setor petroquímico de 1ª a 3ª geração. Atuação acadêmica como docente ministrando disciplinas de operações e processos de produção industrial, fenômenos de transporte e análise de risco. Interesse em pesquisas de processos de produção industrial, análise quantitativa de riscos e gerenciamento ambiental.

Luiza Pinheiro Rezende Ribas

Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade FUMEC (2011). Foi assessora ambiental do Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Tem experiência na área de recursos hídricos, na área de regularização ambiental, como outorga de direito de uso da água, bem como monitoramento hidrológico. Atuou como coordenadora da Sala de Eventos Hidrometeorológicos Críticos de Minas Gerais, orientando e acompanhando a elaboração de boletins e produtos referentes à Sala de Situação, integrando informações dos níveis/vazões dos rios e acompanhamento de reservatórios com informações meteorológicas.

Marcia Teresa Soares Lutterbach

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Santa Úrsula-USU (1985), Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1990), Doutorado em Ciências (Microbiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1997) e MBA em Meio Ambiente - COPPE-UFRJ (2000). Atuou como professora Titular na USU no período de 1986 - 2002. Durante o período de 2004 - 2016 foi Tecnologista do Instituto Nacional de Tecnologia INT- MCTI. Neste período, criou e gerenciou o Laboratório de Biocorrosão e Biodegradação - LABIO, onde coordenou diversos projetos de pesquisas na área de biocorrosão, biofilmes e biodegradação, atuando principalmente nos seguintes setores: minério, águas industriais, biocombustíveis, óleo e gás e patrimônio cultural. Possui diversos trabalhos e capítulos de livros publicados e orientações de alunos de mestrado e doutorado. Desde dezembro de 2016, atua como pesquisadora do LABIO nas áreas de biocorrosão e biodeterioração de patrimônio cultural.



Marcio da Rosa Magalhães Bessa

Engenheiro Civil pela UCP/RJ. Pós-Graduado em Eng. Sanitária e Ambiental pela UERJ. Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela UNH/EUA. Professor Universitário e Consultor. Engenheiro de Estudos e Projetos Civil pela Eletrobras Eletro-norte.

Marcos de Oliveira Costa

Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Brasília. Coordenador de Componente na *Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH GIZ*, Brasília-Distrito Federal.

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira

Possui graduação em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1986), mestrado em Química Orgânica (Síntese Orgânica) pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (1990) e doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002). Atualmente é professor Associado IV do Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná. Tem experiência na área de Química Orgânica, com ênfase em Síntese Orgânica e Química de Polímeros, atuando principalmente no Setor de Energia e nos seguintes temas: Biodiesel: síntese, utilização de coprodutos e desenvolvimento de aditivos para estabilidade química e térmica; Desenvolvimento de aditivos poliméricos para petróleo, óleos combustíveis e biodiesel; Produção de biolubrificantes a partir de matérias-primas brasileiras renováveis e óleos residuais; Membranas poliméricas para células a combustível; Desenvolvimento de catalisadores poliméricos; Modificação química e reciclagem química de polímeros, com ênfase em PET; Estudo da reatividade do polibutadieno líquido hidroxilado, poli(álcool vinílico), poliestireno, poliacrilatos e polimetacrilatos, presentes em homopolímeros e copolímeros; Desenvolvimento de suportes poliméricos para espécies químicas e estudo da liberação controlada. É Coordenadora do LEQUIPE-Laboratório de Química de Polímeros e Síntese Orgânica da UFPR e membro da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel (RBTB/MCTIC). Vem atuando como Coordenadora de vários projetos nas Redes de Armazenamento e de Coprodutos da RBTB/MCTIC relacionados ao desenvolvimento de aditivos antioxidantes e de aditivos para a melhoria das propriedades de fluxo a frio de biodiesel e misturas, com Carta Patente concedida neste tema. Estuda também alternativas para a utilização de glicerina na síntese de novos materiais para diferentes aplicações, como biolubrificantes e novos materiais poliméricos. Coordenadora de Projeto de Extensão Universitária e Membro do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ/UFPR) e do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), atuando como orientadora de alunos de Iniciação Científica, Mestrado, Doutorado e estagiários. Bolsista de Produtividade do CNPq em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora 1D.



