

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Mauricio Zadra Pacheco  
(Organizadores)



# Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade 3

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Mauricio Zadra Pacheco  
(Organizadores)



# Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade 3

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

M514 Meio ambiente: inovação com sustentabilidade 3 [recurso eletrônico]  
 / Organizadores Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco, Juliana Yuri  
 Kawanishi, Mauricio Zadra Pacheco. – Ponta Grossa, PR: Atena  
 Editora, 2020. – (Meio Ambiente. Inovação com  
 Sustentabilidade; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-944-8

DOI 10.22533/at.ed.448202101

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio  
 ambiente – Preservação. I. Pacheco, Juliana Rodrigues. II.

Kawanishi, Juliana Yuri. III. Pacheco, Mauricio Zadra. IV. Série.

CDD 363.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

“Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade 3” é um trabalho que aborda, em 16 capítulos, valiosas discussões que se apropriam de todos os espectros científicos para retratar desde as aplicações práticas de inovação até os conceitos científico-tecnológicos que envolvem Meio-Ambiente e Sustentabilidade com uma linguagem ímpar.

A integração de conceitos e temas, perpassados nesta obra pela visão crítica e audaciosa dos autores, contribuem para um pensar elaborado e consistente destes temas, tão atuais e importantes para a sociedade contemporânea.

A fluidez dos textos envolve e contribui, tanto a pesquisadores e acadêmicos, como a leitores ávidos por conhecimento. A consistência do embasamento científico aliada ao trânsito simples e fácil entre os textos projetam um ambiente propício ao crescimento teórico e estrutural dentro do tema proposto.

Moradia, tecnologia, cidades inteligentes, agricultura e agroindústria são alguns dos temas abordados nesta obra que vem a ampliar as discussões teóricas, metodológicas e práticas neste e-book, de maneira concisa e abrangente, o que já é uma marca do comprometimento da Atena Editora, abrindo espaço a professores, pesquisadores e acadêmicos para a divulgação e exposição dos resultados de seus tão importantes trabalhos.

Juliana Thaisa R. Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Mauricio Zadra Pacheco

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| APROPRIAÇÃO SOCIAL DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA E CONTEXTO DE LEGITIMAÇÃO   |           |
| Joel Paese  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4482021011</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>12</b> |
| ESTUDO PRELIMINAR PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM AEROGERADOR EÓLICO PARA O MUNICÍPIO DE PRESIDENTE KENNEDY NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL. |           |
| Taís Eliane Marques   |           |
| York Castillo Santiago  |           |
| Osvaldo José Venturini  |           |
| Maria Luiza Grillo Renó   |           |
| Diego Mauricio Yepes Maya   |           |
| Nelson José Diaz Gautier  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4482021012</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>26</b> |
| TELHADOS INTELIGENTES, CIDADES SUSTENTÁVEIS: POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO À GERAÇÃO DE ENERGIA POR FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA                |           |
| Igor Talarico da Silva Micheletti   |           |
| Danilo Hungaro Micheletti   |           |
| Natiele Cristina Friedrich  |           |
| Débora Hungaro Micheletti   |           |
| Sônia Maria Talarico de Souza   |           |
| Flavia Piccinin Paz Gubert  |           |
| Glauci Aline Hoffmann   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4482021013</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>37</b> |
| UM ESTUDO DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE LIGANTES ASFÁLTICOS MODIFICADOS COM ÓLEO DA MORINGA  |           |
| Iarly Vanderlei da Silveira   |           |
| Lêda Christiane de F. Lopes Lucena  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4482021014</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>50</b> |
| O ENSINO DA SUSTENTABILIDADE NA FORMAÇÃO DO ADMINISTRADOR   |           |
| Jairo de Carvalho Guimarães   |           |
| Geovana de Sousa Lima   |           |
| Shauanda Stefhanny Leal Gadêlha Fontes  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4482021015</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....   | <b>71</b> |
| JARDINAGEM E ARTE NA ESCOLA DE FORMA SUSTENTÁVEL  |           |
| Dayane Rebhein de Oliveira  |           |
| Ilaine Rehbein  |           |
| Stela Antunes da Roza   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4482021016</b>  |           |

**CAPÍTULO 7 ..... 81**

PROMOÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA, SAÚDE, EDUCAÇÃO E CULTIVO DE HORTALIÇAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA USF VITÓRIA RÉGIA - HORTA VITAL

Altacis Junior de Oliveira  
Andressa Alves Cabreira dos Santos  
Herena Naoco Chisaki Isobe  
João Ricardo de Souza Dalmolin  
Marcia Cruz de Souza Rocha  
Monica Tiho Chisaki Isobe  
Natalia Gentil Lima  
Vinicius da Silva Assunção

**DOI 10.22533/at.ed.4482021017**

**CAPÍTULO 8 ..... 87**

OS IMPASSES DO USO DE HERBICIDAS SINTÉTICOS E AS POTENCIALIDADES DOS BIOHERBICIDAS

Carlos Eduardo de Oliveira Roberto  
Thammyres de Assis Alves  
Josimar Aleixo da Silva  
Rodrigo Monte Lorenzoni  
Francisco Davi da Silva  
Patrícia Fontes Pinheiro  
Milene Miranda Praça Fontes  
Tais Cristina Bastos Soares

**DOI 10.22533/at.ed.4482021018**

**CAPÍTULO 9 ..... 98**

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS GENOTÓXICOS COM UTILIZAÇÃO DOS TESTES DE MICRONÚCLEO E ANORMALIDADE NUCLEAR EM SERRASALMUS BRANDTII (LÜTKEN, 1865) NO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA, SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Fátima Lúcia de Brito dos Santos  
Márcia Cordeiro Torres  
Angerlane da Costa Pinto

**DOI 10.22533/at.ed.4482021019**

**CAPÍTULO 10 ..... 114**

ANÁLISE DO DESEMPENHO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – ESTUDO DE CASO DE UMA AGROINDÚSTRIA

José Roberto Rasi  
Roberto Bernardo  
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

**DOI 10.22533/at.ed.44820210110**

**CAPÍTULO 11 ..... 124**

ANÁLISE DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DA REGIÃO DE LEIRIA, PORTUGAL

Gabriel Heiden de Moraes  
José Luis Vera  
Valentina Fernandes Domingues  
Cristina Delerue-Matos  
Daniel Felipe J. Monteiro

**DOI 10.22533/at.ed.44820210111**

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 12</b> .....   | <b>135</b> |
| UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AMBIENTAIS PARA REMOÇÃO DE ÓLEO DE AMBIENTES AQUÁTICOS                          |            |
| Elba Gomes Dos Santos Leal   |            |
| Caio Ramos Valverde  |            |
| Ricardo Guilherme Kuentzer   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.44820210112</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 13</b> .....   | <b>147</b> |
| SÍNTESE HIDROTÉRMICA DE MAGHEMITA DE REJEITO DE LAVAGEM DE BAUXITA DA REGIÃO AMAZÔNICA                 |            |
| Renata de Sousa Nascimento   |            |
| Bruno Apolo Miranda Figueira   |            |
| Oscar Jesus Choque Fernandez   |            |
| Marcondes Lima da Costa  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.44820210113</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 14</b> .....   | <b>156</b> |
| OS REJEITOS DE MN DA AMAZÔNIA COMO MATÉRIA PRIMA PARA PRODUÇÃO DE NANOMATERIAL COM ESTRUTURA EM CAMADA |            |
| Leidiane A. da Silva   |            |
| Cícero W. B. Brito   |            |
| Gricirene S. Correia   |            |
| Kauany F. Bastos   |            |
| Henrique Ismael Gomes  |            |
| Maria Heloiza dos S. Lemos   |            |
| Bruno A. M. Figueira   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.44820210114</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 15</b> .....   | <b>163</b> |
| BIOCARVÃO NA AGRICULTURA   |            |
| Emmanoella Costa Guaraná Araujo  |            |
| Gabriel Mendes Santana   |            |
| Tarcila Rosa da Silva Lins   |            |
| Iací Dandara Santos Brasil   |            |
| Vinícius Costa Martins   |            |
| André Luís Berti   |            |
| Marks Melo Moura   |            |
| Guilherme Bronner Ternes   |            |
| Ernandes Macedo da Cunha Neto  |            |
| Letícia Siqueira Walter  |            |
| Ana Paula Dalla Corte  |            |
| Carlos Roberto Sanquetta   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.44820210115</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 16</b> .....   | <b>172</b> |
| MOVIMENTOS DE MORADIA, AUTOGESTÃO E POLÍTICA HABITACIONAL NO BRASIL: ESTUDOS DE CASOS                  |            |
| Camila Danubia Gonçalves de Carvalho   |            |
| Luiz Antonio Nigro Falcowski   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.44820210116</b>  |            |
| <b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....  | <b>188</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....  | <b>189</b> |

## APROPRIAÇÃO SOCIAL DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA E CONTEXTO DE LEGITIMAÇÃO

Data de aceite: 20/12/2019

**Joel Paese**

Universidade Federal de Mato Grosso  
Departamento de Sociologia e Ciência Política  
Cuiabá – MT

**RESUMO:** Tratamos no texto da correlação entre a apropriação social da ciência e da tecnologia, causada pelas características emergentes do meio ambiente, e o desenvolvimento de um novo processo de legitimação da atividade científica. O entendimento, pelo público, da incapacidade da ciência para controlar uma natureza que é complexa, projeta-a para se tornar uma atividade compartilhada entre cientistas e grupos sociais robustecidos. Altera-se, assim, o contexto que confere legitimidade à intervenção de cientistas no debate público a respeito do meio-ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modernidade; Ciência; Meio-ambiente; Apropriação social da ciência; Contexto de legitimação.

### SOCIAL APPROPRIATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY AND CONTEXT OF LEGITIMATION

**ABSTRACT:** We deal in the text of the correlation between the social appropriation of science and technology, caused by emerging features of the

environment, and the development of a new process of legitimization of scientific activity. The understanding by the public, of the inability of science to control a nature that is complex, propels it to become a shared activity between scientists and sturdy social groups. Modify thus the context itself that gives legitimacy to the intervention of scientists in the public debate about the environment.

**KEYWORDS:** Modernity; Science; Environment; Social appropriation of science; Legitimation context.

### 1 | INTRODUÇÃO

Podemos afirmar, com segurança, que o problema ambiental ocupa uma posição de destaque na agenda cultural, política e social nos dias de hoje. Basta olhar para as intervenções de indivíduos e organizações no debate sobre temas como desenvolvimento, gestão de empresas, hábitos de consumo, relação do homem com os recursos naturais para percebermos que a discussão sobre o meio-ambiente se faz presente. Para usar um lugar comum, podemos ser favoráveis ou contrários a determinadas abordagens da questão, mas não podemos mais ser indiferentes à problematização de temas ambientais.

Quando tratamos desta questão nos



deparamos com várias situações, dentre elas o processo de legitimação de quem intervém no debate; em outras palavras, quem formula a problemática, o faz a partir de critérios que tornam aceitáveis os termos de sua intervenção pelos interessados? Em suma, o proponente de uma determinada estruturação do problema precisa ser validado pelos participantes da discussão, a partir da homologia dos pressupostos discursivos. Ambos devem concordar a respeito dos fundamentos que permitem a determinado proponente das questões formulá-las em termos específicos. Em nosso caso, ou seja, na modernidade, a narrativa da ciência e da tecnologia passou a ser aceita como o discurso válido para articular as discussões dos temas críticos de nossa época; narrativas expressas em bases consideradas não-científicas são descartadas, como se meras superstições fossem. Quem não se apresenta para o debate alicerçado por tais fundamentos, portanto, é descartado como se propusesse quimeras.

Ocorre que as coisas são um pouco mais complicadas. E se considerarmos que, ao definirmos o meio-ambiente— um sistema complexo<sup>1</sup> —como problemático, não somos forçados, automaticamente, a buscar soluções fáticas? A abordagem existencial das questões, portanto, não impõe escolhas de natureza moral, ou seja, que se referem, diretamente, ao agir no mundo? Se há abordagem das questões nestes termos, como sustentar a intervenção no debate a partir do pressuposto da universalidade da ciência e da tecnologia, critério pelo qual lhe é conferida legitimidade narrativa? Em síntese, o tratamento de temas relacionados ao meio ambiente não leva a uma reconsideração da legitimação da ciência e da tecnologia? A resposta a estas questões passa pela estruturação do problema ambiental, articulada pela sua natureza emergente, a desvelar a complexidade que lhe é inerente, e pelo seu equacionamento técnico. O modo pelo qual ocorre esta interação é o que analisamos a seguir.

## 2 | ESTRUTURA DA REALIDADE E O USO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

Segundo Popper (1992, p. 129), “nosso universo é parcialmente causal, parcialmente probabilístico e parcialmente aberto: é emergente.” A fim de entendermos como a ideia de “emergência” expressa o “caráter evolutivo do universo” e sua relação com o indeterminismo, é necessário analisarmos como Ernest Mayr (2005) aplica o conceito de “emergência” aos processos biológicos. De acordo com ele, aceitar o determinismo em biologia na forma de leis como aquelas elaboradas pela Física, por exemplo, elimina o espaço para variação ou eventos casuais.

A razão principal dessa menor importância das leis na formulação de teorias biológicas talvez seja o papel principal do acaso e da aleatoriedade em sistemas biológicos. Outras razões para o pequeno papel das leis são o caráter único de um alto percentual dos fenômenos em sistemas vivos e também a natureza histórica dos eventos. (MAYR, 2005, p. 44).

<sup>1</sup> São sistemas de natureza complexa, caracterizados pelo intercâmbio entre sistema e ambiente, pelo desconhecimento de todos os fatores em interação, de todas as consequências das interações, de todas as alternativas de interação e, por consequência, pelo crescimento contínuo do conhecimento.

A emergência é caracterizada por três propriedades:

- i. Uma novidade genuína é produzida na forma de alguma característica ou algum processo antes inexistente;
- ii. As características da novidade são qualitativamente, e não apenas quantitativamente, diversas de tudo que já existia;
- iii. Ela era imprevisível antes de sua emergência, não apenas na prática, mas em princípio, mesmo com base num conhecimento ideal e completo do estado do cosmos. (MAYR, 2005, p. 92).

Mayr (2005) utiliza o exemplo do martelo. O cabo ou a cabeça do martelo, por si só, não podem executar com alguma eficiência as funções de um martelo. Quando os dois são reunidos, as propriedades de um martelo “emergem”.

E essa interação recém-acrescida é a propriedade crucial de todo sistema emergido, do nível molecular para cima. A emergência se origina por meio de novas relações [interações] dos componentes previamente desconectados. [...] A conexão entre a cabeça e seu cabo não existe até que os dois sejam reunidos. O mesmo é verdadeiro para todas as interações em um sistema biológico complexo. Tratar com os componentes separados nada nos diz sobre suas interações. (MAYR, 2005, p. 93).

O “princípio de emergência” (MAYR, 2005) fundamenta-se na assimetria temporal, pois os eventos supervenientes são imprevisíveis, de tal sorte, que o tempo não é reversível. Trata-se de um conceito que permite fundamentar uma abordagem indeterminista da natureza, dado que fornece uma explicação da possibilidade dos fenômenos naturais serem variáveis e casuais, no contexto de trajetórias históricas.

Analisando as bifurcações que podem ser observadas no comportamento dos fenômenos naturais na química, Prigogine e Stengers (1984) chamam a atenção para a necessidade de considerar a sua história.

A definição de um estado, para lá do limiar de instabilidade, não é mais intemporal. Para justificá-lo, já não basta evocar a composição química e as condições aos limites. De fato, que o sistema esteja neste estado singular não se pode deduzir disso, pois outros estados lhe eram igualmente acessíveis. A única explicação é, portanto, histórica ou genética: é preciso descrever o caminho que constitui o passado do sistema, enumerar as bifurcações atravessadas e a sucessão das flutuações que decidiram da história real entre todas as histórias possíveis. Para descrever de maneira consistente os sistemas físico-químicos mais simples somos levados a empregar um complexo de noções que, até aqui, parecia reservado aos fenômenos biológicos, sociais e culturais: as noções de história, estrutura e de atividade funcional impõem-se ao mesmo tempo para descrever a ordem por flutuação, a ordem cuja fonte é constituída pelo não-equilíbrio. (PRIGOGINE; STENGERS, 1984, p. 124, grifo do autor).

Ao tratar das pretensões do determinismo, Popper (1978) enfoca a questão sob

o prisma dos limites com os quais se defrontam a ciência e a tecnologia, enquanto empreendimento destinado a gerar conhecimento a respeito da natureza.

Nossa ignorância é sóbria e ilimitada. De fato, ela é, precisamente, o progresso titubeante das ciências naturais [...], que, constantemente, abre nossos olhos mais uma vez à nossa ignorância, mesmo no campo das próprias ciências naturais. Isto dá uma nova virada na idéia socrática de ignorância. A cada passo adiante, a cada problema que resolvemos, não só descobrimos problemas novos e não solucionados, porém, também, descobrimos que aonde acreditávamos pisar em solo firme e seguro, todas as coisas são, na verdade, inseguras e em estado de alteração contínua. (POPPER, 1978, p. 13).

Popper fundamenta sua tese acerca dos limites da ciência e da tecnologia quanto à possibilidade de previsão, ou seja, quanto aos limites do determinismo científico para eliminar a incerteza em relação aos eventos supervenientes na natureza, em três proposições interligadas:

- i. O universo é um sistema aberto, logo não há como antecipar todas as interações possíveis;
- ii. As consequências epistemológicas do teorema de Gödel, ou seja, o problema da incompletude do conhecimento;
- iii. A incapacidade de fazer previsões a respeito de sistemas nos quais o próprio previsor intervém.

Os sistemas abertos se caracterizam pela complexidade (GIAMPIETRO, 2002). Isso significa que há um número imprevisível de interações passadas, presentes e futuras, tornando impossível antecipar todas elas, o que impõe um limite intransponível a uma suposta capacidade da ciência e da tecnologia de prever todas as consequências do encadeamento de eventos supervenientes. Concomitante, as implicações do teorema de Gödel reforçam duas teses fundamentais de Popper (1992) acerca do desenvolvimento do conhecimento:

- i. O conhecimento humano é sempre aproximado;
- ii. Ele está crescendo sempre.

Até os mais sábios, segundo Popper (1992, p. 75) “não serão capazes de prever ou de antecipar hoje o que eles próprios só conhecerão amanhã.” Todo enunciado científico está sujeito a ser modificado em algum momento pela descoberta de novos fatos que refutam as teorias e hipóteses prevaletentes. Não há, portanto, o conhecimento completo a respeito de algum tema. Qualquer proposição acerca de um objeto determinado está sujeita a ser completada por outra mais abrangente.

O previsor não é capaz de saber qual será o resultado de suas futuras previsões

antes que o acontecimento previsto tenha ocorrido efetivamente. De acordo com Popper (1992, p. 86) “não podemos prever o crescimento futuro do nosso próprio conhecimento.” Além disso, considerando que os sistemas são abertos, a intervenção do conhecimento perito na natureza acrescenta um elemento a mais na já infinitamente complexa estrutura dos sistemas naturais, contribuindo para aumentar o número de interações e dificultar a realização de previsões.

Ao mesmo tempo em que a realidade se desvela como complexa, os cientistas vêem-se diante da natureza técnica do tratamento do meio ambiente nos dias de hoje, pois é equacionado como estrutura problemática a demandar soluções. Lembremos que sua complexidade não decorre, apenas, do entendimento mais aprofundado da sua estrutura material, mas da combinação dessa maior complexidade — devida à “emergência” que a caracteriza — com a percepção da ambiguidade da ciência e da tecnologia, uma vez que é, ao mesmo tempo, causa de riscos e o meio mais eficaz e efetivo para enfrentar suas consequências. Dentre as razões para a ciência e a tecnologia tornar-se fonte de riscos foi seu emprego com base no determinismo científico, que oblitera a incerteza estrutural da natureza. Não por acaso, Mayr (2005) criticará o emprego do paradigma da Física clássica na Biologia. Uma de suas consequências foi a apropriação social do fazer científico pelos mais diversos atores sociais, porquanto passaram a se ver legitimados para tal, uma vez que eram influenciados por tais riscos. Em suma, há uma desmonopolização da ciência em marcha. (BECK, 1998). O resultado foi paradoxal: ao mesmo tempo em que os atores reconhecem na ciência e na tecnologia fonte de ameaças, demandaram seu capital simbólico para legitimar suas proposições particulares no intuito de enfrentar os riscos. Esta metodologia de tratamento do problema ambiental, por consequência, redundou em inevitáveis controvérsias sociais e políticas na sociedade contemporânea, nas quais o cientista tornou-se figura chave para seu equacionamento.

Segundo Nelkin (1995), as controvérsias sobre a ciência e a tecnologia são lutas a respeito de significado e moralidade, sobre a distribuição de recursos e sobre o locus do poder e do controle. Nas últimas décadas, a ciência e a tecnologia se transformaram em uma arena de batalha sobre valores profundamente contestados na sociedade. Elas passaram a iluminar o desacordo a respeito do papel adequado do governo, preocupações sobre o crescente papel da expertise técnica, bem como o desconforto com os valores instrumentais tão importantes para o empreendimento científico.

O foco das controvérsias científicas e tecnológicas, segundo a autora, frequentemente focalizam questões relacionadas ao controle político do desenvolvimento e da aplicação da ciência e da tecnologia, embora nas últimas décadas os protestos contra a ciência e a tecnologia tenham enfatizado questões morais, como é o caso dos confrontos entre defensores e contrários ao aborto e à utilização de animais em experimentações de laboratório, por exemplo. Desde o início dos anos 70, entretanto, as preocupações com os problemas ambientais começaram a gerar esforços políticos para obstruir projetos específicos.

O novo posicionamento dos grupos sociais frente à ciência e à técnica fez com que essas duas esferas da sociedade passassem a ser objeto de escrutínio político, como qualquer outra esfera da vida social. Perderam a imunidade política à crítica social. A imagem do cientista como um mago ou alguém que produzia coisas incríveis estava posicionada lado a lado com imagens de cientistas como o Dr. Frankenstein. Conforme a autora, o resultado é uma polarização entre quem vê o desenvolvimento científico e tecnológico como essencial ao progresso social e aqueles que vêem esse desenvolvimento como sendo dirigido por interesses econômicos e políticos. Nelkin (1995) classifica as controvérsias tecnocientíficas em cinco tipos.

i. A primeira disputa, por sinal a mais intensa e de difícil tratamento, relaciona-se às implicações sociais, morais e religiosas de uma teoria científica ou prática de pesquisa. Nesse tipo de controvérsia, cientistas e técnicos estão de um lado, enquanto do outro estão grupos religiosos, defensores dos direitos dos animais e outros grupos que tentam interromper o desenvolvimento de certas áreas da pesquisa, pois acreditam que ele ameaça suas convicções morais. Há vários exemplos dessas disputas, como o ensino da teoria da evolução em escolas públicas, a prática da experimentação com animais, os desenvolvimentos de novos usos médicos para o tecido fetal, a criação de animais transgênicos, a intervenção no processo reprodutivo. Nos casos citados, os críticos não estão questionando apenas práticas específicas de pesquisa, mas desafiando os valores básicos subjacentes à pesquisa e que se chocam com os seus.

ii. A segunda disputa relaciona-se à tensão entre os valores ambientais e as prioridades políticas e econômicas. Quando um problema ambiental começa a afetar a vizinhança de alguns indivíduos, podem surgir conflitos que envolvem uma comunidade em prolongadas ações políticas. São levantadas questões como a equidade da distribuição dos riscos, o papel dos cidadãos nas decisões técnicas e o acesso das comunidades locais à expertise, levando ao estabelecimento de relações entre o local e o global em termos de ações e efeitos que dizem respeito às implicações das decisões relativas à tecnologia. Embora a destruição da camada de ozônio e os desastres que envolvem navios petroleiros dificilmente possam ser tratados localmente, as estruturas políticas locais e os interesses econômicos freqüentemente apóiam escolhas políticas controversas que refletem prioridades econômicas e políticas de curto prazo, muitas vezes relacionadas à mudança tecnológica.

iii. O terceiro tipo de disputa focaliza os riscos à saúde associados às práticas industriais e comerciais, resultando em choques entre as empresas e seus interesses econômicos e as pessoas preocupadas com os riscos. São muitas as ameaças a respeito dos riscos invisíveis de radiação, aditivos cancerígenos em alimentos e outras ameaças que aparecem todos os dias na

televisão e nas revistas. A combinação entre brechas na informação técnica, que leva à interpretações conflitantes, e o surgimento de novas tecnologias que permitem o aumento da capacidade de detectar riscos potenciais leva o público a ficar confuso com as disputas entre os cientistas. O resultado é a focalização nas prioridades em disputa nas decisões sobre o processo de regulação, o estabelecimento de padrões de segurança e a atenção em relação às formas mais adequadas de proteger o público e os trabalhadores em ocupações arriscadas.

iv. O quarto tipo de disputas sobre as aplicações tecnológicas reflete a tensão entre expectativas individuais e objetivos sociais ou comunitários. A questão central diz respeito à extensão em que a introdução de inovações baseadas na ciência afeta os direitos individuais, como é o caso da vacinação universal. Os avanços na neurociência, por exemplo, podem ser percebidos como um meio de impor um controle social sobre o comportamento individual, o mesmo ocorrendo com teorias que sugerem a existência de uma base biológica do comportamento, o que pode evocar medos em relação ao uso de um determinismo genético para justificar o controle do Estado sobre os direitos de reprodução. Pacientes de Aids podem perceber as exigências de teste de HIV e sua notificação em caso de diagnóstico positivo como uma ameaça a seu direito à privacidade. Os próprios cientistas podem perceber o controle externo sobre a pesquisa como um meio de infringir seu direito à pesquisa.

v. O quinto tipo de disputas está mais restrito ao âmbito interno da ciência e da técnica. São conflitos relacionados a questões de equidade na distribuição de recursos dentro da própria ciência. A biotecnologia, com o crescente interesse comercial nos seus produtos e a expansão da colaboração entre universidade e indústria, é uma das áreas em que os conflitos se manifestam, por exemplo, nas disputas sobre patentes de direito de propriedade. De um lado há aqueles que defendem que a ciência e a tecnologia devem se adequar às regras do mercado e, portanto, são favoráveis ao patenteamento das descobertas e inovações, e aqueles que defendem que o conhecimento científico e tecnológico é um bem público e, em vista disso, deveria haver um livre acesso ao conhecimento produzido. As revelações de má conduta dos cientistas, desde fraudes até malversação dos recursos de pesquisa, estão gerando discussões acaloradas a respeito da necessidade de a ciência prestar contas e da capacidade dos cientistas se autorregular. Em parte, essas disputas e controvérsias são responsáveis por uma perda de confiança do público na ciência e na técnica, bem como pelo declínio da fé na capacidade das instituições representativas das duas esferas servirem ao interesse público.