Maria do Carmo Ruaro Peralba

Possui graduação em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1976), mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais da UFRGS (1979), doutorado em Físico-Química pela Universidade de São Paulo (1990) e pós-doutorado na Florida International University (1998). Atualmente é Professora Titular do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e orienta alunos de mestrado e doutorado. Foi coordenadora pró-tempore do Programa de Pós-graduação em Química do IQ/UFRGS em 1993 e diretora do Centro de Tratamento de Resíduos Químicos do IQ/UFRGS no período de 2004 a 2010. Atualmente é coordenadora do Centro de Combustíveis , Biocombustíveis , Óleos e Lubrificantes do IQ/UFRGS e coordenadora do contrato ANP/UFRGS/FAURGS de Controle de Combustíveis do RS. Tem grande experiência em cromatografia, atuando nas áreas de Química Analítica, Análise de Traços, Química Ambiental e Geoquímica Orgânica, nos seguintes temas: petróleo, biocombustíveis, carvão, pesticidas, degradação de compostos, hidropirólise e biomarcadores geoquímicos.

Maria Gabriela Tiritan

Mestranda em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Graduada em Tecnologia Química Industrial e Licenciatura em Ciências Biológicas, pela mesma instituição. Atua no controle de qualidade da indústria de alimentos desde 2003. Atuou na indústria de biodiesel de 2007 a 2011, coordenando área de produção e controle de qualidade. Desde 2012 é responsável por laboratório químico na Dério Rost & Cia. Ltda. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: extração de óleo, produção biodiesel e controle de qualidade.

Mariane Rodrigues Lobato

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela mesma Universidade. Trabalhou nas áreas de Imunologia e Bioquímica em Laboratório de Análises Clínicas por 20 anos (Laboratório Andradas). Foi professora do Centro Universitário Ritter dos Reis- UniRitter. Doutoranda do Programa de Pós- Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Marília Carvalho de Melo

Possui graduação em Engenharia civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (2002), especialização em Gestão com ênfase em negócios pela Fundação Dom Cabral (2009), mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2006) e doutorado em Recursos Hídricos pelo Programa de Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Ja-



neiro - COPPE/UFRJ (2016). Atualmente é professora e coordenadora do mestrado da Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, professor da Escola de Engenharia Kennedy e diretora geral do Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: recursos hídricos, hidrologia, hidráulica, gestão ambiental e gestão pública.

Mariliz Gutterres Soares

Professora titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Possui graduação em Engenharia Química (1984), mestrado em Engenharia dos Materiais (1996) e doutorado em Química - Technische Universität Bergakademie Freiberg (2001). É orientadora de mestrado e doutorado em engenharia química. Realiza pesquisas em tecnologias limpas, reúso de água, tratamento de efluentes, tratamento de resíduos sólidos, análises de emissões atmosféricas, processamento do couro, desenvolvimento de insumos químicos (óleos, curtentes, corantes, tenso-ativos, enzimas e outros) e desenvolvimento de materiais de colágeno. Foi coordenadora da Comissão de Graduação em Engenharia Química, Coordenadora da Comissão de Pós-graduação em Engenharia Química e Coordenadora da Comissão de Pesquisa da Escola de Engenharia da UFRGS. Bolsista de Produtividade 2 do CNPq. Recebeu em 2017 o IULTCS Merit Award for Excellence in the Leather Industry da International Union of Leather Technologists and Chemists Societies.

Maycon Eduardo Ferreira Silva

Graduação em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (FACIHUS), da Fundação Carmelitana Mário Palmério. Desenvolveu atividade de estágio de docência supervisionado na Escola Estadual Professor Vicente Lopes Perez. Atualmente participa do programa Residência Pedagógica pela CAPES.

Michel Castro Moreira

Possui pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) graduação em Ciência da Computação (2003), mestrado (2006) e doutorado (2010) em Engenharia Agrícola. Foi docente da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), onde coordenou o grupo de pesquisa Geotecnologias e Recursos Hídricos (GeoTecHidro) e atuou como membro do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos. É docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da UFOB, orientando trabalhos que visam a gestão dos recursos hídricos e a conservação do solo e água em áreas de Cerrado do Oeste da Bahia. Atualmente é professor do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, atuando nas áreas de desenvolvimento de sistemas computacionais, gestão e planejamento de recursos hídricos, conservação de solo e água, geoprocessamento e levantamento aéreo utilizando aeronaves remotamente pilotadas (RPAs).



Nataly Albuquerque dos Santos

Possui doutorado em Química pela UFPB (2012), atualmente é Professora do curso de Tecnologia de Alimentos da UFPB e Coordenadora do Laboratório de Tecnologia de Biocombustíveis. Participa do Programa de Pós-graduação em Química e do Programa de Desenvolvimento e Meio ambiente (PRODEMA). Tem experiência na área de Química, atuando principalmente nos seguintes temas: Antioxidantes para alimentos e biocombustíveis, bioquerosene de aviação, hidrocarbonetos renováveis, biodiesel, controle da qualidade de combustíveis e monitoramento da qualidade do ar.

Nelson Roberto Antoniosi Filho

Doutorado em Ciências (Química Analítica) pela Universidade de São Paulo em 1995, e o pós-doutorado em Química Analítica pela UNICAMP em 1996. Foi contratado em 1996 pela Universidade Federal de Goiás onde é atualmente Professor Associado IV. Foi o responsável pelos projetos de criação dos Programas de Mestrado em Química Acadêmico e Profissional da UFG (Conceito 4), de Doutorado Multi-institucional em Química da UFG/UFMS/UFU (Conceito 4) e corresponsável pela criação do Doutorado em Química da UFG (Conceito 4) e do Doutorado em Ciências Ambientais da UFG (Conceito 6). Publicou 81 artigos em periódicos especializados e depositou 03 patentes, proferiu palestras e apresentou trabalhos em eventos enfocando o uso da cromatografia e outras técnicas analíticas na análise de poluentes ambientais, óleos e gorduras vegetais e animais, fármacos, alimentos, combustíveis fósseis, biocombustíveis, biolubrificantes, biograxas e fluídos biológicos. Atua também na área de ecotoxicologia aplicada a poluentes ambientais, combustíveis, lubrificantes e graxas. Recebeu diversos prêmios e/ou homenagens acadêmicas e políticas, destacando o Prêmio FINEP de Inovação 2012 da Região Centro-Oeste. Orientou 7 pós-doutorados, 16 teses de doutorado e co-orientou 1, 36 dissertações de mestrado e co-orientou 4, além de ter orientado 29 trabalhos de iniciação científica, 14 trabalhos de conclusão de curso e 4 de outra natureza nas áreas de Ciências Ambientais, Química, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Farmácia e Nutrição. Atua como um dos coordenadores da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel do MCTIC. É o idealizador e responsável pela criação do profissional "Tecnólogo em Biocombustíveis" e do curso de "Tecnologia em Biocombustíveis", em projeto aprovado pelo MCTIC, MEC e Casa Civil da Presidência da República, e corresponsável pela criação do Campus do IFSP-Matão (SP). Desde 2003 coordena o Laboratório de Métodos de Extração e Separação (LAMES) na execução de atividades de administração, ensino, pesquisa e extensão. Em seu currículo Lattes os termos mais frequentes na contextualização da produção científica, tecnológica e artístico-cultural são: Cromatografia Gasosa de Alta Resolução, Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, Espectrometria de Massas, Análise Térmica, Controle de Qualidade, Poluentes Ambientais, Óleos e Gorduras, Ácidos Graxos, Acilglicerídeos e Biodiesel.



Paulo Alexandre do Couto Simonetti

Com atuação Acadêmica desde o ensino técnico (integrado ao ensino médio). Em 2016 tornou-se engenheiro químico pela Universidade Federal do Amazonas, tendo atuado nas áreas de fitoquímica, materiais compósitos, Inteligência Competitiva, monitoramento de informações tecnológicas e uma experiência internacional (Alemanha) na área de Bioprocessos. Atualmente faz a especialização em Tecnologia Cosmética na IPUPO/ SP. Experiência profissional no Núcleo de Informação do Centro de Biotecnologia da Amazônia no desenvolvimento, execução e implementação de produtos informacionais com fins de disseminação e compartilhamento de informações, assim como na área de Qualidade de uma empresa multinacional. Foi professor substituto do departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Amazonas, ministrando matérias como Ciência da informação, Mecânica dos Flúidos e Engenharia Bioquímica; Atualmente é empreendedor na área de Cosméticos Naturais. Atualmente também atua como Professor Universitário de Cosmetologia da Fametro.