Em contextos de conflitos a respeito de políticas, a expertise técnica se transforma num recurso político crucial, uma vez que o poder e a influência dos atores nas controvérsias dependem, em grande parte, do acesso ao conhecimento e da



capacidade de questionar os dados utilizados para legitimar decisões. Em vista disso, todos os lados da disputa procuram alistar os cientistas, pois suas interpretações e predições são julgadas racionais e imunes à manipulação política, devido à convicção de que elas se baseiam em dados obtidos através de procedimentos objetivos. A autoridade da expertise científica estaria baseada, portanto, em sua neutralidade.

As indústrias se valem da expertise técnica para apoiar seus projetos tanto quanto os grupos de protestos para contestá-los. Um exemplo são os ambientalistas que dispõem de seus próprios experts para expor os riscos potenciais da atividade industrial. Quando as decisões devem ser tomadas num contexto de conhecimento limitado, em que dificilmente haverá evidência suficiente para se chegar a uma conclusão definitiva, o poder dos atores pode depender da sua capacidade de manipular o conhecimento e desafiar as evidências apresentadas para apoiar determinadas escolhas. Nesse ambiente de incerteza, as decisões que implementam políticas, embora dependentes de expertise técnica, são tomadas com base em valores.

Como a expertise técnica torna-se um recurso explorado por todas as partes para justificar suas alegações morais e políticas em disputa, torna-se difícil distinguir fatos científicos de valores políticos. Os debates entre os cientistas revelam as premissas valorativas que dão forma aos dados considerados importantes, as alternativas pesadas e os assuntos considerados apropriados. (Nelkin, 1995, p. 453). (Tradução nossa).

Segundo Nelkin (1987), a expertise técnica se torna um recurso explorado por todas as partes para justificar suas visões, criar legitimidade e controlar os termos do debate. Durante o processo, os fatos científicos, usados seletivamente, convergem com os valores políticos, fazendo com que a expertise se torne uma arma a mais num arsenal de armas políticas.

De acordo com Nelkin (1995), a resolução de conflitos reflete, necessariamente, o poder político dos interesses em disputa. Em alguns casos os interesses da indústria prevalecem, como pode se observar quando se analisa a importância das empresas químicas em estruturar os princípios que moldam o uso dos clorofluorcarbonos e as aplicações da biotecnologia. Em outras situações, a persistência dos grupos de protesto tem se ampliado consideravelmente, o que lhes permite ampliar o leque de aliados e ter sucesso em algumas situações, como é o caso dos grupos que pressionam a fim de que o governo destine verbas para a pesquisa em certas áreas.

### **3 | A APROPRIAÇÃO SOCIAL DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA E O PROBLEMA DE SUA LEGITIMAÇÃO**

O processo que descrevemos na seção anterior põe em questão — pela força das circunstâncias, diga-se — a prática científica enquanto empreendimento fundamentado em um discurso universal, porquanto neutro e objetivo. A apropriação

social da ciência e da tecnologia — pela sua desmonopolização — força a saída dos cientistas do laboratório, por assim dizer, e sua inserção no debate público, na condição, seja de proponentes autônomos de soluções, bem como de legitimadores de alternativas para solucionar problemas. Significa que, em alguma medida, deverão proceder com vistas a objetivos particulares. Ocorre que não se trata de uma escolha, mas de uma imposição originada na estruturação do problema ambiental.

Em consequência, os cientistas são forçados a adotar narrativas externas ao universalismo científico; assiste-se a corrosão de suas bases de legitimação. A fim de entender a problemática, faz-se mister recuperar sua gênese. A sociedade europeia assistiu nos séculos XVI e XVII a uma sequência interminável de guerras, pelas mais variadas razões — notadamente causas políticas disfarçadas de motivações religiosas. Conflitos gerados, em suma, pela oposição inconciliável entre hierarquias de valores. A progressiva substituição destas bases de legitimidade do processo de tomada de decisão ocorreu pela adoção generalizada do ideário liberal na Europa a partir do século XIX. Este se fundamentava em um mercado supostamente desprovido de qualquer orientação por valores absolutos, de uma técnica neutra, de uma ciência universal e por um modo de escolha de dirigentes políticos que mimetiza a concorrência no mercado. A partir destas bases — desidratadas de qualquer orientação normativa que fosse externa à neutralidade axiológica e à objetividade — o século XIX desencadeou a marcha irrefreável de um progresso científico e tecnológico sem paralelo na história humana, que adentrou triunfante no século XX e seguiu em frente em ritmo tão acelerado quanto. Boa parte do capital simbólico do cientificismo deve-se aos resultados dessa jornada do espírito humano, responsável por forjar a imagem pública da ciência, da tecnologia e dos cientistas, como são reconhecidos pela sociedade em geral. Se realizações científicas e tecnológicas serviram de base à edificação da mitologia da ciência moderna que lhe é própria — neutra e objetiva, portanto universal — então como articular esta narrativa com a arquitetura do problema ambiental? O deslocamento, no caso, para discursos estruturados por objetivos particulares pode ser evitado pelo cientista?

Os desdobramentos do desenvolvimento científico na modernidade formaram a percepção pública de que os cientistas não estão no controle. Mais do que isso, haverá controle possível, como prometido pelo discurso cientificista? Ao que tudo indica, conviveu-se, por um bom tempo, com uma fantasia, urdida com maestria, diga-se de passagem. Bem, resta-nos, então, tornar todos os saberes equivalentes? Não. Faz-se, necessário, isto sim, admitir a ambiguidade da ciência e da tecnologia, como fonte de ameaças e, ao mesmo tempo, meio para enfrentar os riscos. As propriedades emergentes da natureza passaram a ser reconhecidas pelo público — estruturado em organizações —, que se identifica enquanto objeto do desenvolvimento científico. Em razão disso, a ciência e a tecnologia não mais são vistas como um empreendimento a ser conduzido, apenas, pela comunidade científica, mas como iniciativa compartilhada, porquanto é apropriado, também, por organizações sociais. Isto se consolida no que é

denominado Modo 2 de produção do conhecimento, em que a contextualização social ascende como critério de legitimação, à qual o cientista — em alguma medida — é convocado a se vincular para obter legitimidade. Segundo Gibbons et al. (2010, p. 22),

O Modo 2 [de produção do conhecimento] se dissemina por toda paisagem da ciência e da tecnologia. A proliferação de locais fora das estruturas e instituições disciplinares normais, desenvolvidas desde a virada do século XIX, nas quais a pesquisa reconhecidamente competente ocorre, abre um vasto campo de interconexões. Na condição de interação múltipla, o estatuto epistemológico do conhecimento assim produzido não segue critérios tradicionais, isto é, disciplinares. No Modo 1, qualquer conhecimento é validado pela sanção de uma comunidade claramente definida de especialistas. No Modo 2 — que é transdisciplinar —, tais estruturas de legitimação estão ausentes ou são disfuncionais. A pesquisa transdisciplinar também precisa de alguns procedimentos de legitimação, mas eles são diferentes, porque critérios diferentes são aplicados ao que é considerado boa pesquisa. Além disso, com o caráter estendido e relativamente transitório das comunidades de praticantes envolvidos, a avaliação do conhecimento ocorrerá por intermédio de uma contextualização social muito mais forte. (Tradução nossa).

Esta nova situação da ciência e da tecnologia — como iniciativa compartilhada e de apropriação social do conhecimento — remeterá os cientistas a outro contexto de legitimação, distinto daquele proposto pela mitologia cientificista. Quando este processo ocorre em uma disputa pelo monopólio narrativo da politização do risco — como é o nosso caso no atual estágio de realização da modernidade —, o cientista será forçado, então, a abandonar a perspectiva universal desde onde contempla a paisagem da produção de conhecimento, e assumir a visão de mundo de um dos grupos estruturantes da controvérsia. Até onde isto é uma escolha?

A seção 2 reproduz parte de minha tese de doutorado, “A política da tecnociência: o caso da lei de biossegurança no Brasil.” Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/90768/245234.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
Acesso em: 23 mai. 2016.

## REFERÊNCIAS

BECK, U. **La sociedad del riesgo**: hacia una nueva modernidad. Tradução de Jorge Navarro et al. Barcelona/Buenos Aires: Paidós, 1998.

Dascal, M. Epistemologia, controvérsia e pragmática. São Paulo, **Revista da SBHC**, n. 12, p. 73-98, 1994.

GIAMPIETRO, M. The precautionary principle and ecological hazards genetically modified organisms. **Ambio**, v. 31, n. 6, p. 466-470, 2002.

GIBBONS, M. et al. **The new production of knowledge**. London: Sage, 2010.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. Tradução de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

NELKIN, D. (Ed.). **Controversy**: politics of technical decisions. Beverly Hills/London/New Delhi: Sage, 1984, p.9-24.

\_\_\_\_\_. Science, technology, and political conflict: analyzing the issue. In: NELKIN, D. (Ed.). **Controversy**: politics of technical decisions. Beverly Hills/London/New Delhi: Sage, 1984, p.9-24.

\_\_\_\_\_. The controversies and the authority of science. In ENGELHARDT Jr., H. T.; CAPLAN, A. L. (Ed.) **Scientific controversies**: case studies in the resolution and closure of disputes in science and technology. Cambridge University Press, 1987.

\_\_\_\_\_. Science controversies: the dynamics of public disputes in the United States. In: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, et al (Ed.). **Handbook of science and technology studies**. Thousand Oaks/London/New Delhi: Sage, 1995.

POPPER, K. R. **O universo aberto**. Tradução de Nuno Ferreira da Fonseca. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

\_\_\_\_\_. **A lógica da pesquisa científica**. 9. ed. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Cultrix, 1993.

\_\_\_\_\_. **A lógica das ciências sociais**. Tradução de Estevão de Rezende Martins et al. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1978.

Prigogine, I.; STENGERS, I. **A nova aliança**: a metamorfose da ciência. Tradução de Miguel Faria e Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília: Unb, 1984.

## ESTUDO PRELIMINAR PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM AEROGERADOR EÓLICO PARA O MUNICÍPIO DE PRESIDENTE KENNEDY NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL.

Data de aceite: 20/12/2019

### Taís Eliane Marques

Universidade Federal de Itajubá, Mestranda em Engenharia de Energia  
Itajubá – Minas Gerais

### York Castillo Santiago

Universidade Federal de Itajubá, Mestrando em Engenharia de Energia  
Itajubá – Minas Gerais

### Oswaldo José Venturini

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica  
Itajubá – Minas Gerais

### Maria Luiza Grillo Renó

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica  
Itajubá – Minas Gerais

### Diego Mauricio Yepes Maya

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica  
Itajubá – Minas Gerais

### Nelson José Diaz Gautier

Universidade Federal de Itajubá, Doutorando em Engenharia Mecânica  
Itajubá – Minas Gerais

**RESUMO:** Este trabalho apresenta um estudo preliminar para o dimensionamento de um

aerogerador eólico com base nos dados de variação da horária da velocidade do vento para o município de Presidente Kennedy, no estado do Espírito Santo, no período compreendido entre o dia 2 de setembro de 2017 e 1 de setembro de 2018, os quais foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os cálculos de potência e energia fornecida pelo aerogerador foram efetuados para duas alturas: i) uma de 69 metros, a qual equivale a altura da torre na estação meteorológica do INMET e ii) uma altura de 85 metros. Considerou-se o uso do aerogerador modelo E-70 do fabricante ENERCON. Os resultados obtidos mostraram que existe um potencial eólico de geração de energia elétrica do aerogerador operando a 69 m de 128,2 MWh/ano, enquanto para o aerogerador instalado a 85 m de altura constatou-se um potencial de geração equivalente de 139,5 MWh/ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia eólica, Aerogerador, Velocidade de vento, Potência.

**PRELIMINARY STUDY FOR THE DESIGN OF A WIND TURBINE FOR THE MUNICIPALITY OF PRESIDENTE KENNEDY IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL.**

**ABSTRACT:** This work presents a preliminary study for the design of a wind turbine based on the hourly wind speed variation within the period of September 2, 2017 and September 1, 2018,

for the city of Presidente Kennedy, located in state of Espírito Santo (Brazil). The wind speed data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET). It was considered two tower heights for determining the power and energy generation of the wind turbine: i) one of 69 meters, which corresponds to the tower height of the INMET meteorological station and ii) a tower height of 85 meters. The wind turbine considered corresponds to the model E-70 from the manufacturer ENERCON. The obtained results show that there is a wind power generation potential of 128.2 MWh/year for the tower height of 69 m, while for the wind turbine installed at 85 m it was found a equivalent generation potential of 139.5 MWh/year.

**KEYWORDS:** Wind power, Wind turbine, Wind speed, Power.

## 1 | INTRODUÇÃO

A demanda crescente por novas fontes de energia é um dos grandes desafios a serem enfrentados pela humanidade nos próximos anos, já que o cenário atual configura uma sociedade dependente de uma demanda cada vez maior de energia. Ao longo dos últimos anos o fornecimento de energia foi consolidado de forma pouco sustentável resultando na atual busca por energias renováveis com a necessidade do desenvolvimento de tecnologias limpas e cada vez mais eficientes (MACHADO et al., 2017).

A energia gerada pelos ventos é considerada uma fonte de energia renovável, amplamente disponível, com baixo impacto ambiental e limpa. Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) em dezembro de 2017, no Brasil contavam-se mais de 500 parques eólicos instalados por todo o país. Assim, a produção de eletricidade por esta via passa dos 12,4 GW com aproximadamente 6.600 aerogeradores em todo o território nacional com estimativa para 2020 de uma capacidade de operação de pelo menos 17 GW. Apesar da importância, viabilidade e necessidade de investimentos para a construção de parques eólicos, ainda existem muitos desafios, como a falta de planejamento, gestão e recursos, que dificultam a construção desses empreendimentos (ABEEÓLICA, 2017).

### 1.1 Energia eólica e aerogeradores

O aproveitamento da energia dos ventos requer a utilização de regiões geográficas adequadas, com velocidades médias anuais de vento que viabilizem a instalação das usinas eólicas. A produção de energia é bastante dependente das velocidades do vento, deste modo a avaliação da viabilidade técnica e econômica de plantas eólicas de forma a assegurar resultados confiáveis da energia gerada na usina é importante. Uma usina eólio-elétrica (UEE) é composta por um conjunto de turbinas eólicas dispostas adequadamente em uma mesma área. Usualmente a geração elétrica pode se tornar interessante com velocidades médias do vento da ordem de 2,5 a 3,0 m/s; abaixo destes valores o conteúdo energético do vento não justifica aproveitamento. Velocidades superiores a aproximadamente 12,0 - 15,0 m/s



ativam o sistema automático de limitação de potência da máquina, que pode ser por controle de ângulo de passo das pás ou por estol (stall) aerodinâmico (mecanismos de controle/sistema automático de proteção), dependendo do modelo de turbina (CRESESB, 2014). Ventos muito fortes têm ocorrência rara e negligenciável em termos de aproveitamento, e a turbulência associada é indesejável para a estrutura da máquina; neste caso, a rotação das pás é reduzida – por passo ou estol, e a unidade geradora é desconectada da rede elétrica (ASPE, 2009).

Para a determinação do recurso eólico normalmente é necessária uma rede anemométrica qualificada com equipamentos (anemômetros operando por um período mínimo de um ano) adequadamente dispostos em torres de medições de 50 a 70 m, e sistema de coleta de dados e verificação de falhas (ASPE, 2009). A influência da altitude e da temperatura na densidade local do ar, o fator de disponibilidade esperado e a avaliação das perdas energéticas por interferência aerodinâmica entre rotores precisam ser considerados (ASPE, 2009).

A O desenvolvimento de projetos de energia eólica necessita inicialmente de estudos para a determinação do recurso eólico disponível nas localidades em que serão implantados e, portanto, podem abordados de duas formas: por meio de um projeto multidisciplinar que integra o conjunto rotor, caixa redutora e o gerador elétrico, ou a seleção direta da turbina conforme a especificações do fabricante. Uma turbina eólica tem a função de captar uma parte da energia cinética do vento, que passa através da área varrida pelo rotor e a transforma em energia em mecânica, a qual é posteriormente convertida em elétrica pelo gerador do sistema.

O principal objetivo deste estudo foi dimensionar um aerogerador eólico que possa ser implantado no município de presidente Kennedy – Espírito Santo, para aproveitar o potencial disponível no vento, observado a partir de dados anemométricos locais. O dimensionamento do aerogerador similar ao comercializado pela empresa Enercon torna-se um desafio, por se tratar de uma tecnologia em que parte dos dados de projeto não são disponibilizados pelo fabricante, por conseguinte tal fator faz com que seja necessário analisar diversas informações sobre a tecnologia.

## **2 | MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização geográfica**

A área estudada abrange o Estado do Espírito Santo que está localizado na região Sudeste do Brasil. Segundo Aspe (2009), a região pode ser dividida geograficamente em: a zona dos tabuleiros e a região serrana, sendo a primeira com altitudes em torno de 50 m e que compreende a faixa da baixada litorânea, caracterizada por uma vegetação densa, com árvores de altura superior a 30m. Os principais elementos geográficos da região serrana capixaba (ver Figura 1) são a Serra do Caparaó, que abriga o terceiro ponto mais alto do Brasil e pico da Bandeira, com

altitude de 2.892 m. A Região Serrana é coberta de floresta Atlântica de altitude.

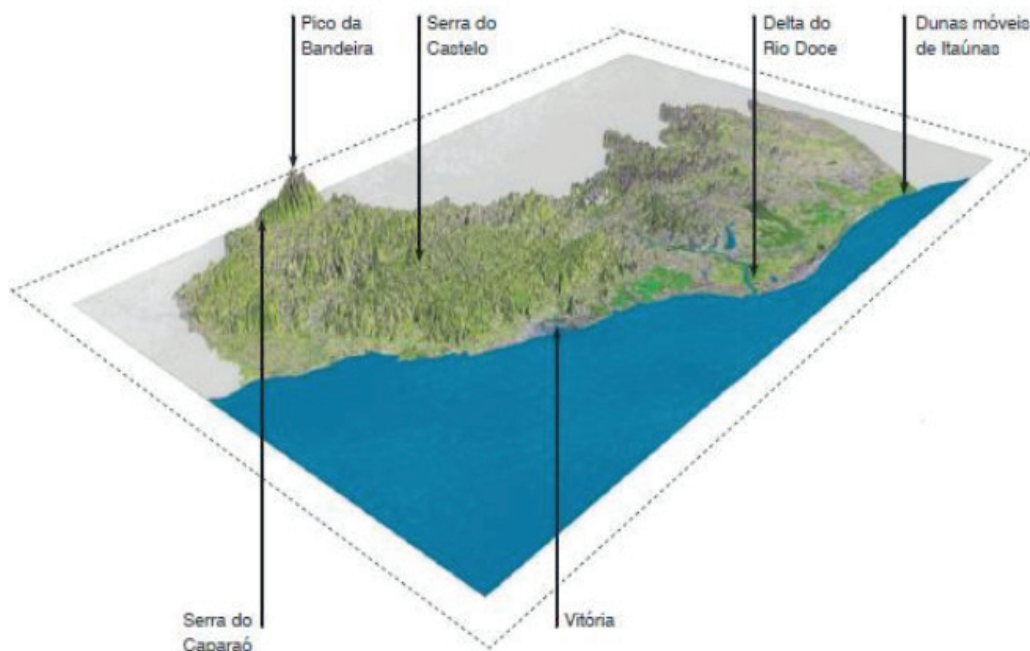


Figura 1. Principais elementos geográficos do Estado do Espírito Santo.

Fonte: ASPE (2009).

## 2.2 Medições do vento

### 2.2.1 Comportamento do vento

O vento pode variar bastante no intervalo de horas ou dias, porém em termos estatísticos, tenderá a um regime diurno predominante, regido por influências locais e regionais, microescala e mesoescala respectivamente (ASPE, 2009).

A distribuição geral dos ventos sobre o Brasil, que afeta o Espírito Santo, está relacionada à diversidade das características do terreno, tais como geometria e altitude, ocorrência de obstáculos, cobertura vegetal, albedo e grandes extensões de massas de água. Estes fatores atuantes nas escalas menores podem resultar em regimes de vento locais bastante distintos. Os dados da velocidade do vento assim como de temperatura, foram obtidos da estação anemométrica automática de Presidente Kennedy localizada na região do Espírito Santo a uma altura de 69 metros como é representado na Tabela 1. Estes dados são coletados cada hora para um total de 24 dados no dia. Desta forma, os dados para a análise apresentada foram medidos por um período de um ano (02/09/2017 a 01/09/2018) resultando em um total de 8760 dados.

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| <b>Estação</b>  | Presidente Kennedy -A622 |
| <b>Estado</b>   | Espírito Santo           |
| <b>Latitude</b> | -21,100805°              |

|                                     |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|
| <b>Longitude</b>                    | -41,039395°             |
| <b>Temperatura média do período</b> | 23,6 °C                 |
| <b>Altitude</b>                     | 69 metros               |
| <b>Período de medição</b>           | 02/09/2017 a 01/09/2018 |

Tabela 1. Resumo dos dados da Estação anemométrica de Presidente Kennedy.

Fonte: adaptado de INMET (2018).

### 2.2.2 Rugosidade do terreno

Segundo dados do Atlas Eólico do Espírito Santo, o município de Presidente Kennedy, área litorânea, apresenta baixa rugosidade, com velocidades médias anuais em torno de 6,5 m/s (a 50 m de altura). O aproveitamento da energia dos ventos pode, de modo complementar, alavancar o crescimento econômico e a auto sustentabilidade energética do Estado.

## 2.3 Estudo dos Dados

### 2.3.1 Cálculo da potência e da energia disponível no vento

A potência disponível no vento pode ser calculada com os dados de densidade do ar, área do rotor e velocidade do vento como é mostrado na equação (1):

$$P_{vento} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \quad (1)$$

Onde:

$P_{vento}$  = potência disponível no vento [W]

$\rho$  = densidade do ar [kg/m<sup>3</sup>]

A = área do rotor [m<sup>2</sup>]

v = velocidade do vento [m/s]

A densidade é função da temperatura, porém pode ser calculada com a equação (2):

$$\rho = \frac{353,049}{T} \times e^{-0,034 \times \frac{Z}{T}} \quad (2)$$

Onde:

T = temperatura média do ano no local de estudo, calculada a partir dos dados fornecidos pela estação meteorológica, tendo como resultado 296,7 K.

Z = soma da altura da cidade sobre o nível do mar (55 metros) e da torre (69 metros)

Área do rotor pode ser calculada como segue na equação (3):

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3)$$

Onde D é o diâmetro em metros, sendo adotado para este estudo o aerogerador modelo E-70 do fabricante ENERCON, o qual tem um diâmetro de 71 metros, uma altura de 85 metros.

Obtendo os valores de densidade da equação (2) e de área com a equação (3), foi calculada a potência para cada faixa de velocidade na equação (1). Todos os resultados foram divididos por 1.000 para levá-los a quilowatts (kW).

Conhecendo a potência, já é possível calcular a energia como mostra a equação (4):

$$E_{vento} = P_{vento} \times t \quad (4)$$

Onde:

$E_{vento}$  = energia disponível no vento [kWh]

$P_{vento}$  = potência disponível no vento [kW]

$t$  = tempo [horas]

### 2.3.2 Cálculo da energia fornecida pelo aerogerador

Para calcular a energia fornecida pelo aerogerador, primeiro deve ser calculada a potência desenvolvida pelo rotor. Para isto é necessário conhecer o coeficiente de potência ( $C_p$ ) como é mostrado na equação (5):

$$C_p = \frac{\text{potência no rotor}}{\text{potência do vento}} \quad (5)$$

Neste ponto se tem uma equação com duas incógnitas que são  $C_p$  e potência no rotor, porém necessita-se da equação (6) para calcular o valor de  $C_p$ :

$$C_p = \frac{16}{27} \lambda \left[ \lambda + \frac{1,32 + \left(\frac{\lambda - 8}{20}\right)^2}{n^2} \right]^{-1} - \frac{0,57 \lambda^2}{C_d \left(\lambda + \frac{1}{2n}\right)} \quad (6)$$

Onde:

$n$  = número de pás, (para este estudo são três pás)

$\lambda$  = razão de velocidade específica (TSR, em inglês)

$C_l/C_d$  = relação entre o coeficiente de sustentação e de arrasto

A equação (7) é usada para calcular :

$$\lambda = \frac{rpm \times \pi \times D}{60 \times v} \quad (7)$$

Onde:

$v$  = velocidade do vento [m/s] para cada faixa de estudo.

$D$  = diâmetro do rotor, que para este aerogerador é 71 metros.

rpm = rotações/minuto, dado fornecido pelo fabricante e tem um valor de 14.

$C_l/C_d$  é calculado tendo em conta o perfil da Figura 2, em função do ângulo de ataque e do número de Reynolds, o qual está representado na equação (8):

$$Re = \frac{\rho \times v \times C}{\mu} \quad (8)$$

Onde:

$\rho$  = densidade do ar, que foi calculada na equação (2) dando como resultado 1,1731 kg/m<sup>3</sup>

$v$  = velocidade disponível no vento para as diferentes faixas. [m/s]

$C$  = a corda

$\mu$  = viscosidade dinâmica do ar em Pa.s.

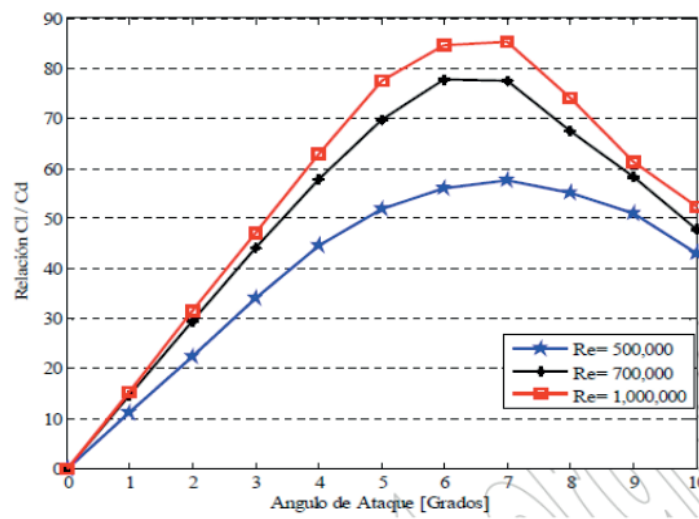


Figura 2. Relação  $C_l/C_d$  em função do ângulo de ataque.

Fonte: Carantoña, (2009)

Sabendo que o ar atmosférico pode ser considerado um gás ideal, a viscosidade pode ser calculada em função da temperatura segundo a lei de Sutherland, como é

apresentado na equação (9):

$$\mu = \mu_0 \frac{T_0 + C_S}{T + C_S} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (9)$$

Onde:

$\mu_0$  = viscosidade a que tem um valor de  $1,8 \times 10^{-5}$  Pa.s (HUGH; FREEDMAN, 2009)

$T_0$  = temperatura de referência com valor de 293,15 K.

$T$  = temperatura meia do ano de 296,7 K.

$C_S$  = constante de Sutherland, que para o ar é de 113 K (SUTHERLAND, 1893)

Depois de realizar os cálculos, o valor encontrado para a viscosidade do ar para as condições do local estudado foi de  $1,816 \times 10^{-5}$  Pa.s.

A corda do perfil de comprimento  $c$  é a linha reta que une a borda principal com a borda de fuga como é representado na Figura 3. Para o perfil MH-106, a corda tem um valor de 1 metro com relação a um diâmetro de 14 m segundo Hepperle (2018), portanto fazendo um fator de conversação para o diâmetro de 71 metros do rotor, obteve-se:  $c = 5,07$  metros.

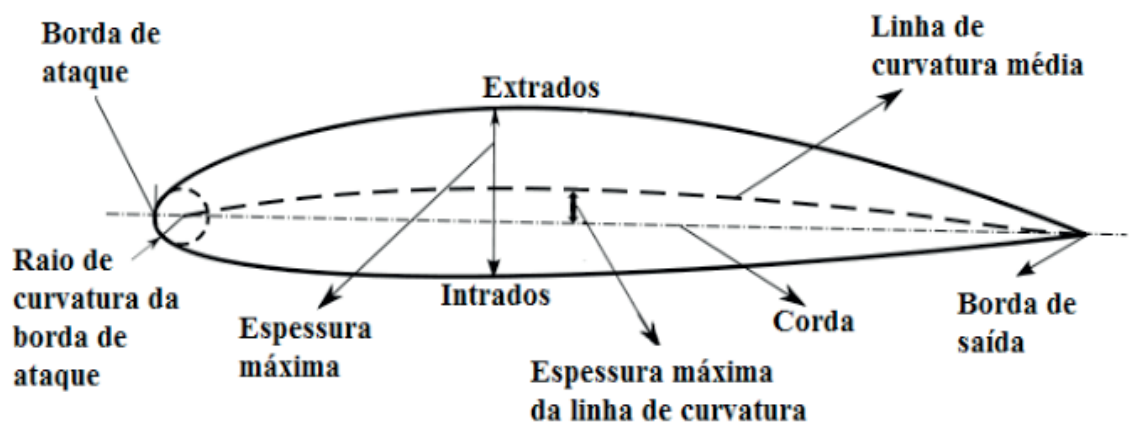


Figura 3. Esquema da geometria dos perfis aerodinâmicos subsônicos.

Fonte: Martinez (2014)

Com os valores de viscosidade, de corda e da densidade, pode-se calcular o número de Reynolds para cada velocidade tal como na equação (8). É importante mencionar que a maioria dos valores do número de Reynolds deram acima de 1.000.000, por esta razão é necessário fazer uma extrapolação linear entre os valores de ângulos de ataque de 0 e 5, posto que eles apresentam um comportamento linear. Neste caso, assumiu-se um ângulo de ataque de 3 para ter um valor médio na tendência linear e assim poder calcular a relação  $C_l/C_d$ .

Com os valores calculados de  $C_l/C_d$  da Figura 3, e de pela equação (7), pode-se



calcular  $C_p$  na equação (6) e assim a potência do rotor transformando a equação (5) em (10).

$$P_{rotor} = P_{vento} \times C_p \quad (10)$$

A potência de rotor é um valor útil para o cálculo da energia fornecida pelo aerogerador como é indicado na equação (11).

$$E = P_{rotor} \times \eta_t \times t \quad (11)$$

Onde:

$\eta_t$  = eficiências dos rolamentos, caixa de velocidade, gerador, conversor de frequência, compensação de potência reativa e filtros harmônicos, transformador. Segundo Hau & von Renouard (2006), este valor é igual a 88%.

$P_{rotor}$  = potência no rotor [kW]

t = tempo [h]

### 2.3.3 Ajustes das velocidades e temperatura média do ano.

A ENERCON para o modelo E-70, fabrica as torres em altura diferente (85 m) da torre que foi usada na estação meteorológica da cidade Presidente Kennedy (69 m). Por esta razão foi necessário realizar ajustes de velocidades do vento aplicando a Lei Logarítmica da equação (12), a qual considera a rugosidade do terreno em cada expressão logarítmica da altura Z e altura de referência Zr.

$$v_z = v_{zr} \times \frac{\ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right)}{\ln\left(\frac{Zr}{Z_o}\right)} \quad (12)$$

Onde:

$v_z$  = velocidade na altura de referência [m/s]

$v_{zr}$  = velocidade na altura desejada [m/s]

Zr = altura de referência, 69 metros.

Z = altura desejada, 85 metros.

Zo = comprimento de rugosidade do local, que segundo ASPE (2009) foi de 0,08 m

A temperatura média do ano também varia em função de diferença de altura. A temperatura foi calculada por meio de uma extrapolação sabendo que a temperatura varia 6,5°C a cada 1000 m (BROWER et al., 2012), dando como resultado 296,58 K. A densidade e viscosidade geraram mudanças pouco significativas de 1,1714 kg/m<sup>3</sup> e 1,816 x 10<sup>-5</sup> Pa.s, respectivamente.

Conforme a base de cálculos mostrada na seção 3.3.1 e 3.3.2, também foram calculados a potência do vento, a potência do rotor e a energia fornecida pelo aerogerador, tendo em conta os novos valores de velocidades e temperatura média para a altura de 85 m. A velocidade de projeto foi a mesma que para altura de 69 m, ou seja, 7,5 m/s, mas foi evidenciado uma maior energia fornecida pelo aerogerador para cada faixa de velocidade.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise de dados e cálculos segundo a metodologia descrita anteriormente, obteve-se os seguintes resultados:

#### 3.1 Representação estatística das velocidades dos ventos

Uma vez recebido os dados da estação meteorológica, as velocidades foram classificadas em faixas e calculou-se a frequência de ocorrência para cada um de destes intervalos como é mostrado na Tabela 2. Posteriormente foram construídos os histogramas que estão representados nas Figuras 4 e 5. Esta representação foi feita para a altura de 69 m, conforme localização e dados fornecidos pela estação anemométrica de Presidente Kennedy e de 85 para cumprir com altura adotada pelo fabricante do aerogerador.

| Altura 69 m      |           | Altura 85 m      |           |
|------------------|-----------|------------------|-----------|
| Velocidade (m/s) | Tempo (h) | Velocidade (m/s) | Tempo (h) |
| 0 – 1            | 685       | 0 – 1            | 685       |
| 1 – 2            | 2.045     | 1 – 2            | 1.856     |
| 2 – 3            | 1.696     | 2 – 3            | 1.733     |
| 3 – 4            | 1.319     | 3 – 4            | 1.340     |
| 4 – 5            | 1.041     | 4 – 5            | 972       |
| 5 – 6            | 708       | 5 – 6            | 794       |
| 6 – 7            | 464       | 6 – 7            | 504       |
| 7 – 8            | 310       | 7 – 8            | 338       |
| 8 – 9            | 171       | 8 – 9            | 178       |
| 9 – 10           | 134       | 9 – 10           | 136       |
| 10 – 11          | 90        | 10 – 11          | 111       |
| 11 – 12          | 56        | 11 – 12          | 53        |
| 12 – 13          | 28        | 12 – 13          | 43        |
| 13 – 14          | 8         | 13 – 14          | 11        |
| 14 – 15          | 3         | 14 – 15          | 4         |
| 15 – 16          | 2         | 15 – 16          | 2         |

Tabela 2. Faixas de velocidade e sua frequência correspondente.

Fonte: elaboração própria.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, verifica-se que o maior

número de horas foi encontrado na faixa de velocidade entre 1 - 2 m/s para as duas alturas objeto de estudo, seguido da faixa entre 2 – 3 m/s e finalmente de 3 – 4 m/s, sendo estas três faixas as únicas que superam as 1.300 horas.

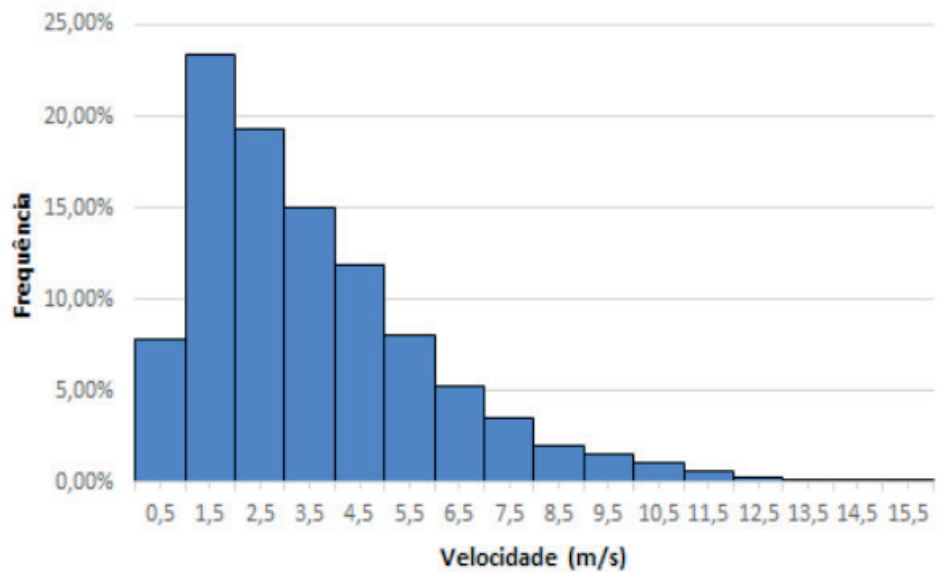


Figura 4. Histograma das velocidades do vento para a altura de 69 m.

Fonte: elaboração própria.

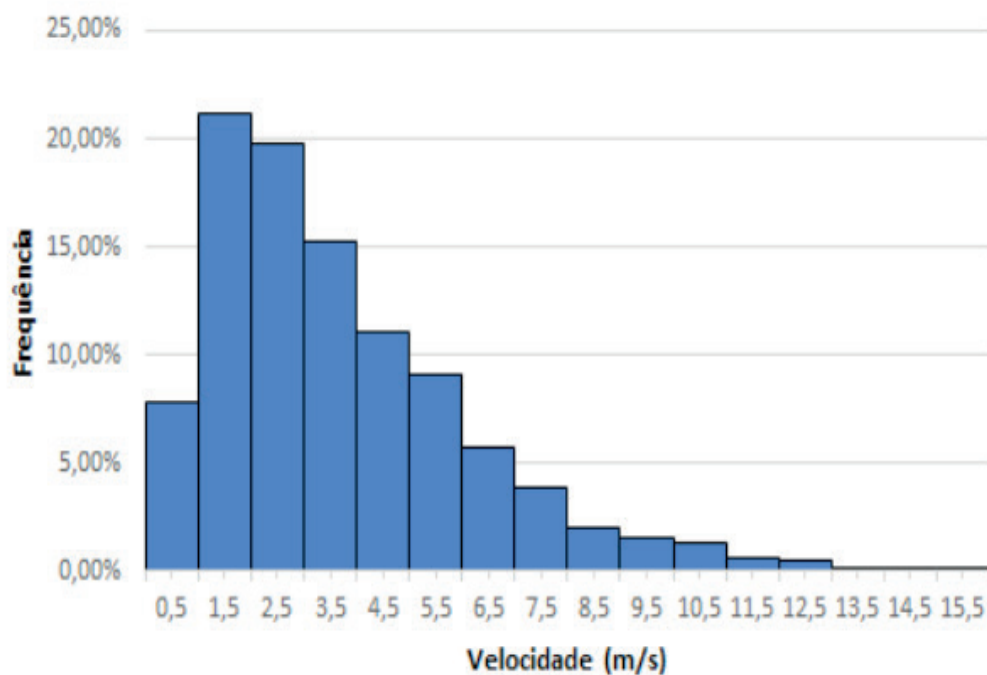


Figura 5. Histograma das velocidades do vento para a altura de 85 m.

Fonte: elaboração própria.

Embora a tendência dos histogramas da Figura 5 seja a mesma para os dois casos, é possível apontar certas diferenças consideráveis entre eles. Por exemplo, para 85 metros de altura a faixa entre 1 – 2 m/s teve uma diminuição na sua frequência,

mas na faixa entre 5 – 6 m/s teve um aumento.

### 3.2 Velocidade de projeto para o cálculo da energia fornecida pelo aerogerador

As Tabelas 3 e 4 são apresentados os resultados obtidos ao realizar os procedimentos estabelecidos nos itens 2.3.1 e 2.3.2 para as duas alturas objeto de estudo, onde os dados destacados nas células de cor amarela indicam a velocidade de projeto (7,5 m/s), evidenciando a faixa em que o aerogerador fornece a maior quantidade de energia.

| Vel. (m/s) | Freq. (h)  | Pot. Vento (Kw) | Ener. Vento (kWh) | TSR         | Re                  | Cl/Cd        | Cp           | Pot. Rotor (Kw) | Ener. Aerog (kWh) |
|------------|------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|
| 2,5        | 1.696      | 36,29           | 61.541,21         | 20,82       | 818.610,386         | 45,24        | 0,31         | 11,23           | 16.719,67         |
| 3,5        | 1.319      | 99,57           | 131.331,55        | 14,87       | 1.146.054,54        | 48,67        | 0,394        | 39,24           | 45.411,2          |
| 4,5        | 1.041      | 211,62          | 220.296,91        | 11,57       | 1.473.498,7         | 52,1         | 0,436        | 92,34           | 84.346,72         |
| 5,5        | 708        | 386,37          | 273.552,98        | 9,46        | 1.800.942,85        | 55,53        | 0,46         | 177,64          | 110.360,22        |
| 6,5        | 464        | 637,76          | 295.922,63        | 8,01        | 2.128.387           | 58,96        | 0,473        | 301,82          | 122.887,36        |
| <b>7,5</b> | <b>310</b> | <b>979,72</b>   | <b>303.714,56</b> | <b>6,94</b> | <b>2.455.831,16</b> | <b>62,39</b> | <b>0,481</b> | <b>471,19</b>   | <b>128.171,53</b> |
| 8,5        | 171        | 1.426,19        | 243.878,22        | 6,12        | 2.783.275,31        | 65,83        | 0,485        | 691,69          | 103.787,28        |
| 9,5        | 134        | 1.991,09        | 266.806,09        | 5,48        | 3.110.719,47        | 69,26        | 0,487        | 968,97          | 113.934,07        |
| 10,5       | 90         | 2.688,36        | 241.952,73        | 4,96        | 3.438.163,62        | 72,69        | 0,487        | 1.308,39        | 103.327,69        |
| 11,5       | 56         | 3.531,94        | 197.788,79        | 4,53        | 3.765.607,78        | 76,12        | 0,486        | 1.715,02        | 84.274,14         |
| 12,5       | 28         | 4.535,76        | 127.001,31        | 4,16        | 4.093.051,93        | 79,55        | 0,484        | 2.193,69        | 53.897,82         |

Tabela 3. Cálculos de potência e energia do vento e aerogerador para 69 metros.

Fonte: elaboração própria.

| Vel. (m/s) | Freq. (h)  | Pot. vento (kW) | Ener. vento (kWh) | TSR         | Re                  | Cl/Cd        | Cp           | Pot. Rotor (kW) | Ener. Aerog (kWh) |
|------------|------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|
| 2,5        | 1.733      | 36,23           | 62.793,32         | 20,82       | 817.686,545         | 45,23        | 0,31         | 11,22           | 17.056,78         |
| 3,5        | 1.340      | 99,43           | 133.230,55        | 14,87       | 1.144.761,16        | 48,66        | 0,394        | 39,17           | 46.062,22         |
| 4,5        | 972        | 211,32          | 205.399,17        | 11,57       | 1.471.835,78        | 52,09        | 0,436        | 92,2            | 78.635,19         |
| 5,5        | 794        | 385,82          | 306.339,82        | 9,46        | 1.798.910,4         | 55,51        | 0,46         | 177,37          | 123.577,66        |
| 6,5        | 504        | 636,85          | 320.970,77        | 8,01        | 2.125.985,02        | 58,94        | 0,473        | 301,37          | 133.279,95        |
| <b>7,5</b> | <b>338</b> | <b>978,31</b>   | <b>330.670,44</b> | <b>6,94</b> | <b>2.453.059,63</b> | <b>62,37</b> | <b>0,481</b> | <b>470,48</b>   | <b>139.538,9</b>  |
| 8,5        | 178        | 1.424,14        | 253.496,32        | 6,12        | 2.780.134,25        | 65,79        | 0,485        | 690,66          | 107.874,71        |
| 9,5        | 136        | 1.988,23        | 270.398,7         | 5,48        | 3.107.208,87        | 69,22        | 0,487        | 967,53          | 115.462,71        |
| 10,5       | 111        | 2.684,5         | 297.979,06        | 4,96        | 3.434.283,49        | 72,65        | 0,487        | 1.306,45        | 127.248,65        |
| 11,5       | 53         | 3.526,86        | 186.923,66        | 4,53        | 3.761.358,1         | 76,07        | 0,486        | 1.712,49        | 79.641,57         |
| 12,5       | 43         | 4.529,24        | 194.757,13        | 4,16        | 4.088.432,72        | 79,5         | 0,484        | 2.190,46        | 82.649,59         |

Tabela 4. Cálculos de potência e energia do vento e aerogerador para 85 metros.

Fonte: elaboração própria.

No intervalo de velocidades entre 13 a 15 m/s não foram realizados os cálculos de Cp, devido ao critério da equação (6) em que é definido que  $\lambda$  deve estar numa faixa de valores entre 4 e 20.

Observou-se que, a potência do rotor e a energia fornecida pelo aerogerador aumentam com a altura, devido à influência que tem sobre a densidade, bem como sobre a potência do ar e sobre o número de Reynolds que ao mesmo tempo tem um impacto no coeficiente de potência.

#### 4 | CONCLUSÃO

Segundo os valores calculados de energia disponível no vento nas diferentes alturas estudadas, conclui-se que existe um grande potencial eólico na cidade Presidente Kennedy na região do Litoral do Estado de Espírito Santo. Para 69 m de altura, o máximo valor de energia disponível no vento (303,71 MWh) apresenta-se para as velocidades entre 7-8 m/s e para 85 m de altura, o máximo valor de energia disponível no vento (330,67 MWh) apresenta-se também para as velocidades entre 7-8 m/s.

A maior altura, o potencial eólico de geração de energia elétrica para um aerogerador será maior, isto foi evidenciado para o caso estudo, pois a 69 m de altura o potencial do aerogerador foi estimado em 128,2 MWh/ano, enquanto para 85 m de altura o aerogerador apresentou um potencial de geração equivalente de 139,5 MWh/ano, o qual concorda com a energia disponível no vento calculada para cada altura.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FAPEMIG, FAPEPE e CAPES pelo suporte para o desenvolvimento tecnológico e científico, através da concessão de bolsa de pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. **Boletim anual de geração eólica 2017**. Bela Vista, SP.

ASPE. **Atlas Eólico - Espírito Santo**. Vitória, ES.

BROWER, M. C. et al. **Wind Resource Assessment: A Practical Guide to Developing a Wind Project**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

CARANTOÑA, A. **Análisis del Comportamiento Aerodinámico de Perfiles empleados en Aerogeneradores de Baja Potencia**. Disponível em: <<http://fglongatt.org/OLD/Reportes/FGLONGATT-R-2009-12.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2018.

CRESESB. **Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica**. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=231](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231)>. Acesso em: 2 set. 2018.

ENERCON. **Enercon, energy for the world**. Disponível em: <<https://www.enercon.de/en/products/ep-2/e-70/>>. Acesso em: 11 set. 2018.

HAU, E. **Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics**. 2. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006.

HEPPERLE, M. **Aerodynamic Design of a Windmill**. Disponível em: <<https://www.mh-aerotoools.de/airfoils/windmill.htm>>. Acesso em: 11 set. 2018.

HUGH, Y.; FREEDMAN, R. **Física Universitaria Vol.1**. 12. ed. Ciudad de México: Pearson educación, 2009.

INMET. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 11 set. 2018.

MACHADO, A. H.; DA SILVA, F. S.; PATROCÍNIO, L. P. **Dimensionamento De Parque Eólico No Estado Do Espírito Santo**. Revista Energia na Agricultura, v. 32, n. 1, p. 72–80, 2017.

MARTINEZ FERRI, E. J. **Análisis del Comportamiento Aerodinámico de Perfiles**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/235954620\\_Analisis\\_del\\_Comportamiento\\_Aerodinamico\\_de\\_Perfiles](https://www.researchgate.net/publication/235954620_Analisis_del_Comportamiento_Aerodinamico_de_Perfiles)>. Acesso em: 11 set. 2018.

SUTHERLAND, W. **The viscosity of gases and molecular force**. Philosophical Magazine Series 5, v. 36, n. 223, p. 507–531, 1893.

## TELHADOS INTELIGENTES, CIDADES SUSTENTÁVEIS: POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO À GERAÇÃO DE ENERGIA POR FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA

Data de submissão: 28/10/2019

Data de aceite: 20/12/2019

### **Igor Talarico da Silva Micheletti**

Faculdade de Ensino Superior de Marechal  
Cândido Rondon – ISEPE

Marechal Cândido Rondon – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/0051553537844219>

### **Danilo Hungaro Micheletti**

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Marechal Cândido Rondon – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/3027577558595602>

### **Natiele Cristina Friedrich**

Faculdade de Ensino Superior de Marechal  
Cândido Rondon – ISEPE

Marechal Cândido Rondon – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/1002159062922012>

### **Débora Hungaro Micheletti**

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Palotina – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/7174805762530986>

### **Sônia Maria Talarico de Souza**

Universidade Castelo Branco – RJ

São Pedro do Paraná – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/0224779390763205>

### **Flavia Piccinin Paz Gubert**

Faculdade de Ensino Superior de Marechal  
Cândido Rondon – ISEPE

Santa Helena – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/2129700010819248>

### **Glaucci Aline Hoffmann**

Faculdade de Ensino Superior de Marechal  
Cândido Rondon – ISEPE

Marechal Cândido Rondon – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/0707282716503952>

**RESUMO:** A extrafiscalidade aplicada ao setor de energia solar fotovoltaica tem o intuito de fomentar a produção energética sustentável no país. O Estado tem o dever de estimular o mercado interno sempre aliado ao desenvolvimento sustentável, estimulando a criação e o fortalecimento de empresas inovadoras, seja para fins de extensão da qualidade de vida da humanidade ou para finalidades comerciais e industriais. Assim, buscou-se analisar se a tributação ambiental é um aliado do direito na busca por sustentabilidade e, portanto, se os tributos ambientais aplicados à energia solar fotovoltaica podem auxiliar a encontrar o equilíbrio entre a proteção e a preservação ambiental. O presente trabalho utilizou-se do método de pesquisas bibliográficas, consultando a doutrina especializada, a legislação vigente e as normativas técnicas da área, caracterizando uma pesquisa qualitativa e descritiva. Deste modo, considera-se que o caminho a percorrer ainda é longo no que tange a concessão de



extrafiscalidade que possa estimular políticas públicas efetivas com intuito de incentivar a produção de energia limpa e renovável no país.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telhados Inteligentes; Cidades Sustentáveis; Políticas Públicas; Energia Solar Fotovoltaica; Geração Distribuída.