Pedro Rodrigo Scorza

Possui graduação em Administração de Empresa (Análise de Sistemas) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1998) e Mestrado em Administração de Empresas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS - 2010). Atua como Comandante de Aeronaves e Assessor Técnico para Combustíveis Renováveis e Emissões de CO₂ na GOL Linhas Aéreas Inteligentes. É diretor de Renováveis de Aviação da União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio).

Raul Andres Martinez Uribe

Professor Associado junto à FCE UNESP -Tupã - SP, e Vice- coordenador do curso de Engenharia de Biosistemas. Possui graduação em Engenharia Agrônoma - pela UCLA (2001), mestrado (2005) e doutorado (2009) em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela FCA Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Livre Docente em Irrigação pela FCE (Faculdade de Ciências e Engenharia) - UNESP. Tem experiência na gestão educacional como coordenador de curso, coordenador Institucional do programa PIBITI. Orientador de Iniciação Científica, mestrado e doutorado; professor de pós-graduação lato sensu. Professor permanente do mestrado Strito Sensu em Ciência e Tecnologia Ambiental da USC. Avaliador de cursos pelo INEP e pela Secretaria Estadual de Educação. Tem experiência na área Sucroenergética , com ênfase em Cana-de-Açúcar, Irrigação e Drenagem, Modelagem Agrícola, Biomassas e Biocombustíveis.

Ricardo Barros

CTG-Brasil, Três Lagoas-MS.



Sandro Manuel Carmelino Hurtado

Graduado em Agronomia pela Universidad Nacional Agraria La Molina (2000) com especialização em Gestão Agrícola Empresarial pela mesma Instituição. Realizou estudos de Mestrado em Fitotecnia (2004) e Doutorado em Ciência do Solo (2008), na Universidade Federal de Lavras e Pós-Doc em Manejo de Solos (2011-2013), pelo Instituto Agronômico-Campinas. Desenvolveu pesquisas na Embrapa Cerrados (2008-2011) vinculadas aos projetos AgriRocha, Agricultura de Precisão e FertBrasil. Tem experiência em Fitotecnia, Fertilidade e Física do Solo, Nitrogênio, Culturas de Milho e Soja, Agricultura de Precisão, Geoestatística e Análise da Variabilidade Espacial. Trabalhou na DuPont - Divisão Pioneer Sementes como Supervisor de Pesquisa de Produção (2013-2016). Atualmente é Professor Adjunto na Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Sonia Tomie Tanimoto

Possui graduação em Química pela Universidade Estadual de Maringá (1999), mestrado em Química (Química Analítica) pela Universidade de São Paulo (2002) e doutorado em Química (Química Analítica) pela Universidade de São Paulo (2006). Atualmente é professor da Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Eletroanalítica, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento, diagnóstico, levantamento, fitorremediação e pesticida.

Tainá Stafani de Paula

Graduação em andamento em Engenharia Química pela Faculdade Pitágoras Campus São Luis - Turu, FAMA, Brasil.

Thiago Barboza Ribeiro

Engenheiro Agrimensor pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2010). Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pela Universidade do Estado do Amazonas - UEA (2018). Tem experiência na área de geotecnologias - topografia, geodésia e afins.

Thiago Vinícius Barros

Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (2018-2020). Graduado em Engenharia Química na Universidade Federal do Maranhão (2012-2018) Bolsista do Programa Ciência sem Fronteiras (CAPES) na Universidade de Debrecen, Hungria (2014-2015). Tem experiência com reações químicas em água sub e supercrítica, análise termodinâmica de processos químicos e equilíbrio de fases. Atualmente trabalha junto ao Laboratório de Tecnologia Supercrítica (LTSEF-UEM).