## SMART ROOFS, SUSTAINABLE CITIES: PUBLIC POLICIES OF ENCOURAGING ENERGY BY PHOTOVOLTAIC SOLAR SOURCE

**ABSTRACT:** In order to foment sustainable energy production in the urban context and seek for a lower impact on the environment, the Union, the States and the cities have gradually developed public policies engaged in encouraging the use of renewable energy that integrates electric distributed generation with the existing architecture in the cities, in order to make them more energetically intelligent. The present work used the method of bibliographical research, consulting the specialized doctrine, the current legislation and the technical norms of the area, characterizing a qualitative and descriptive research. Thus, it is considered that the way to go is still long with regard to the granting of public policies that will effectively encourage the production of clean and renewable energy in Brazilian cities.

**KEY WORDS:** Smart roofs; Sustainable cities; Public policy; Photovoltaic Solar Energy; Distributed generation.

### 1 | INTRODUÇÃO

Com intuito de fomentar a utilização de meios de produção energética renováveis e sustentáveis com menor impacto ao meio ambiente, a União, os estados e municípios têm gradativamente desenvolvido políticas públicas engajadas no incentivo à utilização de energias renováveis. Desta forma, leis que beneficiam o consumidor final vêm sendo promulgadas a fim de facilitar a importação e distribuição desses equipamentos pelas empresas do ramo.

Os sistemas de energia solar fotovoltaica estão há pouco tempo disponíveis de maneira mais consolidada no Brasil, pois passaram a ser mais utilizados apenas após a efetivação das Resoluções Normativas nº 482/2012 e nº 687/2015 da ANEEL. Estas normativas permitiram a conexão destes sistemas com as redes das companhias de energia através de um modo de compensação de créditos energéticos, possibilitando que a geração distribuída se difundisse no país.

Neste novo panorama de permissão para a utilização da tecnologia fotovoltaica, se faz necessário entender a integração destes sistemas à realidade de nossas cidades e das estruturas arquitetônicas existentes, buscando uma melhor adequação ao mercado nacional. Deste modo, visa-se um planejamento atual e futuro de políticas públicas realistas a fim de efetivar a disseminação da utilização da geração distribuída por fontes de energia solar fotovoltaica nos telhados das cidades que anseiam pela sustentabilidade.

## 2 | PERSPECTIVAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL E NO MUNDO

A energia tornou-se um dos pilares fundamentais da sociedade contemporânea, permeando todos seus setores e fazendo-se necessária para desenvolver as atividades humanas. Com os impactos ambientais afetando diretamente a sociedade, o incentivo à utilização de fontes energéticas ambientalmente conscientes tem ganhado força nesta última década. Neste sentido, a qualidade de vida da população mundial pode melhorar junto ao crescimento econômico sustentável através do uso planejado e eficiente dos recursos energéticos disponíveis e do desenvolvimento de novas tecnologias de geração de energia. (HINRICHS, 2010).

A hidroeletricidade, fonte energética primária no Brasil, enfrenta hoje enormes dificuldades para sua expansão com a construção de novos grandes reservatórios, principalmente na região da bacia amazônica, devido às interferências com áreas de proteção ambiental ou de ocupação social e, portanto, quase todas as usinas hidrelétricas recentemente construídas foram do tipo fio d'água, de pequeno porte. Além disso, os períodos de estiagem em diversas regiões do país promovem um déficit energético, que pressiona o sistema interconectado nacional a utilizar termelétricas movidas a combustíveis fósseis para suprir a demanda. Dentre as atuais pesquisas, ainda não há previsão de aumento significativo na capacidade instalada de geração hidrelétrica, mas sim com o incremento cada vez maior da participação das demais fontes renováveis de geração de energia elétrica (TOLMASQUIM, 2016).

A matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica em um país, estado ou no mundo. A geração de energia elétrica no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão e gás natural, em termelétricas. A Figura 1 compara a proporção das fontes de geração de energia elétrica no mundo com a do Brasil, destacando a maioria predominante de fontes renováveis no país.

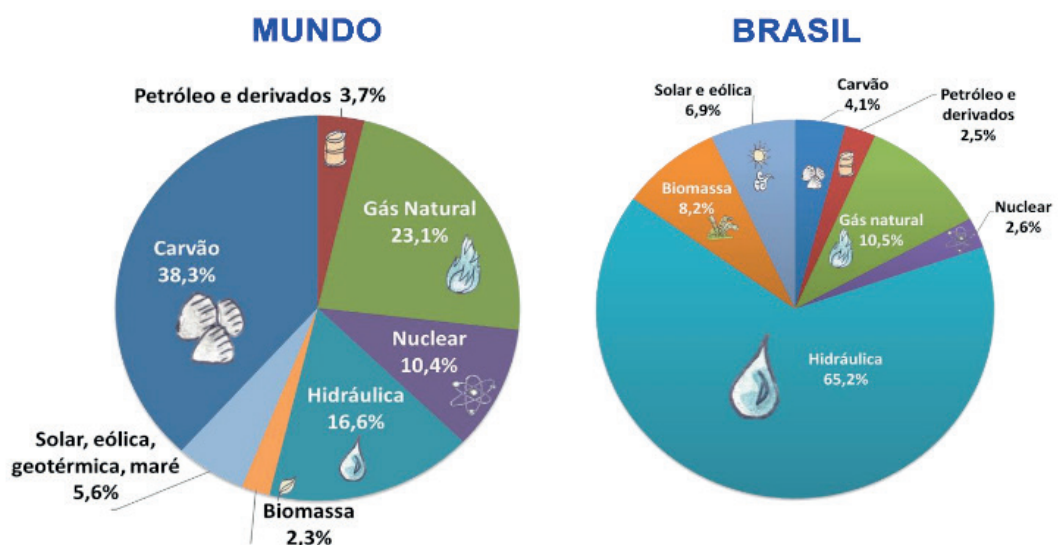


Figura 1 – Matriz elétrica brasileira e mundial.

FONTE: Adaptado de EPE (2018).

Um das fontes energéticas renováveis utilizadas mundialmente é a energia solar fotovoltaica, que funciona através da conversão direta da luz em energia elétrica sob a condição físico-química conhecida como efeito fotovoltaico. Assim, estes dispositivos convertem os fótons de maneira silenciosa e sem emissão de gases (LAMBERTS et al., 2010).

Neste sentido, cada uma das áreas de produção energética renovável pode desenvolver um papel substancial para a elevação da participação no volume total da crescente demanda energética mundial. Assim, a energia solar é uma fonte de energia inesgotável e, deste modo, é um dos elementos essenciais para o futuro do uso energético sustentável. Seu potencial pode ser aplicado principalmente em regiões com alto índice de irradiação solar, abrangendo quase todo o país.

### 3 | POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O Brasil por muitos anos não sofreu com a escassez de recursos naturais para a produção de energia elétrica, diferentemente de muitos países, tendo pautado grande parte de seus esforços na geração de energia por meio de seu grande potencial energético, a hidroeletricidade. Esse panorama veio a mudar com os chamados apagões que, nas últimas duas décadas, vem deixando o país em alerta. Ele é fruto de uma soma de fatores naturais, políticos e econômicos que surpreenderam o governo a urgentemente reduzir cerca de 20% do consumo de eletricidade do país, além de forçar as construções de novas usinas geradoras de energia elétrica ou de reativar antigas usinas baseadas em carvão e óleo que, além de terem maiores níveis de poluição, tiveram altos custos aos cofres públicos pelo estado de urgência e pela falta de planejamento do governo. (BERMANN, 2007).

Os problemas de geração elétrica são bem mais amplos e antigos em outras partes do mundo. Muitos países fizeram programas nacionais de desenvolvimento da energia renovável, em especial a energia solar fotovoltaica. Este é o caso do Japão que, nos anos de 1974, iniciou o Sunshine Project, optando pela tecnologia fotovoltaica devido à escassez de áreas disponíveis no país, a fim de tornar seus espaços mais eficientes e integrar uma matriz energética junto às edificações já existentes (KUROKAWA e IKKI, 2001). Para tanto, o governo japonês subsidiou e fomentou o desenvolvimento tecnológico das indústrias no país. Cerca de 20 anos depois, os subsídios se tornaram desnecessários pois a tecnologia já era economicamente viável, podendo o mercado regular-se por si mesmo. (PARKER, 2008).

Dezenas de países nas últimas décadas seguiram o exemplo do Japão, cada qual motivados por suas necessidades ou visões mercadológicas. Em 2001, a Austrália lançou seu programa Australian Photovoltaic Rebate Programme com a proposta de um fundo de incentivo para instalações fotovoltaicas, mas houve muita dificuldade com a conexão à rede elétrica visto que o país possuía muitas localidades não

conectadas às linhas de transmissão. Assim, houve a necessidade de se optar pelos sistemas desconectados das redes, que se servem de baterias para armazenamentos de energia. Nos anos seguintes, o governo australiano focou em melhorar sua malha de transmissão elétrica de modo a fomentar novos programas de incentivo à geração distribuída. (IEA, 2007).

A Alemanha é hoje um dos países líderes mundiais na utilização de sistemas fotovoltaicos e em seu mercado mundial. Ela implantou programas de incentivos concentrados no sistema de feed-in-tariff, no qual o consumidor é considerado um minigerador, podendo vender a energia a concessionária caso não haja a imediata utilização pela unidade consumidora. O programa teve grande adesão e levou o país a ótimos níveis de geração distribuída por fonte solar fotovoltaica. (WENZEL, 2007).

Um importante desenvolvimento de políticas públicas efetivas e de grande escala no setor solar fotovoltaico se deu nos Estados Unidos com o ex-governador do estado da Califórnia, Arnold Schwarzenegger. Ele propiciou algumas conquistas no âmbito das energias renováveis ao estado que comandava, servindo de exemplo a outros estados de seu país e a outros países pelo bom desenvolvimento dessas políticas. Foi o primeiro estado dos EUA a assinar um Projeto de Lei que limita a emissão de gases do efeito estufa, chamado de Assembly Bill 32 - California Global Warming Solutions Act, tornando-o uma referência em ações ao combate ao aquecimento global, além de fomentar o programa Tetos Verdes para a produção de energia limpa e renovável nas residências do estado. Apesar de Schwarzenegger não ser mais o governador do Estado da Califórnia, ele criou o Schwarzenegger Institute em parceria com a University of Southern California. O instituto está dando continuidade às ousadas iniciativas lideradas por Schwarzenegger e pela Califórnia no tratamento das mudanças climáticas. (SCHWARZENEGGER INSTITUTE, 2013).

Desde então, a energia solar fotovoltaica vem crescendo pelo mundo, superando as previsões mais otimistas de todos os organismos internacionais. Com uma capacidade instalada no mundo de mais de 300 GW em 2016, e após no ano 2018 atingiu a capacidade de 575 GW instalados no mundo, a perspectiva é que até 2022 se atinja a marca de 740 GW em funcionamento, destacando-se entre as energias renováveis por maior capacidade adicionada por ano. A Agência Internacional de Energia (IEA) prevê crescimento exponencial de 43% até 2022. Assim, os números voltados à energia fotovoltaica no mundo impressionam e tendem a continuar em expansão. (MAXIMO, 2018).

A Geração Distribuída é uma modalidade de conexão de fontes geradoras de energia elétrica com a rede de distribuição das companhias de energia. Este conceito engloba a instalação de geradores de pequeno e médio porte, conectados por meio de unidades consumidoras já existentes em propriedades privadas ou públicas. Neste sentido, ela possibilita que cada consumidor possua uma pequena usina de energia elétrica, utilizando-a para compensar seu consumo de energia. Esta modalidade viabiliza a implementação de diversas fontes intermitentes de energia para produção

de energia elétrica, possibilitando um melhor aproveitamento energético. (DANTE e EDELSTEIN, 2017).

Em 2012, a publicação da Resolução Normativa 482 pela ANEEL permitiu que sistemas geradores de energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada possam se conectar à rede das companhias de energia (ANEEL, 2012). Então, a energia produzida nesta modalidade é primeiro consumida diretamente dentro do imóvel daquela unidade consumidora, o excedente de energia produzida é injetado na rede de energia elétrica das distribuidoras e, nos horários em que não há produção, a energia é fornecida pelas companhias. Assim, um medidor bidirecional registra a quantidade de energia que entrou e que saiu da unidade consumidora e, no fim do mês, é feita uma compensação destes valores.

De modo geral, a utilização da geração distribuída tem mais consequências positivas do que negativas, trazendo vários benefícios à sociedade e ao sistema elétrico como um todo, pois acaba por suprir ou complementar a matriz energética nacional (BARBOSA e AZEVEDO, 2013). A geração distribuída proporcionou ao consumidor uma maior independência das distribuidoras de energia elétrica em relação as tarifas e a disponibilidade, inclusive auxiliando na estabilidade do sistema elétrico nacional.

Além de benefícios ao consumidor, existem os benefícios técnicos em que a geração distribuída traz grandes vantagens, como a possibilidade de instalação em áreas urbanas que já possuem construções no local, a redução dos impactos ambientais na produção de energia e a redução de perdas de transmissão no sistema nacional de energia elétrica. Além disso, pode-se citar que o sistema de compensação de energia possibilita ao consumidor deixar de utilizar baterias de curta vida útil, evitando assim a necessidade do descarte deste lixo poluente. (NARUTO, 2017).

A disposição dos painéis fotovoltaicos sobre os telhados é considerada ambientalmente amigável, pois se aproveita de uma edificação já construída e, nesses casos, não é exigida licença ambiental em alguns estados. Além disso, o atual sistema de homologação dos sistemas fotovoltaicos exige vários itens de projeto de engenharia elétrica e certificações do INMETRO ou internacionais. Portanto, os sistemas que foram instalados seguindo corretamente as normas elétricas e estruturais possuem uma qualidade garantida dentro do território nacional e os riscos de funcionamento deste tipo de sistema, mesmo que em grande escala, são praticamente nulos, principalmente se comparado com usinas nucleares. Assim, as desvantagens se resumem a uma adequação do atual sistema de transmissão, a inclusão de medidas de segurança e a necessidade de fiscalização dos sistemas existentes. (MICHELETTI, 2017).

Nos últimos anos, aumentou-se a discussão e o número de projetos de lei que discutem ações de incentivos voltadas para o setor. Tendo propostas que visam incentivar, através de políticas públicas, a inserção dessas novas fontes de geração energética, inclusive tendo propostas legislativas que avaliam a possibilidade de criação de uma agência reguladora específica para tal segmento, a Agência Nacional de Energias Renováveis, desmembrada da Agência Nacional de Energia Elétrica, que



funcionaria como um mecanismo de transição na política de adoção de novas fontes de energias. Esta nova agência teria como principais responsabilidades a elaboração de políticas públicas direcionadas para o setor e a fiscalização do cumprimento das normas que regem o setor. (XAVIER et al., 2013).

Ao longo dos anos, o país desenvolveu várias políticas públicas através de programas que visam a fomentação e o desenvolvimento da indústria fotovoltaica, esses projetos são voltados a concessão de benefícios fiscais no âmbito da energia solar fotovoltaica, sempre visando a diversificação da matriz energética nacional, a segurança de energia, a promoção de competitividade e a inovação do setor. Muitas cidades brasileiras incentivaram a utilização da energia renovável como política de sustentabilidade, como é o caso do Programa Palmas Solar, da cidade de Palmas, capital do Estado do Tocantins, o programa foi criado pela Lei Palmas Solar (Lei Complementar nº 327/2015) e regulamentado pelo Decreto Municipal nº 1.220, de 28 de março de 2016. Por meio do Palmas Solar, o município oferece, em contrapartida, benefícios fiscais a quem adotar a geração de energia fotovoltaica em residências, comércios ou indústrias. Os descontos chegam até 80% no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) por cinco anos. Assim como descontos no Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), na primeira transferência de imóvel. Consoante as possibilidades ofertadas aos cidadãos, a capital Palmas foi muito além, e criou a SECRES (Secretaria Municipal Extraordinária de Assuntos Estratégicos, Captação de Recursos e Energias Sustentáveis), secretária que vem implementando o projeto de instalação de um parque solar no município, tendo sido editado o Decreto municipal 1.553/2018 de 14 de fevereiro de 2018, que busca viabilizar o projeto de energias renováveis no município, tendo como principal meta a obtenção de suficiência energética de todos os órgãos públicos municipais. (PALMAS, 2018)

Muitos municípios estão estudando formas de se atualizarem aos novos tempos tecnológicos, de forma a aliar a sustentabilidade e inovação a sua arquitetura. A cidade de Salvador desenvolveu iniciativas similares chamadas de IPTU Verde, um instrumento Municipal, instituído pelo Decreto nº 25.899, de 24 de março de 2015 e alterado pelo Decreto nº 29.100, de 06 de novembro de 2017, que incentiva empreendimentos do Município do Salvador a adotarem práticas sustentáveis em suas edificações, concedendo-lhes descontos fiscais no IPTU. (SALVADOR, 2018)

Inúmeras cidades brasileiras já desenvolveram ou estão estudando formas de incentivar a utilização da geração distribuída, aliando sustentabilidade, inovação e economia.

#### **4 | TELHADOS INTELIGENTES E CIDADES SUSTENTAVEIS**

Dentre as formas de aproveitamento da luz solar, a conversão fotovoltaica de energia tem se difundido devido ao avanço tecnológico na fabricação dos equipamentos e pela versatilidade na construção de sistemas integrados em unidades consumidoras

ou em usinas de produção em larga escala. (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

A International Energy Agency (IEA) vem trazendo vários estudos sobre a inserção da tecnologia fotovoltaica em zonas urbanas, em especial na arquitetura residencial unifamiliar. Estas edificações apresentam grandes áreas de telhados com pouco ou nenhum sombreamento, diferente de zonas centrais que possuem imóveis mais altos que sombreiam seus arredores em determinados momentos do dia. (SALAMONI, 2004).

Os relatórios anuais da IEA abordam sobre as soluções e perspectivas para o mercado de energia urbano, identificando as melhores aplicações que equilibrem custo, eficiência e sustentabilidade nos projetos de integração dos telhados verdes. Assim, visa-se a possibilidade de que a geração distribuída se expanda no meio urbano, dê uma maior autonomia aos consumidores e auxilie a matriz elétrica do país. (IEA, 2007).

A integração da geração distribuída tem foco na produção energética mais próxima às áreas de consumo. Neste sentido, o uso de sistemas fotovoltaicos se demonstra muito viável, mas houve a necessidade de se moldarem às arquiteturas existentes. Embora nos dias atuais os arquitetos e engenheiros já estejam mais atentos ao elaborar projetos, a fim de entregar telhados com maior aproveitamento da energia solar, ainda há muitas construções que necessitam da flexibilização do sistema gerador (RÜTHER, 2004).

Apesar dos módulos fotovoltaicos de silício cristalino ainda serem a maior parte destas integrações existentes, sua disposição acontece nas inúmeras variações das edificações existentes. Além disso, outros tipos de células solares que estão surgindo no mercado já podem ser viáveis em alguns casos, como filmes finos e células fotovoltaicas orgânicas. (SILVA, 2015)

Devido a possibilidade de conexão à rede ainda ser recente, as indústrias e os instaladores brasileiros estão buscando se adequar à realidade arquitetônica das cidades, de modo a encontrar soluções na integração dos sistemas com as construções atuais. A indústria metalúrgica nacional tem sido fortemente incentivada a produzir materiais que proporcionem essa integração dos sistemas geradores fotovoltaicos às construções existentes, desenvolvendo diversas soluções para telhados coloniais, metálicos, lajes, fibrocimento e muitos outros tipos de telhados utilizados em nosso país (REIS e MOREIRA, 2015). A Figura 2 expõe a alguns tipos de arquiteturas encontradas nas cidades brasileiras, que necessitam de soluções de integração.



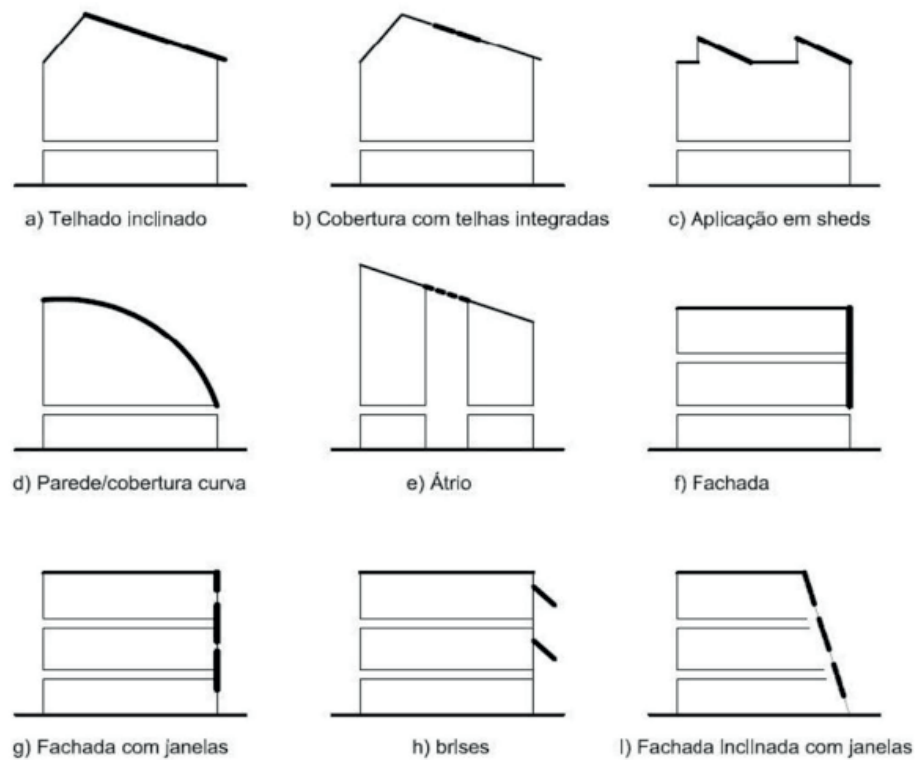


Figura 2 – Disposição dos elementos fotovoltaicos em edifícios.

FONTE: Thomas e Grainer (1999).

Em um panorama futuro, os projetos das novas construções deveriam se ater à geração própria de energia. Pensando nisso, a empresa TESLA lançou as telhas solares chamadas de Solar Roof que substituem o telhado convencional, unindo em um único produto o telhado e o sistema gerador fotovoltaico. Seguindo esse mesmo conceito, outras empresas como a chinesa Hanergy vêm desenvolvendo novas tecnologias de filmes finos e as integra nas em telhas coloniais de materiais mais resistentes para a produção de energia.

Sendo assim, o setor fotovoltaico no país tem crescido a passos largos, necessitando integrar várias áreas como engenharias, arquitetura, direito e outras, de modo que se encontre o equilíbrio no crescimento do setor e resguardando a segurança necessária à sua benéfica utilização.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia solar fotovoltaica é uma inovação tecnológica que está cada vez mais presente no Brasil desde 2012, quando foi recepcionada no país como um tipo de geração de energia enquadrada nos moldes da Geração Distribuída. Durante este processo de adaptação, observou-se o baixíssimo impacto ambiental relacionado à implantação e funcionamento dos sistemas fotovoltaicos, principalmente quando dispostos em telhados e edifícios já existentes, corroborados pela inexigibilidade de licenciamento ambiental praticada pelos institutos ambientais estaduais nestas situações.

Desde a vigência da normativa 482/2012 o mercado potencial brasileiro vem crescendo, trazendo várias empresas do setor fotovoltaico a se instalarem ou buscarem acordos comerciais a fim de difundir os componentes do sistema gerador fotovoltaico pelo país. Deste modo, a entrada de novas tecnologias e a concorrência no mercado nacional são fatores que, aliados aos incentivos governamentais e aos altos preços de energia elétrica praticados pelas concessionárias de energia, têm trazido preços mais justos ao setor e equilíbrio econômico aos investimentos.

## REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

ANTUNES, P.B. Direito Ambiental. Rio de Janeiro: Editora Lumens Júris, 1998.

BARBOSA, W. P. F.; AZEVEDO, A. C. S. d. Discussão sobre a minuta de Resolução CONAMA sobre o licenciamento ambiental de usinas eólicas em superfície terrestre. Belo Horizonte: FEAM, 2013.

BERMANN, C. As novas energias no Brasil - Dilemas da inclusão social e programas de governo. Capítulo 2 Proinfra: da proposta à realidade. Rio de Janeiro, 2007.

DANTE, P. H.; ELDESTEN, R. Aspectos jurídicos relevantes sobre a geração distribuída, percepção teórica e prática: Riscos envolvidos e possibilidade de alteração de norma com impacto em projetos existentes. Revista do Direito da Energia, São Paulo, n. 14, p. 366-87, dez., 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Matriz Energética e Elétrica. Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME/EPE, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcde-energia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. Plano Decenal de Expansão de Energia 2026. Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME/EPE, 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

EUROPEAN COMMISSION (ed.). Photovoltaic solar energy: development and current research. Luxembourg: Office for official publications of the European Union, 2009.

HINRICH, R. A. Energia e meio ambiente. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

IEA - International Energy Agency. World Energy Statistics. 2007.

KUROKAWA, K.; IKKI, O. The japanese experiences with national pv system programmes. Solar Energy, v. 70, p. 457-466, 2001.

LAMBERTS, R. et al. Casa Eficiente: consumo e geração de energia. Vol. 2. Florianópolis: UFSC, LabEEE. Florianópolis, 2010. 76p.

MAXIMO, Rosely (ed.). Solar: anuário 2018. São Paulo: Brasil Energia, 2018.

MICHELETTI, D. H. Energia solar fotovoltaica e projeto de microgeração residencial. Revista Lumière Electric, n. 234., p. 72-6, Editora Lumière, São Paulo: 2017.

NARUTO, D. T., 2017. Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica. Monografia de Graduação. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020290.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

PALMAS, Prefeitura de. Palmas Solar movimentou mais de R\$ 2,5 milhões na Capital em dois anos. Secretaria Municipal Extraordinária de Assuntos Estratégicos, Captação de Recursos e Energias Sustentáveis. Palmas (TO), 2018. Disponível em: <<https://www.palmas.to.gov.br/secretaria/energias-sustentaveis/noticia/1506947/palmas-solar-movimentou-mais-de-r-25-milhoes-na-capital-em-dois-anos/>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

PARKER, P. Residential solar photovoltaic market stimulation: Japanese and Australian lessons for Canada. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Issue 7, v.12, 2008.

REIS, J.; MOREIRA, S. Geração distribuída e centralizada no Brasil: potencial, barreiras e perspectivas. *Revista Fotovolt*, São Paulo, Aranda Editora, v. 1, n. 2, p. 14-5, nov., 2015.

RÜTHER, R. Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil: Editora UFSC/LABSOLAR. Florianópolis, 2004.

RÜTHER, R. et al. Mercado de geração distribuída fotovoltaica no Brasil. São Paulo: *Fotovolt*, v. 3, n. 17, p. 20-9, jul./ago., 2018.

SCHWARZENEGGER INSTITUTE. Energy and the environment. University of Southern California, 2013. Disponível em: <<http://www.schwarzeneggerinstitute.com/policy-areas/energy-and-the-environment>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

TOLMASQUIM, M. T. (coord.). Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

THOMAS, R.; GRAINER, T. Photovoltaic in buildings - a design guide: Department of trade and industry. Londres, 1999.

SALAMONI, I. T. Metodologia para cálculo de geração fotovoltaica em áreas urbanas aplicada a Florianópolis e Belo Horizonte. PPGEC, UFSC, Florianópolis, 2004.

SILVA, R. M. Energia Solar: Dos incentivos aos desafios. Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015.

WENZEL, B. What electricity from renewable energies costs. Federal Ministry for the Environment, Nature conservation and Nuclear safety. Berlin, 2007.

XAVIER, Y. M. A. et al. (org.). Direito das energias renováveis e desenvolvimento. Série direito dos recursos naturais e da energia. Natal, RN: EDU-FRN, 2013.

## UM ESTUDO DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE LIGANTES ASFÁLTICOS MODIFICADOS COM ÓLEO DA MORINGA

*Data de aceite: 20/12/2019*

**Iarly Vanderlei da Silveira**

**Lêda Christiane de F. Lopes Lucena**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Engenharia Civil, Campina  
Grande, Paraíba.

**RESUMO:** A preocupação com o desenvolvimento sustentável tem levado ao estudo de tecnologias verdes que minimizem os impactos ao meio ambiente sem comprometer a qualidade do pavimento. Neste cenário, a indústria da pavimentação tem começado a pesquisar e aplicar as misturas asfálticas mornas, que são produzidas em temperaturas mais baixas que as convencionais e reduzem o gasto com combustível. As misturas mornas são resultados da adição de um óleo, geralmente orgânico, ao ligante convencional, diminuindo a viscosidade deste. As sementes de Moringa possuem um teor de óleo entre 38 e 40%, e possui propriedades antioxidantes e lubrificantes. O objetivo deste trabalho consiste em estudar as propriedades físicas e reológicas de misturas asfálticas modificadas com o óleo da moringa, como aditivo verde para reduzir as temperaturas de fabricação, quanto ao envelhecimento a curto prazo. O

óleo da moringa foi extraído com uma prensa a quente com compressão a partir da torta das sementes. Em seguida, foram realizadas 6 misturas betuminosas utilizando CAP 50/70 e o óleo da moringa em diferentes proporções (0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% e 3%) além de uma amostra de referência (CAP puro). Os ligantes foram analisados utilizando-se ensaios de viscosidade Brookfield, Penetração, Ponto de Amolecimento e o envelhecimento por meio de Estufa de Efeito de Calor e Ar de Filme Fino Rotativo (RTFOT). Os resultados da viscosidade aparente Brookfield, a penetração e o ponto de amolecimento, das misturas contendo óleo da Moringa apresentaram resultados satisfatórios quando comparados a amostra de referência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Misturas asfálticas, Moringa, Misturas Asfálticas Mornas

### A STUDY ON THE REOLOGICAL PROPERTIES OF ASPHALTIC BINDERS MODIFIED WITH MORINGA OIL

**ABSTRACT:** The concern for sustainable development have been to the study of green technologies that minimize impacts on the environment without compromising the pavement quality. In this scenario, the flooring industry has begun researching and applying warm asphalt mixtures, which are produced at lower temperatures than conventional and reducing fuel consumption. The warm mixture

the warm mixture, is the result of thereof of oil, usually organic, in a conventional binder, decreasing the viscosity. Moringa seeds have an oil content between 38 and 40%, has antioxidant and lubricating properties. The objective of this work is to study the physical and rheological properties of modified asphalt mixes with the oil of moringa as green fuel additive to reduce manufacturing temperatures, as the aging in the short term. The moringa oil was extracted with a hot press to Compression from the seed cake. Then 6 asphalt mixtures using CAP 50/70 and moringa oil in different proportions (0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% and 3%) in addition to a reference sample (pure CAP). The ligands were analyzed using tests, to Brookfield viscosity, penetration, softening point and aging by Greenhouse Effect of Heat and Air Thin Film Revolving (RTFOT). The results of the Brookfield apparent viscosity, penetration and softening point of the mixtures containing Moringa oil showed satisfying results when compared to the reference sample.

**KEYWORDS:** Asphalt Mixtures, Moringa, Warm Asphalt Mixtures

## 1 | INTRODUÇÃO

A busca por produtos que sejam eficientes, e causem pouco ou nenhum dano ao ambiente, vem incentivando cada vez mais pesquisas sobre produtos oriundos de fontes renováveis, e cuja exploração gere benefícios à população.

A redução das temperaturas de produção e aplicação das misturas betuminosas proporciona benefícios de sustentabilidade evidentes a curto, médio e longo prazo, possíveis de agrupar em vantagens sociais, econômicas e ambientais (NYNAS, 2009).

Neste cenário, a indústria da pavimentação tem pesquisado formas de reduzir as suas emissões de gases tóxicos, durante as etapas de usinagem e compactação, e diminuir o consumo energético durante o processo utilizando as misturas asfálticas mornas. Misturas asfálticas mornas ou warm mix asphalt (WMA) são misturas asfálticas produzidas em temperaturas inferiores as convencionais; consequentemente reduzem o gasto com combustível, as emissões de gases poluentes e a exposição dos trabalhadores aos fumos durante a usinagem ou aplicação da mistura.

As misturas asfálticas mornas foram desenvolvidas na Europa, em 1997, com o objetivo de adequar os procedimentos empregados pela indústria da pavimentação às premissas do Protocolo de Kyoto. A Associação Nacional dos de Pavimentação dos EUA (NAPA) organizou uma comissão em 2002 para examinar os progressos obtidos nesta tecnologia na Europa. Em 2007, foi realizado novamente este estudo pelos engenheiros norte-americanos para reunir informações adicionais sobre a tecnologias WMA na Europa (KANDHAL, 2010).

A tecnologia WMA se apresenta como um processo construtivo alternativo, por ser ecologicamente menos agressiva quando comparado com outras tecnologias, principalmente as misturas à quente (KOENDERS et al, 2000). Poucos processos e produtos tornaram-se disponíveis com capacidade de reduzir a temperatura pela qual o asfalto quente é misturado, sem comprometer o desempenho estrutural dos

pavimentos. Estes novos produtos podem reduzir as temperaturas de produção em 40%. Diminuir a temperatura de mistura na usina significa, entre outras coisas, economizar custos com combustíveis ao contratante. Constatou-se que diminuir a temperatura de usinagem pode levar a redução de 30% no consumo de energia combustível (OTTO, 2009).

As modificações impostas em misturas mornas baseiam-se na redução da viscosidade dos ligantes betuminosos em determinados limites de temperatura. A redução da viscosidade permite o total encobrimento do agregado a temperaturas mais baixas, do que tradicionalmente seriam necessárias para a produção de concretos betuminosos usinados a quente.

As misturas asfálticas mornas diferem de outras misturas asfálticas pelas temperaturas nas quais são produzidas e pela resistência e durabilidade do produto final. O principal objetivo das misturas asfálticas mornas é alcançar resistência e durabilidade equivalentes ou superiores às das misturas asfálticas a quente (NEWCOMB, 2007). A diminuição da temperatura na produção de misturas asfálticas é muito desejável sob diversos aspectos como a busca por melhores resultados de trabalhabilidade garantindo compactação; temperaturas de produção e aplicação reduzidas podem melhorar os resultados em pavimentação em climas frios e ainda representar menor envelhecimento do ligante asfáltico por oxidação, podendo possibilitar melhor desempenho do pavimento aumentando a resistência ao trincamento.

A moringa oleífera (Lam) é uma árvore especial, não apresenta dificuldades quaisquer que sejam os métodos escolhidos para a sua propagação, pode ser pelo plantio direto, produção de mudas a partir de sementes ou de estacas, podendo ser plantada em elevadas altitudes até 2000 metros de altura. Adaptam-se bem as condições climáticas tanto do clima semi-árido como sub-úmido, não sendo necessários altos volumes pluviométricos por ano, é tolerante à seca e produz boa quantidade de óleo. (ESPLAR, 2006). A planta não apresenta exigências específicas em termos de tipos de solos a não ser a impossibilidade de se desenvolver em solos encharcados.

A produção das sementes apresenta grandes variações, esse fato está ligado ao manejo da planta, a disponibilidade de água e o clima podendo chegar a produzir entre 20 a 24 mil sementes por planta com devidos cuidados adequados. A semente desta árvore produz um óleo amarelo claro de alta qualidade, que pode ser de 35% a 40% da massa total da semente (RURAL BIONERGIA, 2013).

Levando-se em consideração que depois da extração do óleo da semente de moringa oleífera (Lam), a torta restante não é tóxica e não perde suas propriedades de coagulação, podendo ser usada como decantador no tratamento de água para o consumo humano (RANGEL, 2010) e como alimentação de animais graças a suas vitaminas e minerais existentes tanto na torta restante da extração como nas folhas e flores da planta, este recurso natural pode ser importante para a economia regional. Com a plantação em alta escala da moringa, pode-se também reduzir o índice de



gás carbônico existente no ar. Pela produção intensiva de flores e sementes, estudos recentes recomendam seu plantio para a extração de óleo das sementes para a produção de biodiesel (RURAL BIOENERGIA, 2013).

O óleo da moringa é oriundo de fonte renovável e biodegradável e pode ser utilizado como “aditivo verde”. Por suas características antioxidantes e suas propriedades tensoativas, mostra-se promissor para reduzir a elevada viscosidade dos ligantes e ligantes modificados por polímeros, reduzindo gastos na usina, além de aumentar a estabilidade à estocagem e a adesividade nas misturas com os agregados. Nesse contexto, o óleo da Moringa mostra-se potencialmente útil para ser empregado como aditivo na melhoria das propriedades dos cimentos asfálticos.

Este trabalho consistiu em estudar as propriedades físicas de misturas asfálticas modificadas com o óleo da moringa, como aditivo verde para reduzir as temperaturas de fabricação e compactação, e também quanto ao envelhecimento a curto prazo.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O CAP utilizado na pesquisa foi do tipo 50/70 cujas especificações estão de acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), a qual define os parâmetros de aceitação e classificação.

As sementes de Moringa oleífera Lam foram coletadas em árvores existentes na Universidade Federal de Campina Grande, no campus da cidade de Patos/PB. As cascas foram descascadas manualmente com um auxílio de um soquete, obtendo 400 gramas de sementes do total de 750 gramas de moringa. Após 3 horas de extração, a torta da moringa foi colocada em estufa de secagem a 40°C, para eliminar a água contida nas sementes, por um período de 24 horas, tempo suficiente para a massa ficar constante.

Após este tempo de secagem as amostras foram colocadas na Prensa Hidráulica em um recipiente protegido por algodão para evitar o contato das partículas sólidas das sementes com o óleo extraído. Em seguida foram aplicadas cargas elevadas em torno de 30 toneladas para a extração do óleo da moringa.

As análises da caracterização do óleo de moringa são regulamentadas através de normas e foram efetuadas para a amostra em estudo, como citadas na Tabela 1.

| <b>Análise</b>                 | <b>Método</b>  |
|--------------------------------|----------------|
| <b>Índice de acidez</b>        | AOCS Ca-5a -40 |
| <b>Índice de Iodo</b>          | EM 14111       |
| <b>Viscosidade Cinemática</b>  | ASTM D 445     |
| <b>Índice de Saponificação</b> | NBR 14854      |

Tabela 1: Normas para as análises físico-químico do óleo da moringa.

As análises para o índice de acidez, índice de iodo, índice de saponificação



e viscosidade cinemática foram realizadas no laboratório de físico-química da Universidade Federal de Campina Grande - PB.

O processo de produção do CAP modificado ocorreu a partir da adição de teores do óleo de moringa, variando de 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3%, em um agitador mecânico (FISATOM, Modelo 722) com as condições de temperatura e rotações controladas.

Primeiramente foram aquecidos 500g de CAP 50/70 a uma temperatura de 120°C em estufa. Em seguida, colocou-se o ligante puro em um misturador mecânico com a manta pré-aquecida, à mesma temperatura, com rotações de 300 rpm. Ao ser atingida a temperatura de 135°C, foram adicionados os percentuais relativos do óleo de moringa e elevado o número de rotações para 406 rpm, mantendo-se em um intervalo de 20 minutos para obtenção de uma homogeneização perfeita. Decorrido este tempo, a nova composição foi retirada do misturador, deixando-a esfriar à temperatura ambiente e estocando-a adequadamente para uso. Esta metodologia foi baseada em estudos realizados por Faxina (2006) e Souza (2012).

Após a mistura, foram realizados ensaios reológicos com a adição de óleo de Moringa, ao ligante asfáltico, nos teores de 0,5 a 3% em peso. Em seguida, as 6 misturas betuminosas e a amostra de referência (CAP Puro), foram submetidas aos ensaios de penetração, ponto de amolecimento, viscosidade brookfield e envelhecimento a curto-prazo utilizando a estufa RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) (Tabela 2).

| Ensaio                 | Norma          |
|------------------------|----------------|
| Ponto de Amolecimento  | ABNT NBR 6576  |
| Penetração             | ABNT NBR 6576  |
| Viscosidade Brookfield | ABNT NBR 15184 |
| RTFOT                  | ABNT NBR 15235 |

Tabela 2: Normas para os ensaios de caracterização do CAP

## 3 | RESULTADOS E DISCURSÕES

### 3.1 Caracterização do óleo da moringa

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios das características físico químicas do óleo da Moringa utilizado nesta pesquisa.

| Análises                                | Resultados |
|---|------------|
| Índice de Acidez (mg KOH/Kg)            | 7,95       |
| Índice de Iodo (g/100g)                 | 85,71      |
| Índice de saponificação (mg KOH/g)      | 181,58     |
| Viscosidade a 40°C (mm <sup>2</sup> /s) | 45,26      |

Tabela 3: Análise físico-química do óleo das sementes da Moringa

O resultado obtido para o índice de acidez foi de 7,95 mgKOH/g, este índice é a massa de hidróxido de potássio, em miligramas, gasta na neutralização dos ácidos

graxos livres presentes em um grama de amostra de óleo. O índice de iodo foi de 85,71 mg/100g indicando o grau de insaturação do óleo, considerando que o iodo reage com as duplas ligações, verifica-se que quanto maior o grau de insaturação, maior será proporcionalmente o índice de iodo. O índice de saponificação foi de 181,58 mgKOH/g, este é o número de miligramas de KOH necessários para saponificar um grama de gordura, quanto maior o índice de saponificação, mais base será consumida. A viscosidade foi de 45,26 mm<sup>2</sup>/s a 40 °C.

Na composição do óleo da moringa encontra-se o ácido oléico significando que o óleo é adequado para obtenção de biodiesel, com um baixo teor de insaturação. Isso indica sua boa qualidade para sua estabilidade oxidativa facilitando o transporte e armazenamento (ANP, 2005).

A adição de óleos aromáticos ao ligante asfáltico é uma alternativa para reduzir a viscosidade durante as operações de usinagem e compactação, melhorando a trabalhabilidade. Por outro lado, os óleos aromáticos reduzem a consistência do ligante asfáltico, à temperatura ambiente, prejudicando sua qualidade e reduzindo o desempenho das misturas asfálticas. Por ser um óleo aromático, o resíduo de óleo de moringa pode atuar como óleo extensor. Entretanto, deve ser adicionado em proporções adequadas, dependendo da concentração do óleo e da consistência do ligante asfáltico base.

### 3.2 Ensaio de penetração e ponto de amolecimento

Na Tabela 4 e na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos Ensaio de Ponto de Amolecimento e de Penetração para as amostras estudadas.

| Ponto de Amolecimento | Tipo de Ligante |                      |                     |                       |                     |                       |                     |
|-----------------------|-----------------|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                       | CAP PURO        | CAP +0,5% de moringa | CAP + 1% de moringa | CAP + 1,5% de moringa | CAP + 2% de moringa | CAP + 2,5% de moringa | CAP + 3% de moringa |
| <b>Média</b>          | <b>50,7</b>     | <b>49,55</b>         | <b>49,2</b>         | <b>47,3</b>           | <b>46,7</b>         | <b>46,1</b>           | <b>43,2</b>         |

Tabela 4: Resultados do ensaio de Amolecimento: CAP Puro; CAP + moringa variando de 0,5, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% e 3%

| Penetração   | Tipo de Ligante |                       |                     |                       |                     |                       |                     |
|--------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|              | CAP PURO        | CAP + 0,5% de moringa | CAP + 1% de moringa | CAP + 1,5% de moringa | CAP + 2% de moringa | CAP + 2,5% de moringa | CAP + 3% de moringa |
| <b>Média</b> | <b>56,6</b>     | <b>56,9</b>           | <b>67,8</b>         | <b>75,5</b>           | <b>89,2</b>         | <b>90,6</b>           | <b>99,4</b>         |

Tabela 5: Resultados do ensaio de Penetração: CAP Puro; CAP + moringa variando de 0,5, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% e 3%

O CAP Puro apresenta penetração compatível com a sua classificação. A adição sucessiva de óleo de moringa ao CAP Puro teve como resultados a diminuição do ponto de amolecimento e aumento da penetração.

A partir dos dados de penetração e do ponto de amolecimento, calculou-se a susceptibilidade térmica, pela equação 1, que é a forma de estimativa da susceptibilidade térmica dos ligantes que consta da resolução da ANP e na Tabela 6 estão apresentados

os resultados do IP (Índice de Suscetibilidade Térmica ou Índice de Penetração) das amostras estudadas.

(eq.1)

$$IP = \frac{500 \log(P)+20 PA-1951}{120-50 \log(P)+PA} \quad (\text{eq.1})$$

| Índice de susceptibilidade térmica | Tipo de Ligante |                       |                     |                       |                     |                       |                     |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                                    | CAP PURO        | CAP + 0,5% de moringa | CAP + 1% de moringa | CAP + 1,5% de moringa | CAP + 2% de moringa | CAP + 2,5% de moringa | CAP + 3% de moringa |
| Valor                              | -0,729          | -1,008                | -0,662              | -0,899                | -0,6044             | -0,7397               | -1,3943             |

Tabela 6: Resultados do Índice de Suscetibilidade Térmica: CAP Puro; CAP + moringa variando de 0,5, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% e 3%

As adições de óleo nas misturas até o valor de 3% apresentaram valores de susceptibilidade térmica compatíveis com a especificação da norma brasileira que classifica os CAPS numa faixa admissível para o IP entre (-1,5) e (+0,7), indicando os resultados uma baixa susceptibilidade térmica para as amostras estudadas.

### 3.3 Ensaio de Viscosidade Brookfield

Os resultados do ensaio com o equipamento da Brookfield permitiram analisar a influência da adição do óleo de moringa sobre o comportamento mecânico do CAP, uma vez que, com o auxílio deste, foi possível obter a variação da viscosidade com o acréscimo dos teores de óleo (Figura 1)

A partir dos dados foi possível estabelecer uma relação direta entre o acréscimo de óleo de Moringa e as variações das temperaturas de compactação e de usinagem das respectivas misturas asfálticas .

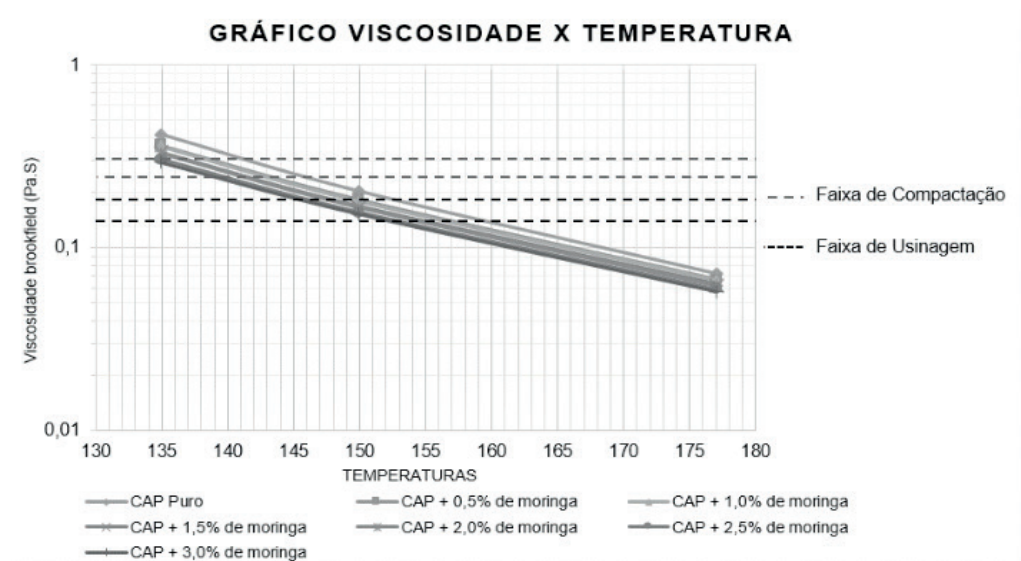


Figura 1: Curvas variação da viscosidade Brookfield em função das temperaturas dos CAPs estudados

Os resultados indicam que o acréscimo de óleo de moringa tem influência preponderante na diminuição da viscosidade do CAP e, portanto, na diminuição das temperaturas de compactação de usinagem das misturas asfálticas estudadas. Tal efeito proporcionou uma diminuição da temperatura de usinagem da mistura asfáltica (Norma da AASHTO T-312) em torno de 10°C para o maior teor de óleo de Moringa.

A alteração dos parâmetros de consistência do CAP com adição do óleo da moringa é influenciada pelas propriedades do ácido oléico, ácido graxo presente em grande quantidade nesta, que promove as interações intermoleculares como forças Van der Waals que se acentuam devido a molécula possuir uma grande massa molecular. No entanto, foi observada uma redução significativa na viscosidade, essa diminuição está relacionada à reação de transesterificação do óleo, sendo que o principal objetivo desta reação é diminuir este parâmetro. Além disso, a molécula apresenta uma insaturação com conformação da característica de ácidos graxos (ALLINGER et al., 1978) o que pode ajudar a diminuir a viscosidade devido o enfraquecimento das forças de dispersão e ao empacotamento das moléculas que é melhorado pela rigidez que essa conformação impõe a molécula.

Souza (2012) estudou a incorporação do óleo da Mamona em ligantes asfálticos para fabricação de misturas mornas com teores de óleo variando de 2 a 9% em peso. O autor adotou, tal qual o utilizado nesta pesquisa, as mesmas metodologias básicas baseada em estudos realizados por Faxina (2006). Os resultados encontrados pelo autor para a adição de óleo de mamona próximos dos 9% correspondem as características similares aos teores de 3% de moringa.

Ribeiro (2011) estudou misturas mornas com adição do líquido da castanha de caju variando de 0,5 a 2% em peso no ligante asfáltico convencional. O autor obteve maiores reduções de viscosidade para a adição de 2% do líquido, e os resultados de caracterização física dos asfaltos modificados foram compatíveis com o observado para a adição de 1% de óleo da moringa.

Estes fatos comprovam a eficácia da incorporação da moringa para reduzir a viscosidade e conseqüentemente minimizar os gastos de energia dos procedimentos aos quais são submetidos.