Vagney Aparecido Augusto

Doutorando em Hidrogeologia e Meio Ambiente pela UNB 2016-2019, possui mestrado em Geologia e Recursos Naturais pela Universidade Estadual de Campinas (2006), MBA Executive em Gestão Econômica de Recursos Minerais pelo BI International (2015) e graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará (2003). Experiência em planejamento de longo prazo, gestão de projeto de capital, projetos de exploração mineral no Brasil e outros países (Peru, Argentina, Chile, Mongólia, Moçambique, etc) em diferentes commodities. Atuou como Líder de projetos corporativos, coordenação técnica das atividades junto equipe de modelagem geológica e auditoria externas/declaração de recursos minerais. Também como Geological Database Administrator, com QAQC, sensoriamento remoto, GIS, Gestão estratégica de Informação e Liderança de projetos de tecnologia. Gestão de contratos e de pessoas, de temas relativos à Saúde e Segurança, na coordenação de PMP desenho e modelagem de processos com foco na melhoria da eficiência de gestão técnica. Na Academia atuou com ênfase em Geofísica Aplicada e Sensoriamento Remoto, principalmente nos seguintes temas: gpr, geofísica aplicada, pluma de contaminação, hidrocarbonetos, meio ambiente e hidrogeologia. Desde 2015 vem atuando em consultorias com recursos hídricos, temas sobre irrigação e uso sustentável dos solos e recursos hídricos no meio rural. Ministrou palestras e short course corporativos.

Weverson Junio da Silva

Graduação em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (FACIHUS), da Fundação Carmelitana Mário Palmério. Desenvolveu atividade de estágio de docência supervisionado na Escola Estadual Clara Chaves. Atualmente participa do programa Residência Pedagógica pela CAPES.

Willian Pereira Gomes

Doutor em Química dos Materiais pelo programa de Ciência e Engenharia dos Materiais da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP. Graduado em Bacharel em Química Tecnológica pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB. Ministra aulas de química para os cursos de graduação nas FITL - AEMS. Atualmente ocupa o cargo de Analista Técnico no Instituto Senai de Inovação - Biomassa. Atuando nas áreas de energia e sustentabilidade da biomassa, novas fontes para geração de energia, biocombustíveis, materiais oriundos a processos e utilização de resíduos. Executa atividades analíticas (Cromatografias gasosas e líquidas, Análises térmicas, etc) e laboratoriais com o objetivo de desenvolver tecnologias para o uso da biomassa com eficiência, minimização de custo e redução de impactos ambientais.



ORGANIZADORES

Camila Pinheiro Nobre



Bolsista de Fixação de Doutor - UEMA/ Programa de Pós Graduação em Agroecologia. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2008), mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2011) e doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2014). Foi bolsista de pós doutorado CAPES/PVE da Universidade Estadual do Maranhão de 2015 a 2016. Atuou como professora substituta do Departamento de Química e Biologia da Univer-

sidade Estadual do Maranhão ministrando as disciplinas de Microbiologia, Microbiologia Ambiental e Diversidade de Micro-organismos. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Fungos micorrízicos arbusculares - identificação morfológica e ecologia; Micorrizas - aplicação e eficiência. E-mail: camilanobre@twamf.com. ORCID: 0000-0001-8137-7456; ResearcherID: L-4252-2014; Scopus Author ID: 55847138300.

Anna Christina Senazario de Oliveira



Possui Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF - 2007), mesma instituição que fez Mestrado (2009) e Doutorado (2013) em Produção Vegetal, além disso, também possui Formação Complementar em Ciências Biológicas, pela Universidade Salgado de Oliveira. Fez parte da Equipe de Formação da UENF no PROJOVEM Campo - Saberes da Terra do Estado do Rio de Janeiro, lecionou as disciplinas Estatística, Economia Ambiental e Sustentabilidade e Metodologia Científica na Faculdade de Educação Santa

Terezinha, em Imperatriz - MA, além de ter atuado como Professora Visitante do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde ainda permanece com bolsa de pesquisa. Com isso, possui experiência na área de Agronomia, com ênfase em Produção Vegetal, atuando e publicando principalmente em temas relacionados à produção, qualidade fisiológica e armazenamento de sementes, agroecologia.

Esta obra, apresentada em 25 capítulos, tem como objetivo apresentar estudos realizados por pesquisadores de diferentes regiões do Brasil, os quais trabalham nas áreas das Ciências Ambientais e Agrárias. Neste primeiro volume os resultados e conclusões, destes trabalhos, abordam temas como a utilização de diversos resíduos para diferentes setores industriais, melhora na produção de biodiesel, avaliação ambiental cursos d'água, além de esgoto, dormência de sementes de espécie ameaçada de extinção, aumento nutricional utilizando secagem em plantas alimentícias, horta urbana, produtividade e a qualidade do solo para a cultura da soja.