### **3.4 Estufa de Efeito de Calor e Ar de Filme Fino Rotativo (RTFOT)**

- Perda de massa antes e após o RTFOT

Na Tabela 7 estão apresentados os valores medição da perda de massa antes e após o envelhecimento por meio da Estufa de Efeito de Calor e Ar de Filme Fino Rotativo (RTFOT), em que os resultados se encontram dentro da norma vigente (DNIT 095/2006 e ANP, 2005).

| RTFOT                | Tipo de Ligante |                          |                        |                          |                        |                          |                        |
|----------------------|-----------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
|                      | CAP PURO        | CAP + 0,5%<br>de moringa | CAP + 1%<br>de moringa | CAP + 1,5%<br>de moringa | CAP + 2%<br>de moringa | CAP + 2,5%<br>de moringa | CAP + 3%<br>de moringa |
| Varição de massa (%) | 0,0368          | 0,04538                  | 0,0436                 | 0,0573                   | 0,0507                 | 0,0414                   | 0,0433                 |

Tabela 8: Resultados da perda de massa antes e após o RTFOT

Observa-se que a amostra de ligante puro foi a que apresentou menor perda de massa. Os demais ligantes modificados por moringa tiveram aumento de perda de massa, muito provavelmente devido as características antioxidantes e suas propriedades tensoativas, no caso de agente rejuvenescedor. Entretanto, os asfaltos modificados apresentaram perda de massa inferior ao preconizado por norma.

- **Ponto de Amolecimento e Penetração após o RTFOT**

A Figura 2 e a Figura 3 mostram o comparativo entre as amostras antes e após o RTFOT para os ensaios de Ponto de Amolecimento e Penetração, respectivamente.

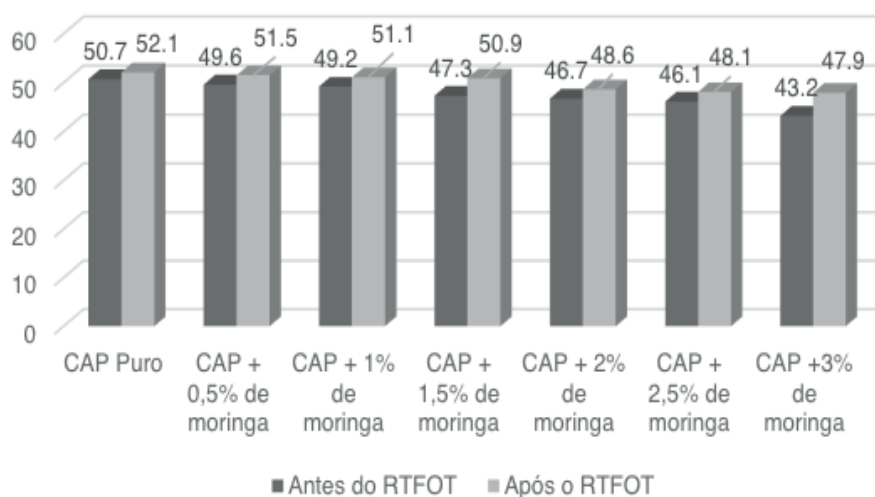


Figura 2: Análise do ponto de amolecimento antes e após o RTFOT dos CAPs estudados

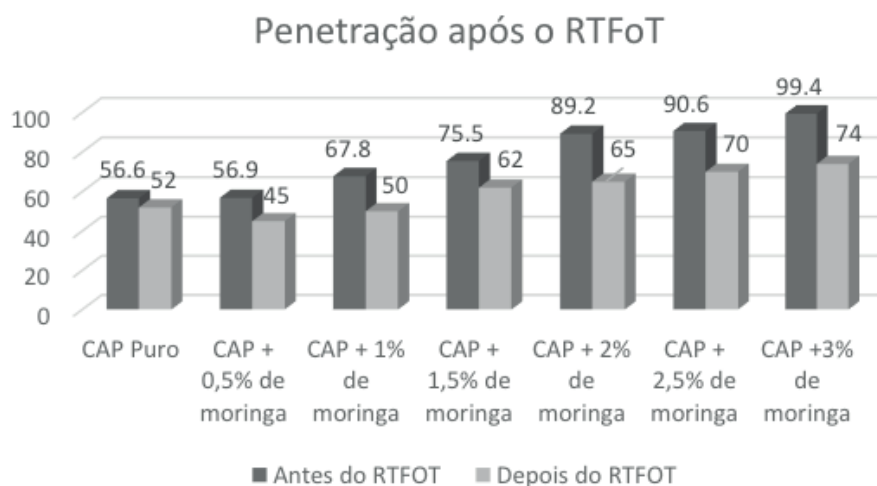


Figura 3: Análise da Penetração antes e após o RTFOT dos CAPs estudados

Observa-se que ao misturar os rejuvenescedores ao CAP puro, todas as misturas tiveram seu ponto de amolecimento diminuído em relação a este CAP original. Este fato é devido à viscosidade dos rejuvenescedores serem menores que o ligante, que após ser misturado com aditivos, acaba por ter sua consistência modificada, favorecendo o aumento da temperatura a qual faz com que o material amoleça. Na avaliação após envelhecimento em estufa RTFOT, observa-se que ocorreu aumento de consistência proporcionado pela oxidação e perda de voláteis devido à exposição de oxigênio e altas temperaturas. Isso conferiu maior consistência e temperatura de amolecimento ao ligante asfáltico.

Verifica-se que o CAP puro envelhecido teve uma pequena variação em seu valor da penetração, comparando o ensaio antes e depois do RTFOT. É possível observar que a adição dos rejuvenescedores favoreceu o aumento da consistência da mistura, conferindo menores valores de penetração.

O óleo da moringa proporcionou à mistura antes do RTFOT uma penetração muito elevada no teor de 3% o que inviabiliza o uso do material nesta porcentagem. Ao fazer a comparação entre o ensaio antes e depois do RTFOT, nota-se uma variação considerável do valor da penetração, ficando o valor de penetração no material com adição do óleo abaixo do valor do CAP envelhecido (CAP puro) após o RTFOT. Todos os rejuvenescedores utilizados pela pesquisa proporcionaram aumento na penetração, mas quando submetido ao envelhecimento em curto prazo a penetração diminuiu consideravelmente.

Brock (1996) comenta que as mudanças nas características de consistência ocorrem devido à exposição à temperatura e oxigênio. Essas mudanças, juntamente com os fatores que governam a velocidade de reação e seus eventuais efeitos, são de fundamental importância para a qualidade do ligante asfáltico e para o sucesso da produção de uma mistura asfáltica

### **Viscosidade Brookfield**

A Figura 4 apresenta o comparativo entre as viscosidades Brookfield antes e após o RTFOT, constatando o aumento das viscosidades dos ligantes asfálticos após o envelhecimento realizado, ressaltando também, a diferença entre as viscosidades dos diferentes tipos de ligantes asfálticos pesquisados em que o elevado percentual de ácido oleico no óleo da moringa implica em um baixo teor de insaturações, o que tem reflexo direto e muito positivo em sua estabilidade à oxidação.



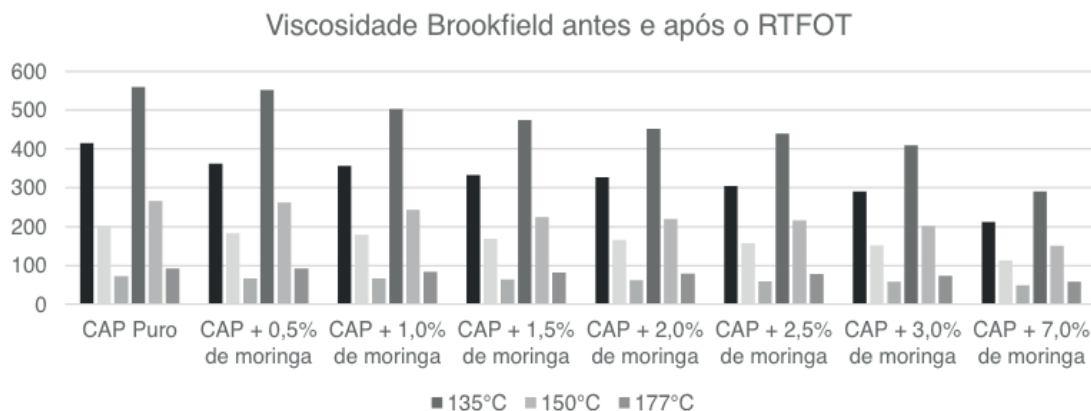


Figura 4: Análise das viscosidades Brookfield antes e após o RTFOT dos CAPs estudados

Verifica-se pela Figura 4 que todos os materiais após o envelhecimento apresentaram aumento da viscosidade, este aumento de viscosidade se deve a perda de frações leves e oxidação do material quando este é submetido à temperatura mais elevadas provocando o endurecimento do material e conseguinte aumento de sua viscosidade, comprovado pelo ensaio de perda de massa (RTFOT).

#### 4 | CONCLUSÕES

Nesse estudo foi realizada uma análise das propriedades físicas de misturas asfálticas modificadas por teores de óleo da moringa (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3%), em que pode-se inferir, a partir dos experimentos e da fundamentação teórica que:

- o óleo de moringa possui um grande percentual de ácido oleico, cerca de 78%, indicando que esse óleo possui um baixo teor de instaurações, o que tem reflexo direto e muito positivo em sua estabilidade a oxidação;

- para o Ponto de Amolecimento, a adição do óleo levou a resultados inferiores ao CAP Puro 50/70 devido à viscosidade dos rejuvenescedores serem menores que o ligante, que após ser misturado com aditivos, acaba por ter sua consistência modificada, favorecendo o aumento da temperatura a qual faz com que o material amoleça;

- para a Penetração, a adição do óleo levou ao aumento dos valores referentes ao CAP Puro e para os teor de 3% impossibilita o uso do material nessa porcentagem, no entanto a susceptibilidade térmica entre os teores de 0,5% e 3% de óleo atenderam a preconização da ANP (Agencia Nacional de Petróleo e Energia).

- para o ensaio de Viscosidade Brookfield, a adição do óleo levou a resultados de viscosidade inferiores ao CAP puro 50/70. Esta característica tornou-se fator promissor, já que a adição do óleo de moringa proporciona a mistura melhor trabalhabilidade, e consequentemente na redução das temperaturas de usinagem e de compactação e este fato reflete em melhoria na trabalhabilidade das misturas asfálticas, garantindo assim, um teor especificado de adição deste óleo sobre as propriedades mecânicas



das misturas asfálticas e na economia dos custos efetivos para a produção e execução da mistura na pista.

-para o envelhecimento por meio da Estufa de Efeito de Calor e Ar de Filme Fino Rotativo (RTFOT), observou-se um aumento da consistência dos ligantes com a adição do óleo, devido principalmente as propriedades tensoativas da moringa a partir das análises dos ensaios de penetração e amolecimento.

Portanto, podemos inferir que a redução de 10°C nos processos de usinagem e compactação da mistura, devido à adição de 3,0% de óleo de moringa, mostra que o óleo de moringa é um promissor aditivo para as misturas asfálticas a quente. Entretanto, ressalta-se que a adição do óleo da moringa deve ser efetuada para teores no intervalo compreendido entre 0,5% a 1%, pois nestes teores ocorre uma diminuição significativa das temperaturas de usinagem e compactação sem comprometer o desempenho do ligante asfáltico, inclusive quanto ao envelhecimento.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela manutenção da bolsa, PIBIC; ao Laboratório de Engenharia de Pavimentos (LEP) do Departamento de Engenharia Civil; a Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior (Atecel) pela estrutura e equipamentos disponibilizados para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AASHTO: AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO T-312: *Preparing and Determining of Density of Hot Mix Asphalt (HMA) Specimens by Means of The Superpave Giratory Compactor – 2010*

ABNT NBR 6576/00 – Materiais Betuminosos – Determinação da Penetração

ABNT NBR 6576/00 – Materiais Betuminosos – Determinação do Ponto de Amolecimento – Método do anel e bola.

ALLINGER, N. L.; CAVA, M. P.; JONGH, D. C.; JOHNSON, C. R.; LEBEL, N. A.; STEVENS, C. L.; **Química Orgânica**, Ed. Guanabara: Rio de Janeiro, v16 p 964, 1978

ANP (2005). Agência Nacional de Petróleo. Resolução ANP N°19, de 11 de julho de 2005.

ASTM – American Society for Testing and Materials (2002) D4402 *Standard Test Method for Viscosity Determinations of Unfilled Asphalts Using the Brookfield Thermosel Apparatus.*

Brock, J.D. (1996). Boletín Técnico T – 103 S – Oxidación Del Asfalto. Astec Industries, Inc, EUA.

ESPLAR; **Moringa**. Disponível em ://www.esplar.org.br/publicacoes/moringa.htm>. Acesso em: 23 Nov. 2013.

FAXINA, L.A. **Estudo da viabilidade técnica do uso do resíduo de óleo de xisto como óleo extensor em ligantes asfalto-borracha**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

KANDHAL, P.S. warm mix asphalt technologies: an overview. In **Journal of the Indian Roads Congress**, 2010.

KOENDERS, B. G.; STOKER, D. A.; BOWEN, C.; de GROOT, P.; LARSEN, O.; HARDY, D.; WILMS, K. P. Innovative processes in asphalt production and application to obtain lower operating temperatures. In: CONGRESSO EURASPHALT & EUROBITUME. 2º. **Anais...** Barcelona, Espanha Set. 2000.

MIRZA, M. W. & WITCZAK, M. W., 1995, *Development of a Global Aging System for Short and Long Term Aging of Asphalt Cements*, *Proceeding*, Association of Asphalt Paving Technologist, AAPT, vol 64, vol 74 pg. 393-430.

NEWCOMB, D. **Na introduction to warm-mix-asphalt**. 2006. National Asphalt Pavement Association, Lanham. Disponível em: <<http://fs1.hotmix.org>> Acesso em: 22 Jan. 2013

NYNAS (2009). “**Asfalto templado, semi-templado y frío: el caso a favor de lasostenibilidad**”. NynasBitumen Magazine: Performance; 2009.

Otto, G. G. **Misturas asfálticas mornas: verificação da fadiga e do módulo complexo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009

RANGEL, M. S. **Moringa Oleífera**: um purificador natural de água e complemento alimentar para o nordeste do Brasil. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A10moringa.htm>>. Acesso 2 Nov. 2013.

RIBEIRO, E.A. O efeito da modificação de ligante asfáltico com o líquido da castanha de caju (LCC) na resistência ao dano por umidade em misturas asfálticas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011

RURAL BIOENERGIA. Disponível em: <<http://www.ruralbioenergia.com.br/default.asp?tipo=1&secao=moringa.asp>> Acesso em: 02 Nov. 2013.

SOUZA, J.L.S. **Estudo das Propriedades Mecânicas de Misturas Asfálticas com Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado com Óleo de Mamona**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

## O ENSINO DA SUSTENTABILIDADE NA FORMAÇÃO DO ADMINISTRADOR

*Data de aceite: 20/12/2019*

**Jairo de Carvalho Guimarães**

**Geovana de Sousa Lima**

**Shauanda Stefhanny Leal Gadêlha Fontes**

**RESUMO:** O trabalho discute a importância da inserção do ensino da Sustentabilidade no Curso de Administração, cuja relevância foi mensurada a partir do ponto de vista dos graduandos dos períodos letivos finais, considerando que a temática tem pautado os discursos acerca das tensões envolvidas no processo de reorganização empresarial em direção a um ambiente mais equilibrado. Como futuro gestor, o discente precisa pensar as questões ambientais como necessárias na condução das organizações, tendo em vista que recaem sobre as empresas parte das responsabilidades pertinentes aos impasses ambientais. A pesquisa teve abordagem qualitativa-quantitativa, de natureza descritiva, com uso do survey. Foram entrevistados estudantes do 6º, 7º e 8º períodos, os quais expuseram suas concepções sobre Sustentabilidade, relatando de que maneira poderiam influenciar, enquanto gestores, outras pessoas no sentido de adotarem práticas sustentáveis, promovendo atitudes benéficas para a sociedade e, como consequência ideal

em um contexto cooperativo, equilibrado e justo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Formação. Administração. Meio Ambiente. Sustentabilidade.

### THE TEACHING OF SUSTAINABILITY IN THE TRAINING OF THE ADMINISTRATOR

**ABSTRACT:** The paper discusses the importance of the insertion of Sustainability teaching in the Management Course, whose relevance was measured from the point of view of the students in the final academic periods, considering that the theme has been the discourse about the tensions involved in the process of corporate reorganization towards a more balanced environment. As a future manager, the student needs to think about environmental issues as necessary in the management of organizations, given that companies share in the responsibilities related to environmental impasses. The research had a qualitative-quantitative approach, of descriptive nature, using the survey. Students from the 6th, 7th and 8th periods were interviewed, who presented their conceptions on Sustainability, reporting how they could influence, as managers, other people to adopt sustainable practices, promoting attitudes beneficial to society and, as an ideal consequence in a cooperative, balanced and fair context.

**KEYWORDS:** Formation. Administration.

## 1 | INTRODUÇÃO

Quem tem acompanhado a realidade do Brasil tem noção de que estes últimos três anos advieram acompanhados de um conjunto de problemas políticos, econômicos e sociais que não deixarão de constar nos debates e nos discursos históricos do país. Tomando como ponto de partida este cenário – carregado de desequilíbrios, injustiças, perdas, descontrole e desmandos – algumas pessoas têm encontrado no Ensino Superior de Administração uma oportunidade para desenvolver habilidades e competências que estão sendo exigidas não apenas no universo econômico – mercado de trabalho – mas, sobretudo, no ambiente social, o qual está intrinsecamente conectado com as questões que se imbricam com os dilemas políticos e antropológicos.

Para adquirirem tais predicativos, que são úteis tanto para a inserção no mercado, quanto para o processo de tomada de decisões, é necessário que os administradores carreguem consigo a ideia de que as atenções não devem estar voltadas apenas para a viabilidade econômica, mas também para fatores relacionados às dimensões sociais, políticas e ambientais, com permanente foco na Sustentabilidade.

Em seu processo formativo, espera-se que o administrador apreenda habilidades e noções que possam contribuir para a condução de procedimentos e decisões visando ao equilíbrio das dimensões envolvidas. É, por assim dizer, uma necessidade, na relação ensino-aprendizagem, que o graduando se aperceba da relevância das questões ambientais no instante em que estiver diante de situações que exijam perspicácia, inteligência, maturidade e uma considerável dose de intuição, porque, até para intuir, faz-se indispensável dispor de um arsenal cognitivo consubstanciado.

Com fundamento neste esboço, Rotta, Batistela e Ferreira (2017, p. 2-3) trazem uma ideia que coaduna com a vigente concepção, cujo ponto central diz respeito à discussão do tema Sustentabilidade não apenas no trajeto de uma disciplina, mas no contexto interdisciplinar e pluridisciplinar:

O futuro profissional estará apto não apenas a conhecer, aplicar e desenvolver tecnologias, mas também a avaliar seus impactos sobre o Meio Ambiente, e, para que tais objetivos não sejam apenas retóricos, as disciplinas devem ser contempladas não só nas ementas, mas com uma equipe de professores que desenvolverá a proposta de formação que trabalhará coletivamente de forma a articular a integração dos conhecimentos respeitando as diversas áreas de conhecimento acadêmico que compõem a turma [...].

Para Oliveira (2011, p. 103), o mundo do trabalho “engloba não só o conjunto de

relações histórico-sociais instituídas, como também as que a escola, atuando junto a outros protagonistas (associações, sindicatos etc.), pode contribuir para instituir”, ao passo que mercado de trabalho representa uma “expressão típica do discurso empresarial”. Seja em qual dimensão for – mundo e mercado – torna-se imperioso discutir e envidar esforços no sentido de destinar energias visando ao centralismo da temática Sustentabilidade, não por um mero modismo, mas pelo aspecto fulcral que o tema desempenha no contexto da globalização. Em reforço ao quadro vigente, Kuzma et al. (2016), apontam que o estudo da Sustentabilidade passou a ser inserido no âmbito acadêmico e na composição do Ensino Superior como resultado de uma necessidade social, retratado na carência para capacitar novos profissionais aspirando a trabalhar com os desafios lançados pelas naturais contingências do mercado de trabalho.

Shrivastava (2010), por seu turno, confirma isto, ao dizer que, as diversas mudanças que o planeta vem passando, bem como a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais têm sido um dos fatores que motivaram as pessoas a adotar uma postura diferente, em relação a estas transformações, em uma conjuntura global.

Tendo em vista que a temática em questão tem sido bastante discutida no meio acadêmico, com considerável ênfase nos Cursos de Graduação subordinados ao campo das Ciências Sociais Aplicadas, os quais exigem dos futuros profissionais uma visão holística e focada na solução dos problemas emergentes, surge a seguinte indagação: Qual a importância de apreender, compreender e discutir a temática Sustentabilidade no Curso de Administração com vistas a desenvolver práticas e intervenções capazes de repensar o modelo capitalista vigente, sem abrir mão do propósito fulcral das organizações – o lucro?

Diante do problema considerado, este trabalho tem como objetivo geral Descrever a importância do conhecimento, apreensão e estudo da Sustentabilidade no processo formativo dos futuros administradores.

Tomado o propósito central delineado como ponto de partida, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: a) Descrever as concepções de Sustentabilidade dos alunos de Administração da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Amílcar Ferreira Sobral (CAFS); b) Explicar como a utilização de ações sustentáveis podem beneficiar as empresas e a sociedade em geral sob a ótica dos estudantes de Administração, e c) Interpretar como os efeitos do conhecimento de Sustentabilidade podem ajudar os futuros administradores a influenciar outras pessoas visando à mudança de mentalidade e de comportamento necessários com o propósito de definir novos paradigmas e modelos em benefício de um ambiente sustentavelmente harmônico e cooperativo.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os debates atuais acerca do modelo ideal que os países e as organizações

podem adotar para mitigar os impactos ambientais vêm demonstrando as dificuldades para se encontrar um ponto convergente que possa definir minimamente – visto que o consenso está longe de ser considerado, quando tais atores são convocados a discutir a temática ambiental – os encaminhamentos em busca de um mundo harmonicamente viável em termos sustentáveis. A questão da Sustentabilidade promove controvérsias discursivas – e o mais grave, atitudes contraditórias – em razão das implicações que há no universo cartesiano, capitalista e globalizante vigente. O foco pelo progresso desmedido tem, de certo modo, resvalado em condutas repreensíveis por parte dos empresários e dos políticos.

Para muitos, por vezes alheios ao que de fato tem acontecido na dimensão ambiental, as questões que dizem respeito ao Meio Ambiente tem importância menor. Todavia, não se pode aventar tal insipiência no universo acadêmico, onde, naturalmente, emergem as grandes intervenções que os mundos social, político, econômico, antropológico e ambiental têm conhecido.

A universidade tem o papel de transformar realidades, discutir posições, para então repensá-las em seu aspecto pragmático, incube-se, ainda, do fomento ao espírito científico e aos novos desvelamentos – sociológicos, políticos, antropológicos – e, também, à contribuição para a formação do indivíduo independente, pensante, autônomo, politicamente concebido, etc. A universidade é um espaço de permanente emancipação intelectual. Na visão de Guimarães (2015, p. 36),

sem dúvida, as mudanças que o mundo do trabalho têm determinado à modernidade, resultado de um sistema perplexificado pela volatilidade das decisões, condutas, argumentações, sensações, orientações e encaminhamentos, sinalizam que os trajetos não são desenhados, em muitos casos, com base em uma necessidade coletiva, mas sobretudo a partir de acomodações individualizadas, em um pêndulo que distorce e confunde, por vezes, espaço e tempo, em um processo oscilatório onde o que menos se petrifica é a certeza, o que menos se imagina é o óbvio, o que mais se desvela é o inesperado.

Reconhece-se que o Curso de Administração, no ambiente das Ciências Sociais Aplicadas, tem como objetivo precípua a formação do indivíduo aspirando à solução dos problemas organizacionais, não prosperando a ideia de que tais problemas podem não estar relacionados com as questões ambientais, visto que todas as organizações, sem quaisquer exceções, demandam recursos naturais para desenvolver suas atividades. Pensar na Sustentabilidade torna-se, portanto, uma necessidade das empresas, uma obrigação dos Governos, uma questão de Política Pública. Tratar o tema sob uma matriz acanhada e dominada por “especialistas” no campo é temerário, daí a importância de discutir a Sustentabilidade sob a perspectiva interdisciplinar, como propõem Santos, Souza e Moreira (2017).

Diante do dilema de formar um futuro administrador capaz de deter habilidades, conhecimentos, poder decisório e, especialmente, atitude para encarar, dar o devido tratamento e tomar posição com vistas à solução das questões que podem,



naturalmente, impedir o fluxo regular do processo produtivo, do relacional e de manutenção do negócio, recorre-se ao que é definido, sob a perspectiva da construção do currículo do Curso de Bacharelado em Administração, a Resolução nº 04, de 13 de julho de 2005, do Conselho Nacional de Educação (BRASIL, 2005), o qual, em seu artigo 3º, assinala:

O Curso de Graduação em Administração deve ensejar, como perfil desejado do formando, capacitação e aptidão para compreender as questões científicas, técnicas, sociais e econômicas da produção e de seu gerenciamento, observados níveis graduais do processo de tomada de decisão, bem como para desenvolver gerenciamento qualitativo e adequado, revelando a assimilação de novas informações e apresentando flexibilidade intelectual e adaptabilidade contextualizada no trato de situações diversas, presentes ou emergentes, nos vários segmentos do campo de atuação do administrador.

No curso desta análise e no que se refere às atribuições que devem ser implantadas ao administrador contemporâneo, é relevante destacar o que preconiza o artigo 4º da Resolução já mencionada (BRASIL, 2005, p. 2): “O Curso de Graduação em Administração deve possibilitar a formação profissional que revele, pelo menos, as seguintes competências e habilidades”:

I – Reconhecer e definir problemas, equacionar soluções, pensar estrategicamente, introduzir modificações no processo produtivo, atuar preventivamente, transferir e generalizar conhecimentos e exercer, em diferentes graus de complexidade, o processo da tomada de decisão;

II – Desenvolver expressão e comunicação compatíveis com o exercício profissional, inclusive nos processos de negociação e nas comunicações interpessoais ou intergrupais;

III – Refletir e atuar criticamente sobre a esfera da produção, compreendendo sua posição e função na estrutura produtiva sob seu controle e gerenciamento;

IV – Desenvolver raciocínio lógico, crítico e analítico para operar com valores e formulações matemáticas presentes nas relações formais e causais entre fenômenos produtivos, administrativos e de controle, bem assim expressando-se de modo crítico e criativo diante dos diferentes contextos organizacionais e sociais;

V – Ter iniciativa, criatividade, determinação, vontade política e administrativa, vontade de aprender, abertura às mudanças e consciência da qualidade e das implicações éticas do seu exercício profissional;

VI – Desenvolver capacidade de transferir conhecimentos da vida e da experiência cotidianas para o ambiente de trabalho e do seu campo de atuação profissional, em diferentes modelos organizacionais, revelando-se profissional adaptável;

VII – Desenvolver capacidade para elaborar, implementar e consolidar projetos em organizações; e

VIII – Desenvolver capacidade para realizar consultoria em gestão e administração,



pareceres e perícias administrativas, gerenciais, organizacionais, estratégicos e operacionais.

Torna-se imperioso que as instituições educacionais ofereçam suporte para que os discentes possam somar tais predicativos aos seus currículos. Com vistas a formar profissionais conscientes, humanizados e detentores de diferenciais, alguns centros universitários têm encontrado na inserção do ensino da Sustentabilidade um meio necessário para que o alunado passe a repensar no modo de agir, ao passo em que contribuem para que as reformas no modelo educacional aconteçam. Este pensamento vai de encontro às palavras de Gadotti (2008), quando expõe que

o conceito de Sustentabilidade na educação pode ter um impacto positivo não só no que se refere aos indivíduos, mas também nas necessárias mudanças do sistema educacional. Assim, podemos falar de um impacto no nível legal, reformas educacionais, curriculum, conteúdos, e no nível pessoal do compromisso, do engajamento de uma vida mais sustentável (GADOTTI, 2008, p. 76-77).

Marcomin e Silva (2009) corroboram com a reflexão de Gadotti (2008), pois relatam que a missão da educação e da comunidade acadêmica em geral deve ser reorientada em função dos novos paradigmas emergentes, como é o caso da sensibilização e conscientização do universo acadêmico sobre a importância da Sustentabilidade ambiental. Assim, diante do exposto, esta pesquisa pretendeu contribuir para a discussão sobre a relevância da temática Sustentabilidade no contexto do Curso de Administração, na medida em que se busca mostrar a importância de formar profissionais com conhecimentos, habilidades e competências necessárias para apreender a Sustentabilidade como tema inadiável no bojo das atividades de gestão que os mesmos desenvolverão futuramente, assim que forem acionados a decidir. Neste aspecto, Santos, Souza e Moreira (2017, p. 161) reforçam a ideia de que as questões ambientais devem ter prioridade nas ações modernas, sob pena de sério risco à manutenção das gerações futuras. Afirmam os autores que

a sociedade contemporânea é marcada por inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais. Má distribuição de renda e de riquezas, má qualidade da saúde e da educação, condições ruins de moradia estão entre alguns desses problemas. No entanto, os que mais causam transtornos nos últimos anos são os relacionados ao ambiente – como falta de água, poluição, pouca disponibilidade de recursos naturais – que acarretam vários outros problemas para a sociedade. Problemas esses que, se resolvidos, ou melhor **“administrados”** (grifo dos autores), podem favorecer o desenvolvimento social, no sentido da formação de comunidades mais justas e ambientalmente equilibradas.

Em discussão o PPC – Projeto Pedagógico do Curso de Administração do CAFS, que oferta a disciplina Gestão Ambiental em seu 5º período, e de acordo com o pensamento de Juliano, Melo e Marques (2017, p. 677),

preconiza-se que projetos pedagógicos são processos coletivos que relevam os interesses da comunidade acadêmica e as atividades educativas necessárias para atingir os objetivos definidos, constituindo-se também espaços de diálogo que manifestam a visão de mundo e de sociedade da instituição de ensino e, portanto, superam a ideia reducionista de mero documento pragmático de um determinado curso.

Neste aspecto, tem-se que o tema Sustentabilidade permeia não apenas uma disciplina que, por si só, é incapaz de coabitar com tantos matizes que o assunto estimula, motivo pelo qual se revela primordial a ação interdisciplinar para constituir, de maneira substantiva, um meio factível de apreender, compreender e discutir o tema no ambiente acadêmico, visto que a sociedade é protagonista no processo de formação desta mentalidade. Assim, a discussão sobre Sustentabilidade compreende conceitos como cultura, ética, economia, sociologia, política e ecologia (JULIANO; MELO; MARQUES, 2017), cujo tratamento será dado a seguir.

## 2.1 Alguns conceitos de Sustentabilidade

As empresas estão cada vez mais atentas que a adoção de medidas sustentáveis vem sendo pautada no universo das corporações, e a aderência dessas práticas além de serem bastante expressivas, por conta dos benefícios sociais, ambientais e econômicos, também têm gerado para as organizações um diferencial positivo em relação àquelas que não adotam. Uma empresa que busca por práticas sustentavelmente corretas deve possuir esse princípio na sua missão, visão e valores organizacionais, e com isto, converter as ações em estratégia (FROEHLICH; BITENCOURT, 2016). A Sustentabilidade, em sua definição, engloba um processo de constante transformação, que é essencialmente multidimensional, pois comporta aspectos em permanente discussão (FROEHLICH; BITENCOURT, 2016).

Entende-se que o conceito de Sustentabilidade assemelha-se com o melhor desenvolvimento e desempenho social, ambiental e econômico, mesmo que a longo prazo. Por isso, novos saberes, práticas, posturas e aprendizados são necessários à formação de administradores, gestores e líderes, para estimular uma visão de consumo diferenciada, procurando minimizar a exploração de recursos naturais, competição de mercados, uma melhor colaboração entre parceiros, estabelecendo relações éticas nas estruturas de poder (KUZMA et al., 2016). A partir da terminologia vigente, surgem novos termos, como o de desenvolvimento sustentável e o de Sustentabilidade empresarial.

De acordo com Froehlich & Bitencourt (2016), no contexto de comissões internacionais e governos, utiliza-se a expressão “desenvolvimento sustentável” e, no contexto empresarial, é utilizada a expressão “Sustentabilidade empresarial”. Desenvolvimento sustentável remete à ideia de eficiência econômica, equilíbrio do Meio Ambiente e equidade social, enquanto que o de Sustentabilidade empresarial induz a um novo modelo de gestão de negócios que leva em conta, no processo de tomada

de decisão, além do pilar econômico, os pilares ambiental e social (FROEHLICH; BITENCOURT, 2016).

Além dos já mencionados, o termo Responsabilidade Social é amplo e equivale àquelas empresas que buscam naturalmente alcançar o lucro, mas que ao mesmo tempo se preocupam com o Meio Ambiente e com a sociedade em geral, considerando um elo indispensável no processo de tomada de decisões. Sustentabilidade representa viver de forma harmônica com o Meio Ambiente, onde o modo de vida deve ser justo, produtivo e sustentável, levando em consideração que o sentido que cada pessoa dá à sua vida é o mesmo sentido que é construído para um contexto ainda mais amplo – o planeta.

Diante do exposto, é possível extrair que a insustentabilidade planetária decorre das práticas humanas insustentáveis, e apenas um modo de vida voltado para o equilíbrio com o ambiente seria o caminho para desviar o planeta da rota de extermínio (GADOTTI, 2008). Conforme apontam Juliano, Melo e Marques (2017, p. 679), a concepção geral de desenvolvimento sustentável propugna que “[...] a dimensão ambiental se refere à minimização da depleção de recursos naturais; a econômica à manutenção do crescimento produtivo através do progresso tecnológico contínuo; e a social à promoção da inclusão social por meio da redução da pobreza”, ou seja, trata-se do mainstream vigente nos ambientes empresarial e acadêmico, embora a essência do termo esconda muito mais do que se propaga e, supostamente, aplica-se de fato, visto que, grosso modo, esta conciliação de fatores implica a adoção de comprometimento redobrado por parte das organizações.

Por esta razão, o discurso anda desalinhado com a prática. É importante diagnosticar se o que se discute em sala de aula está alinhado com o que pensam as organizações em sentido pragmático.

## **2.2 As demandas organizacionais inspiram os discentes a repensarem sua formação?**

Conhecer e apreender o que pensam as organizações é um caminho inteligente a ser percorrido pelos futuros administradores. Compreender que estratégias têm adotado as corporações não é uma forma apenas de ampliar o conhecimento é, antes de qualquer conjectura, entender que uma empresa não vive isolada do universo socioeconômico. Almejar o lucro é uma meta – quantitativa –, mas fomentar o fortalecimento das relações entre o business e as demandas sociais – qualitativo – impõe mais do que a mera visão empresarial, exige sensibilidade, algo tão raro nas organizações modernas. Outro aspecto importante é que para se adequar às demandas de uma sociedade digital, as organizações devem incrementar ações inovadoras nos sistemas produtivos. Isto implica na revisão de processos, produtos e pessoas, se quiserem de fato aproximar-se da sociedade (QUINTANA et al., 2016).

Quando se apresentam na vanguarda das transformações, as universidades

tendem a repactuar os acordos com vistas a definir fronteiras de equilíbrios, sem as quais o viés transgressor costuma se sobressair. Na visão de Pedroso (2006, p. 78), “a universidade contribui para a promoção da cultura superior; é o caminho oferecido aos estudantes para que se tornem pessoas verdadeiramente notáveis – em conhecimento e em comportamento”, isto é, as universidades têm a relevante tarefa de instigar novos olhares e percepções, estruturando os modelos mentais dos discentes em prol de um mundo econômico mais humanizado. Isto perpassa pela adoção do modelo sustentável de negócios.

As pesquisas de Rosa, Oliveira e Grohmann (2017, p. 3), com base nos estudos de Iyer e Kashyap (2009), revelaram que “[...] uma das questões que está se inserindo nas decisões de investimentos é a responsabilidade socioambiental, ou seja, muitos investidores optam por alocar seus recursos em alternativas de investimentos que estejam relacionadas ao bem-estar da sociedade”, isto é, os investidores percebem a necessidade de vincular as suas ações financeiras a intervenções que resultem em bem-estar da sociedade.

Não se trata de iniciativa de um investidor social, mas de alguém com visão de futuro, atento às demandas de uma sociedade que começa a responder ativa e diretamente às empresas que não têm em seu portfólio estratégico a percepção de que o processo de Sustentabilidade perpassa pelo fortalecimento das dimensões social, econômica e ambiental.

A Gestão de Recursos Humanos é fundamental para melhorar o desempenho das organizações, assim como o de Responsabilidade Socioambiental. Estudos como o de Penha et al. (2016), mostram que os funcionários preferem trabalhar em empresas socialmente responsáveis, em função da oportunidade de crescimento pessoal, ao aprender habilidades específicas determinantes para o avanço de suas carreiras. Assim, é importante que as empresas promovam a Responsabilidade Social aspirando a garantir um ambiente positivo no desenvolvimento do trabalho dos seus colaboradores.

Conforme a exposição de Quintana et al. (2016, p.8), “para que se efetive a gestão ambiental nas organizações é necessário preparar, qualificar, investir, mudar estruturas, procedimentos e rotinas”. O essencial não é apenas a obtenção de lucros, mas uma percepção sobre os recursos naturais ao procurar medidas sustentáveis que tragam uma vantagem competitiva, e seja um diferencial para a gestão das empresas, em todos os pilares: econômico, social e ambiental.

Preconiza-se que esta pluralidade de procedimentos e medidas adotadas no ambiente organizacional pode inspirar os futuros administradores a assumirem, com determinação, motivação e visão periférica, a sua própria carreira, antes mesmo de concluir o Bacharelado em Administração, visto que as preconcepções sobre as mudanças impostas pelo modelo globalizante não está adstrito às atividades empresariais, mas, sobremaneira, ao comportamento articulado que o graduando desenvolve na academia, com efeito, as atividade de ensino, pesquisa e extensão.

## 2.3 A articulação entre ensino, pesquisa e extensão

Parece ser uma corrente de pensamento vigente a não concepção da adoção de práticas sustentáveis sem imaginar a sua aplicação efetiva num dado espaço e tempo. Sob esta premissa, a articulação entre ensino, pesquisa e extensão nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) sugere indicadores de que o discurso pode se transmutar para comportamentos factíveis e eficazes, mesmo porque as questões ambientais não prescindem da implementação de medidas emergenciais, concretas, tangíveis.

A função de destaque das IFES no processo de desenvolvimento tecnológico, na preparação de estudantes e fornecimento de informações e conhecimento, pode e precisa ser utilizado também para construir o desenvolvimento de uma sociedade sustentável e justa, por isso, a essencialidade da conexão entre ensino, pesquisa e extensão nessas instituições (TAUCHEN; BRANDLI, 2006). Por vezes, percebe-se que há uma desintegração das atividades de pesquisa, ensino e extensão na maior parte das universidades.

Alguns autores ponderam que tais atividades são indissolúveis, visto que são mutuamente inclusivas (MARCOMIN; SILVA, 2009). A articulação entre as três dimensões constitui o espaço universitário como elementar para a aplicação de teorias discutidas transversal e interdisciplinarmente no âmbito dos cursos superiores.

As IFES adotaram em suas ações as práticas sustentáveis somente a partir da década de 60, estendendo-se aos anos 70, reconhecendo-as como prática humanista, as quais deveriam ser introduzidas no sistema de gestão das organizações. Com a Conferência de Estocolmo, em 1972, emergiram inúmeras parcerias e redes de trabalho, bem como instituições voltadas a trazer a discussão sobre o desenvolvimento sustentável para o âmbito das IFES, como afirmam Engelman, Guisso e Fracasso (2009).

Marcomin e Silva (2009) apontam que o processo de sensibilização e conscientização da comunidade acadêmica sobre a importância da Sustentabilidade Ambiental – uma temática que permeia a diversidade de disciplinas e práticas acadêmicas – sejam acompanhados de uma gestão adequada, com plena cooperação entre as diversas instâncias e órgãos institucionais, entre decisores e funcionários, docentes e discentes, para que, assim, ocorra o planejamento e a adoção de práticas sustentáveis no ambiente organizacional.

A promoção da Sustentabilidade Ambiental nas Instituições de Ensino Superior demanda uma gestão integrada capaz de evitar e solucionar conflitos e de requerer a organização de um processo cooperativo que venha estimular diversos atores sociais à participação, à cooperação e à comunicação na superação de uma visão utilitarista defasada, que vê o Meio Ambiente apenas como provedor de recursos naturais (ENGELMAN; GUISSO; FRACASSO, 2009).

Conforme Tauchen e Brandli (2006, p. 504) acentuam, “a missão das IES [IFES]

são o ensino e a formação dos tomadores de decisão do futuro – ou dos cidadãos mais capacitados para a tomada de decisão”. Por possuírem experiência na investigação interdisciplinar e serem excelentes promotores do conhecimento, as IFES assumem um papel essencial na construção de um projeto de Sustentabilidade. Estes aspectos deixam evidente que as IFES devem combater os impactos ambientais gerados para servirem de exemplo no cumprimento da legislação, saindo do campo teórico para a prática (TAUCHEN; BRANDLI, 2006).

Nesse contexto, a transformação dessa sociedade insustentável requer uma mudança intelectual ética, social, ambiental e tecnológica em cada indivíduo, daí surge a necessidade da implantação da pedagogia de aprendizagem transformadora, cujo propósito é aprender a gerenciar as organizações sustentáveis, com análises profundas, para assumir uma postura crítica, considerando as normas e os valores, que envolvem a sociedade (CLOSS; ANTONELLO, 2014). Por isso, a importância da atuação das IFES utilizando as três dimensões – ensino, pesquisa e extensão – formidável para que os acadêmicos assumam uma postura sustentável nas empresas.

Closs e Antonello (2014) também desenvolvem ponto de vista acerca da equivalência entre aprendizagens significativas e emancipatórias, ao dizerem que a primeira integra conhecimentos instrumentais e comunicativos, e a segunda concretiza quando esses conhecimentos mudam o pensamento de uma pessoa sobre si mesma e sobre o mundo. Ao perscrutar este potencial, ocorre a aprendizagem transformadora, importante para que se assegurem tomadas de decisões morais em uma sociedade de rápida mudança.

Seguindo uma concepção estabelecida no campo, Closs e Antonello (2014, p. 232) afirmam que o educador assume um importante papel na aprendizagem transformadora, como auxiliar os aprendizes em seus processos de transformação de experiências, facilitando ações refletidas (SCHÖN, 2000), as quais os ajudem a superar barreiras situacionais, de conhecimento ou emocionais e que favorecem o desencadeamento de aprendizagens transformadoras. Com essa integração pode-se criar um novo caminho para a educação gerencial, de modo a desenvolver a consciência de estudantes sobre as implicações humanas e ambientais de seu trabalho, promovendo formas mais sustentáveis de gerir organizações.

Considerando esta conexão no ambiente universitário – ensino, pesquisa, extensão – reforça-se a convicção sobre a necessidade de interlocução não apenas entre docentes de um mesmo curso superior, mas entre atores de distintos campos do conhecimento. Pensar os processos sustentáveis sem a percepção de discentes e docentes das Ciências Humanas, Ciências Exatas, Ciências da Saúde, etc. implica em pensar nas mudanças sem a preocupação com os efeitos positivos que as medidas precisam causar, ou seja, a ideia estagna na fronteira do mero discurso.



### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo focou os acadêmicos do Curso de Administração da Universidade Federal do Piauí, Campus Amílcar Ferreira Sobral - CAFS.

A escolha dos sujeitos da pesquisa justifica-se pelo fato de estarem nas etapas finais de conclusão do curso, e também por terem vivenciado a disciplina Gestão Ambiental, ofertada no 5º período do Curso de Administração do mencionado campus, pressupondo-se que a vivência na mencionada disciplina pode ter contribuído para uma percepção mais acurada da relevância das questões ambientais no processo formativo do estudante e, principalmente, na constituição de uma relação profissional mais atenta às demandas da sociedade a partir de sua experiência no mercado de trabalho.

A pesquisa possui natureza descritiva-exploratória com abordagem qualitativa-quantitativa, isto porque as opiniões dos sujeitos da pesquisa foram avaliadas e, mediante interpretação, foi promovida a transcrição do sentido externado nas vozes dos entrevistados. Como opina Freitas (2011, p. 750) quanto às abordagens qualitativa e quantitativa, “[...] o importante é não se ver engessado por método algum, mas poder fazer bom uso de todas técnicas e ferramentas que os compõem, tudo a serviço da investigação que almejamos realizar, da robustez dos resultados etc.”, justificando o seu trânsito entre as duas vertentes. O importante, alega Freitas (2011), é buscar a essência do fenômeno, cujo suporte fático está assentado na honestidade interpretativa e na legitimidade das técnicas utilizadas.

A natureza descritiva precisa assegurar que seja possível conduzir o estudo de forma assertiva, levando em consideração parâmetros como a validade, a credibilidade e a correta utilização dos conceitos envolvidos, além do ajustamento aos objetivos do estudo. Na área da Administração, os estudos exploratórios têm apresentado relação direta com a abordagem qualitativa, razão pela qual se constata que as avaliações acerca da utilização da Análise de Conteúdo têm elevado os debates sobre o seu uso no campo das Ciências Sociais, conforme afirmam Silva e Fossá (2015). Diferentemente dos estudos quantitativos, assinalam Silva e Fossá (2015), que utilizam de modelos estatísticos para interpretar os dados auferidos, nas pesquisas qualitativas a Análise de Conteúdo tem respondido de maneira satisfatória na construção de caminhos metodológicos capazes de conduzir o processo interpretativo e comunicacional a bom termo, tendo em vista a necessidade da elaboração de uma estrutura concisa, sistematizada e propositiva, apta a debelar os eventuais gaps inerentes a estudos de cunho qualitativo, os quais exigem do pesquisador acurada precisão, atenção redobrada, “[...] o rigor da objetividade e a fecundidade da subjetividade” (SILVA; FOSSÁ, 2015, p. 3).

A intenção do estudo foi compreender a temática proposta por meio de aplicação de um survey. Para obter os dados, foi aplicado um questionário para os acadêmicos do 6º, 7º e do 8º períodos, cujo percentual de respostas (69,44%) contribuiu para o

encadeamento da pesquisa em busca da análise do fenômeno sob investigação.

Para responder ao problema da pesquisa e alcançar os objetivos desta investigação, optou-se pelo survey como técnica de pesquisa, tendo em vista que esta pode ser utilizada quando se pretende atingir um número considerável de pessoas, e quando a abordagem da pesquisa também se caracterizar como quantitativa. Para Babbie (1999), o survey se destina às pesquisas em grande escala e tem a pretensão de apresentar as opiniões das pessoas por meio de questionários ou entrevistas.

Como mencionado por Goldemberg (1997) apud Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa qualitativa se preocupa com o desenvolvimento da percepção de certo grupo social, de uma organização, entre outros. Os pesquisadores, ao adotarem a mencionada abordagem, acreditam que existe uma metodologia própria para as Ciências Sociais, visto que possuem suas especificidades. A caracterização da abordagem qualitativa se justifica considerando a necessidade de análise das falas, contidas em parte do processo de entrevista, uma vez que foram aplicadas questões fechadas e abertas. Neste sentido, a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011) serviu de suporte para que os pesquisadores pudessem expressar os principais pontos contidos nas transcrições.

No campo das Ciências Sociais, especialmente na área da Administração, reconhece-se a relevância e a legitimidade da Análise de Conteúdo como técnica compatível visando à análise de dados do fenômeno sob investigação, com destaque para os estudos de abordagem qualitativa, não obstante as controvérsias que esta posição tem ultimamente fomentado (MOZZATO; GRZYBOVSKI; 2011; VERGARA, 2011).

| Estágios  | Atividades   |
|---|--|
| Pré-análise   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ler em geral o material (leitura flutuante)</li><li>• Selecionar as amostras (corpus da análise)</li><li>• Elaborar o quadro teórico, o objetivo e as hipóteses/proposições</li><li>• Definir o tipo de grade para análise</li><li>• Elaborar o esquema de codificação</li></ul> |
| Exploração do material                                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar as unidades de Análise de Conteúdo</li><li>• Codificar as informações</li><li>• Agrupar as unidades de Análise de Conteúdo em categorias</li><li>• Descrever as categorias</li></ul>   |
| Tratamento dos resultados, inferência e interpretação | <ul style="list-style-type: none"><li>• Tratar os resultados</li><li>• Inferir e/ou interpretar os resultados</li></ul>  |

Quadro 1 – Framework metodológico para a Análise de Conteúdo

Fonte: Lukosevicius; Soares; Chaves, 2016.

Esta metodologia de interpretação ou, como mencionam Silva e Fossá (2015, p. 2)

“[...] uma técnica de análise das comunicações”, tem o fito de pormenorizar e esmiuçar os comandos enviados pelos entrevistados de uma maneira que seja possível extrair sentido do relato esboçado, conforme acentuam Silva e Fossá (2015). O Quadro 1 representa um framework metodológico que define as etapas para a utilização da Análise de Conteúdo no processamento das comunicações obtidas em campo.

#### 4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nos últimos anos, vários programas de Graduação, Aperfeiçoamento e Pós-Graduação voltados para a área de negócios têm introduzido nos currículos de quem busca pelo aprimoramento, disciplinas, cursos de extensão que abordam sobre a Sustentabilidade, assim como outros programas relacionados ao tema.

Diversos autores vêm publicando artigos, livros e revistas sobre a experiência e conhecimentos adquiridos a respeito da temática central, e diversas conferências foram instituídas para que docentes da área gestão e negócios pudessem trocar informações sobre as suas vivências, de forma mais abrangente, e com isto, fazer uma reflexão sobre o ensino da Sustentabilidade nos Cursos de Administração (JACOBI; RAUFFLET; ARRUDA, 2011). Partindo do pressuposto de que o desperdício deve ser evitado, a Sustentabilidade é vista como sendo um conjunto de práticas humanas voltadas para atender as demandas da população, de forma que as necessidades das gerações futuras não sejam comprometidas, pois as circunstâncias atuais do planeta revelam a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais. Como mencionado, o ensino da Sustentabilidade vem sendo inserido na Graduação em Administração devido a uma demanda social latente.

A pesquisa contou com a colaboração de 21 discentes do 6º período, aqui codificados de E1 a E21; com 28 acadêmicos do 7º (E22 a E49) e com 26 alunos do 8º período (E50 a E75). Buscou-se compreender a percepção sobre Sustentabilidade dos alunos que já cursaram a disciplina de Gestão Ambiental. Algumas vozes foram destacadas no trabalho de campo, conforme o Quadro 2. É necessário registrar que cada Quadro equivale a um questionamento.

| Entrevistado | Depoimento   |
|--------------|--|
| E1           | Como a sincronia entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais, ou seja, é viver em uma sociedade capaz de produzir bens e serviços de modo que afete o mínimo possível o Meio Ambiente e garantindo a qualidade de vida. |
| E22          | Como práticas, medidas e estratégias que consigam preservar os recursos naturais sem alterar ou prejudicar as atividades humanas e a circulação monetária.   |
| E50          | É quando as empresas usam matérias-primas e insumos extraídos da natureza e as repõem. É trabalhar, evoluir e crescer aplicando políticas de preservação à natureza para que futuramente os recursos não faltem.               |

Quadro 2 – Como você define Sustentabilidade?

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

De acordo com as respostas dos depoentes, percebe-se que as mesmas vão de encontro ao conceito dado por Jacobi; Raufflet e Arruda (2011), uma vez que eles definem a Sustentabilidade como o potencial de manutenção de bem-estar por um longo período, o que possui dimensões ambientais, econômicas e sociais. Os cursos que têm inserido o ensino da Sustentabilidade em sua matriz vêm formando profissionais mais críticos, com uma percepção ambiental mais apurada, e com diferencial curricular. Dito isto, é necessário que os alunos de Administração exponham a sua visão quanto à relação que existe entre a Sustentabilidade e a gestão empresarial eficaz. Os entrevistados aqui intitulados de E2, E23 e E51 expõem as suas opiniões no Quadro 3.

| Entrevistado | Depoimento   |
|--------------|--|
| E2           | Uma gestão empresarial eficaz promove o melhor aproveitamento dos recursos naturais.   |
| E23          | As organizações que adotam práticas sustentáveis em sua gestão tendem a se destacarem mais no mercado, pois o público está interessado no que a empresa pode oferecer por meio dos seus produtos, de forma que esta oferta não prejudique o Meio Ambiente, principalmente, em relação ao descarte de resíduos. Essa ação gera um valor maior para o cliente. |
| E51          | Uma boa gestão é capaz de prever e evitar os danos ocasionados pela empresa adotando medidas sustentáveis.   |

Quadro 3 - Qual a relação entre Sustentabilidade e Gestão Empresarial Eficaz?

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Os depoimentos anteriores correspondem aos de alunos de três períodos diferentes, no entanto, é possível perceber que as falas trazem algo em comum: para que uma empresa obtenha bons resultados é necessário que a mesma adote práticas sustentáveis. O ensino da Sustentabilidade na formação do administrador é enfatizado por estudiosos do assunto. Novos conhecimentos, práticas e aprendizados são fundamentais para a formação de administradores, de forma a estimular uma percepção diferenciada frente ao consumismo, à exploração de recursos de origem natural, e a instituição de vínculos éticos nas estruturas de poder. A educação voltada para a Sustentabilidade é fundamentada na organização de um pensamento complexo, que se construa pela multidisciplinaridade como forma de estabelecer ciências e atitudes diferentes, que se preocupem com o caminho percorrido pela sociedade (KUZMA et al., 2016).

Nesta linha de pensamento é imprescindível discutir como o conhecimento sobre Sustentabilidade pode ajudar futuros administradores a influenciar outras pessoas, pois é importante que os acadêmicos não detenham o conhecimento apenas para si, mas que busquem alternativas sustentáveis para incentivar outras pessoas. Sob este aspecto, foi trazido para o ambiente da pesquisa, como questionamento para os depoentes, o contexto apropriado no terceiro objetivo específico: Interpretar como os efeitos do conhecimento de Sustentabilidade podem ajudar os futuros administradores

a influenciar outras pessoas visando à mudança de mentalidade e de comportamento necessários com o fito de definir novos paradigmas e modelos em benefício de um ambiente sustentavelmente harmônico e possível. Conforme os depoentes E3, E24 e E52 é possível compreender a importância deste tipo de motivação, no sentido de que os benefícios atingidos não são apenas pessoais e internos às organizações mas, sim, resultados que alcançam a coletividade. O Quadro 4 aponta este encaminhamento na fala de alguns entrevistados.

| Entrevistado | Depoimento   |
|--------------|--|
| E3           | Através da cultura da educação, pois o conhecimento e os valores adquiridos podem ser repassados para a sociedade.   |
| E24          | Como gestor de uma empresa, adotaria práticas que pudessem ser usadas na mudança da cultura de uma localidade ou região, e buscando mostrar a importância das mesmas e elaborando projetos que envolvesse toda a comunidade. |
| E52          | Pode ajudar através não só da propagação de ideias a respeito da Sustentabilidade, como também por meio do auxílio da mudança de atitude das pessoas com relação à adquirir um comportamento sustentavelmente correto.       |

Quadro 4 – Como o conhecimento sobre Sustentabilidade pode ajuda-lo a influenciar outras pessoas visando a mudança de mentalidade e na adoção de novos paradigmas mais alinhados a um comportamento sustentavelmente correto?

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Cientes de que estes alunos logo estarão no mercado de trabalho assumindo postos de liderança, inclusive funções que demandam tomada de decisão, é necessário que os mesmos ponham em prática o que aprenderam em sala de aula, mas para isto, é preciso que eles adotem uma postura correta quanto ao Meio Ambiente e em atendimento às demandas da sociedade, pois ao utilizar uma política sustentável no local de trabalho, ou até mesmo fora dele, estarão influenciando direta ou indiretamente outras pessoas a apoiarem a causa.

A adoção de ações sustentáveis suporta diversos benefícios não só para as empresas, mas para a sociedade em geral. Sob esta perspectiva, a pesquisa buscou captar informações dos discentes que cursaram a disciplina de Gestão Ambiental, na intenção de evidenciar este aspecto, conforme demonstrado no Quadro 5.

| Entrevistado | Depoimento  |
|--------------|---|
| E1           | Hoje marcas com atitudes sustentáveis têm mais respeito e preferência dos consumidores, ou seja, ser sustentável agrega valor à marca e garante um futuro melhor ao planeta.  |
| E25          | Para as empresas seria a redução de custos, aumento da qualidade do ambiente de trabalho, atração de clientes e otimização dos processos e para a sociedade seria o aumento da qualidade de vida.   |
| E53          | Para as empresas os benefícios são inúmeros, as mesmas podem obter vantagem competitiva frente à concorrência e podem adquirir selos de padrão ambiental. Para a sociedade um Meio Ambiente menos poluído com certeza gera uma elevação na qualidade de vida. |

Quadro 5 – Em sua opinião, que benefícios a adoção de ações sustentáveis podem trazer para as empresas e para a sociedade em geral?

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Quando as empresas associam suas atividades ao modelo de desenvolvimento sustentável, estas direcionam suas estratégias na intenção de constituir uma sociedade que consuma de forma menos agressiva, e em decorrência disso, contribui com a qualidade de vida dos clientes. Estas práticas agregam valor aos procedimentos empresariais, que vão muito além do aspecto econômico-financeiro.

A inserção da Sustentabilidade na formação do discente de Administração se torna imprescindível, visto que contém no escopo do Projeto Pedagógico um caráter estratégico com uma visão de sociedade sustentável e um mundo com mais perspectiva a longo prazo, além de ser estabelecida uma percepção integrada, sistêmica e holística visando a facilitar a compreensão dos aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais. Os depoentes E4, E25 e E54 se manifestaram quanto à importância do gestor ponderar e considerar os aspectos ambientais enquanto agente decisor na organização.

| Entrevistado | Depoimento   |
|--------------|--|
| E4           | Sim, pois quando uma empresa negligencia o uso racional dos recursos, esta põe em risco sua própria existência.  |
| E25          | Sim, pois é pelo cliente que a empresa deve estar focada e o modo como essa empresa produz altera o Meio Ambiente, e isso afeta diretamente a qualidade de vida. |
| E54          | Sim, pois a imagem de uma empresa encontra-se vinculada à sua atitude quanto à preservação dos bens primários necessários à vida.                                |

Quadro 6 – A gestão de uma empresa, em sua opinião, deve considerar aspectos relacionados ao Meio Ambiente? Por quê?

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

É possível identificar que os acadêmicos acreditam que as organizações devem tratar de aspectos ambientais no processo decisório, pois desta vinculação surge a importância dos gestores racionalizarem os recursos, bem como a necessidade das empresas produzirem levando em consideração a qualidade de vida dos clientes. No tocante à formação acadêmica é preciso enfatizar o quanto é importante a conexão entre Ensino, Pesquisa e Extensão, pois ambas se configuram como pilares fundamentais que dão sustento à Educação. Assim, percebe-se a necessidade de expor a opinião dos entrevistados quanto a esta associação em conjugação com a Sustentabilidade. As vozes empregadas foram de E3, E23 e E55, conforme visto no Quadro 7.

| Entrevistado | Depoimento |
|--------------|------------|
|--------------|------------|



|     |   |
|-----|---|
| E3  | Sim. Porque é através da pesquisa e extensão que são descobertas e desenvolvidas novas práticas capazes de trazer Sustentabilidade para o ambiente.   |
| E23 | Sim, através da junção desses três pilares pode-se desenvolver projetos que possibilitem a solução de problemas relacionados ao Meio Ambiente com ideias sustentáveis.  |
| E55 | Sim. Pode ser articulada e aperfeiçoada através do sistema de ensino, sendo um incentivo que conduz às pesquisas a respeito de melhorias e alternativas de utilização e alocação de recursos e conseqüentemente seriam formados projetos de extensão resultados de tais pesquisas, e formariam pessoas mais responsáveis no quesito Sustentabilidade. |

Quadro 7 – No tocante à temática Sustentabilidade, você vê articulação entre ensino, pesquisa e extensão?

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Avalia-se que os depoentes veem articulação entre os pilares educacionais, e tomando por base o tema Sustentabilidade, acreditam que é indispensável essa interdependência, pois da mesma poderá resultar novas práticas, projetos e alternativas que mudem a rota sinuosa do planeta. Observando que a articulação entre conhecimento e prática não se fazem necessários apenas no ambiente acadêmico, mas também são imprescindíveis no universo corporativo, é imperioso destacar o ponto de vista do acadêmico, que possivelmente desenvolverá atividades de gestão no futuro, quanto à implantação de políticas sustentáveis nas organizações. E5, E26 e E56 colaboram com o estudo ao apontar algumas medidas.

| Entrevistado | Depoimento   |
|--------------|--|
| E5           | Ações voltadas para reciclagem, ajudando a diminuir a quantidade lixo e consumir controladamente energia e água.   |
| E26          | Acredito que inicialmente deveriam ser traçadas estratégias visando que os colaboradores sejam ou se tornem aptos a exercerem atitudes sustentáveis, logo em seguida inserir palestras e debates para que haja uma maior explanação. |
| E56          | Descarte de materiais/lixo no local correto; aproveitamento dos resíduos que não precisam ser descartados e educação dos colaboradores a respeito da Sustentabilidade.   |

Quadro 8 – Na condição de gestor de uma organização (pública ou privada), que medidas entende necessárias para a implementação de políticas sustentáveis? Exemplifique, por gentileza.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Aferindo a exposição dos entrevistados, apreende-se que se tratam de ações viáveis, e que poderiam ser implantadas nas organizações. O ideal seria que todo e qualquer gestor tivesse esta mesma percepção, de que várias são as possibilidades de engajamento e de contribuição com a Sustentabilidade, considerando que esta sensibilidade não apenas precisa nortear as diretrizes corporativas, mas, sobretudo, necessita romper paradigmas no tocante às condutas individuais, uma vez que o Meio Ambiente tem sido recorrentemente invadido em sua integridade.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve o intuito de atrair a atenção das pessoas, em especial da comunidade acadêmica, para a limitação dos recursos naturais na atualidade, explorando a ideia de que, no espaço acadêmico, podem ser estimulados novos paradigmas e condutas dos estudantes visando à percepção de que ações efetivas precisam ser implementadas com o fito de repensar a relação Capital-Meio Ambiente de uma maneira harmônica e cooperativa. Recentes acontecimentos envolvendo desastres naturais indicam que a compreensão acerca das questões ambientais sugerem subserviência aos comandos capitalistas.

Há uma convicção corrente confirmando o pressuposto de que danos ambientais resultantes da atividade econômica não são determinantes para promover penalidades – multas, prisão dos responsáveis, suspensão ou encerramento da atividade – capazes de alertar os executivos a repensarem as suas condutas, adotando procedimentos adequados e seguros a fim de prevenir, evitar e mitigar as repercussões ambientais.

Discutir estas questões no ambiente acadêmico se torna, portanto, mais do que uma iniciativa didática, apta a atender às prescrições advindas dos Projetos Pedagógicos dos Cursos – PPC, mas, sobretudo, uma abordagem recorrente e necessária à formação do espírito sustentável dos futuros administradores.

Pretende-se com a inserção do ensino da Sustentabilidade que os alunos percebam que a economia não pode estar descolada dos aspectos ambientais. Todavia, é mister que, como gestores empresariais, não se ilidam de operar alternativas sustentáveis para o desenvolvimento econômico, de tal maneira que os recursos naturais sejam utilizados de forma consciente, principalmente quando se pensa na preservação deste capital.

Observou-se que o aluno que possui uma percepção mais sustentável adiciona ao seu currículo um conjunto de habilidades e competências que o conferirá um diferencial competitivo, o qual na atualidade é um requisito imposto pela sociedade e pelas organizações.

A inserção da Sustentabilidade nas organizações remete a ideia de práticas sustentáveis qualificadas, buscando alternativas para um desenvolvimento sustentável. Constatou-se que os dados coletados com os depoentes vão de encontro com os estudos presentes na literatura. A preocupação mostrada com os recursos naturais e com um desenvolvimento econômico que afete menos o Meio Ambiente é fundamental e um diferencial de gestores e líderes responsáveis socialmente, por isto, as organizações dão preferência aos profissionais que detêm este perfil.

Esta pesquisa revela algumas limitações: a amostra ser composta apenas por acadêmicos do 6º, 7º e 8º período da mesma Universidade Federal; o modelo utilizado

não ter sido aplicado em âmbito dos Cursos de Administração dos outros campi da UFPI, o que permitiria se ter uma ideia acerca do que pensam os demais discentes sobre a Sustentabilidade, e haver carência de estudos nesta área, o que impossibilitou uma comparação nos resultados obtidos.

Isto pode sinalizar que as relações testadas nas suposições podem estar relacionadas às intenções comportamentais e não propriamente a um desejo latente de produzir transformações efetivas no curso da atuação como gestor. Por estas razões, estimulam-se novos achados.

## REFERÊNCIAS

BABBIE, E. **Métodos de pesquisa survey**. Belo Horizonte, MG: Edição UFMG, 1999.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução nº 04 de 13 de julho de 2005**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Administração, bacharelado, e dá outras providências: CNE/CES, 2005.

CLOSS, L. Q.; ANTONELLO, C. S. Teoria da aprendizagem transformadora: contribuições para uma educação gerencial voltada para a Sustentabilidade. **RAM, Revista Adm. Mackenzie**, v.15, n.3, p. 221-252, São Paulo, SP. mai/jun. 2014.

ENGELMAN, R.; GUISSO, R. M.; FRACASSO, E. M. Ações de gestão ambiental nas instituições de ensino superior: o que tem sido feito. **RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 22-33, jan/abr. 2009.

FREITAS, H. M. R. Réplica 1 – Análise de Conteúdo: Faça Perguntas às Respostas Obtidas com sua ‘Pergunta’!. **RAC**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 748-760, jul./ago. 2011.

FROEHLICH, C.; BITENCOURT, C. C. Sustentabilidade empresarial: um estudo de caso na empresa artecola. **Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS - Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, v. 5, n. 3. set/dez. 2016.

GADOTTI, M. Educar para a Sustentabilidade. **Inclusão Social**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 75-78, out. 2007/mar. 2008.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, J. C. **A relação teoria-prática no currículo dos cursos de Administração da UFPI à luz da lógica do mercado**. 237 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Educação). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2015.

JACOBI, P. R.; RAUFFLET, E.; ARRUDA, M. P. Educação para a Sustentabilidade nos cursos de administração: reflexão sobre paradigmas e práticas. **RAM – Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, n. 3, p. 21-50, maio/jun. 2011.

JULIANO, T.; MELO, I. B. N.; MARQUES, S. C. M. A Sustentabilidade nos projetos pedagógicos no ensino superior: um estudo sobre a engenharia de produção nas universidades públicas do Estado de São Paulo. **Revista Avaliação**, Campinas; Sorocaba, SP, v. 22, n. 03, p. 676-696, nov. 2017.

- KUZMA, E. L.; NOVAK, M. A. L.; DOLIVEIRA, S. L. D.; GONZAGA, C. A. M. A inserção da Sustentabilidade na formação de Administradores. **Journal of Environmental Management and Sustainability. GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 146-165, maio/ago. 2016.
- LUKOSEVICIUS, A. P.; SOARES, C. A. P.; CHAVES, M. S. Análise de Conteúdo em gerenciamento de projetos: proposta de um framework metodológico. **Iberoamerican Journal of Project Management (JoPM)**, v. 7, n. 2, p. 29–53, 2016.
- MARCOMIN, F. E.; SILVA, A. D. V. A Sustentabilidade no ensino superior brasileiro: alguns elementos a partir da prática de educação ambiental na Universidade. **Contrapontos**, v. 9, n. 2, p. 104-117, maio/ago. 2009.
- MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios. **RAC**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 731-747, jul./ago. 2011.
- OLIVEIRA, R. J. **A ética no discurso pedagógico da atualidade**. Niterói, RJ: Intertexto, 2011.
- PEDROSO, E. T. **Humanizar a administração: com sabedoria e competência**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.
- PENHA, E. D. S.; REBOUÇAS, S. M. D. P.; ABREU, M. C. S.; PARENTE, T. C. Percepção de responsabilidade social e satisfação no trabalho: um estudo em empresas brasileiras. **REGE – Revista de Gestão**, v. 23, n.23, p. 306–315, maio/ago. 2016.
- QUINTANA, C. G.; OLEA, P. M.; ABDALLAH, P. R.; QUINTANA, A. C. Percepção dos gestores sobre a gestão ambiental: estudo em um porto público. **Revista de Administração da UNIMEP**. v. 14, n. 3, p. 54-79, set/dez. 2016.
- ROSA, A. C.; OLIVEIRA, A. C.; GROHMANN, M. Z. Responsabilidade socioambiental nas decisões de potenciais investidores. **Revista de Administração da UNIMEP**, v. 15, n. 4, p. 1-23, set/dez. 2017.
- ROTTA, M.; BATISTELA, A. C.; FERREIRA, S. R. Ambientalização curricular no ensino superior: formação e Sustentabilidade nos cursos de graduação. **Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación**, vol. 17, n. 2, p. 1-20, 2017.
- SANTOS, D. B.; SOUZA, C. R.; MOREIRA, L. M. Da educação ambiental à transformação social: reflexões sobre a interdisciplinaridade como estratégia desse processo. **Revista Eletrônica Mestrado Educação Ambiental**. Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 156-172, maio/ago. 2017.
- SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SHRIVASTAVA, P. Pedagogy of passion for sustainability. **Academy of Management learning and Education**, v. 9, n. 3, p. 443-455, set. 2010.
- SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de Conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 17, n. 1, p. 1-14, jan./jun. 2015.
- TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.503-515, set/dez. 2006.
- VERGARA, S. C. Réplica 2 – Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios. **RAC**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 761-765, jul./ago. 2011

## JARDINAGEM E ARTE NA ESCOLA DE FORMA SUSTENTÁVEL

*Data de aceite: 20/12/2019*

### **Dayane Rebhein de Oliveira**

Fundação Universidade do Tocantins, Licenciatura  
Plena em Letras/ Espanhol  
Especialização em Educação de Jovens e Adultos  
– EJA, pela Faculdade Mantense dos Vales  
Gerais - INTERVALE  
Juruena – Mato Grosso

### **Ilaine Rehbein**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
- UNIOESTE, Graduada em Bacharelado e  
Licenciatura em História  
Especialização em Docência no Ensino Superior,  
pela Faculdade Rio do Sono.  
Juruena - Mato Grosso

### **Stela Antunes da Roza**

FINOM – Faculdade do Noroeste de Minas,  
Licenciatura Plena em Geografia  
Especialização em Educação de Jovens e Adultos  
– EJA, pela Faculdade Mantense dos Vales  
Gerais - INTERVALE  
Juruena – Mato Grosso

**RESUMO:** A educação ambiental pressupõe a sensibilização dos educandos sobre a importância da preservação, bem como aprender a trabalhar em equipe, a partir de atividades colaborativas. Nesta perspectiva, desenvolvemos o projeto “Jardinagem e arte

na escola de forma sustentável”, de maneira que os alunos participassem na organização do espaço e na criação de um jardim. Foi necessário o envolvimento dos alunos e professores com as questões ambientais, incentivando assim a participação cidadã na defesa do meio ambiente local e global. Nesse trabalho objetivou - se a melhoria da qualidade de vida e o embelezamento do ambiente escolar. Para isso, foram realizadas atividades em sala e aulas de campo sobre a necessidade da preservação ambiental e também utilizado técnicas de paisagismo e jardinagem, para a produção de canteiros para diversos tipos de plantas. Os alunos entenderam que fazem parte do meio ambiente e que devem ter a responsabilidade de preservá-lo, uma vez que há muitos anos vem sendo destruído de maneira alarmante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, Educação Ambiental, Jardinagem, Sociedade

### GARDENING AND ART IN SCHOOL SUSTAINABLE

**ABSTRACT:** Environmental education presupposes the awareness of students about the importance of preservation, as well as learning to work in teams, from collaborative activities. In this perspective, we developed the project “Gardening and art in school in a

sustainable way”, so that students could participate in the organization of the space and the creation of a garden. The involvement of students and teachers with environmental issues was necessary, thus encouraging citizen participation in the defense of the local and global environment. This work aimed to improve the quality of life and the beautification of the school environment. For this, classroom activities and field classes were carried out on the need for environmental preservation, as well as landscaping and gardening techniques, for the production of beds for various types of plants. Students understood that they are part of the environment and should be responsible for preserving it, as it has been alarmingly destroyed for many years.

**KEYWORDS:** Environmental Education, Sustainability, Gardening, Society

## INTRODUÇÃO

Na sociedade está cada vez mais visível o quanto o ser humano está modificando a paisagem que o cerca, em busca de melhorar a sua qualidade de vida, mas sem ao menos pensar se daqui a cem anos, os próximos de sua geração vão ter do que se alimentar, beber, se vai ter um ar puro para respirar ou não. Em cidades com um alto grau de industrialização já se nota que muitos estão tendo problemas causados por tanta poluição, e não são só os humanos, mas também os animais.

Desta forma, o projeto “Jardinagem e arte na escola de forma sustentável”, surgiu para incluir os alunos na realidade global no que se refere à Educação Ambiental, buscando visar à sustentabilidade do Meio Ambiente e a relação entre sociedade e a natureza.

Nesse sentido coloca-se o seguinte problema é possível conscientizar a comunidade estudantil e a comunidade em geral sobre o reuso sustentável de pneus inservíveis (que seriam descartados na natureza de forma indevida)?

Na atual sociedade capitalista torna – se cada vez mais difícil controlar o índice de poluição atmosférica no meio ambiente. O ser humano está utilizando em uma maior quantidade veículos automotor e ao fazer o descarte dos pneus que estão danificados acabam destinando - o em lugares inadequados como rios, lixões, mar ou até mesmo queimando liberando poluentes químicos que são considerados como os mais tóxicos já produzidos.

Os pneus descartados em lugares inadequados acumulam água, proliferando insetos vetores, causadores de doenças que podem comprometer gravemente a saúde das pessoas. No local onde ocorre a queima desses pneus inutilizáveis, ficam no solo as cinzas e um líquido composto por hidrocarbonetos pesados que se tornam responsáveis pela poluição do lençol freático (FREITAS, 2014).

O projeto de Jardinagem e arte com pneus descartados visa mostrar que a criatividade e o trabalho em equipe podem ser de grande valia para o conhecimento de nossos alunos.

Para Matos (apud LISBOA e KINDEL, 2012), a participação do aluno opinando



e se organizando em grupos resulta na liberdade de expressão, tão reprimida no formalismo educacional, e confirma nosso dever em acreditar e incentivar a capacidade criativa dos educandos. Concordamos com Matos (1999) e também com Kohl e Gainer (1998) quando afirmam não existir uma maneira certa ou errada de trabalhar para que os projetos se concretizem, existindo apenas o alegre e o agradável processo da experiência em si.

E são pequenos atos desenvolvidos no ambiente escolar, que serão responsáveis por grandes transformações que devem ser assumidas por nós mesmos, para o resto de nossas vidas e assim estaremos garantindo o futuro de nossas gerações com sustentabilidade.

É muito importante que as escolas desenvolvam projetos no sentido de envolver alunos, educadores, funcionários e sociedade em geral, para que esta situação seja modificada, a partir de novos hábitos dessas pessoas. Partindo do princípio que a educação ambiental é um processo longo e contínuo, devemos mudar nossos hábitos e atitudes de maneira espontânea, neste sentido a arte contribui muito com a natureza quando por meio de uma pintura, um objeto de artesanato, tem – se a sensação que tudo no meio ambiente pode ser reutilizado sem que nada seja prejudicado.

E quanto mais cedo, mais fácil será desenvolver a sensibilidade, o gosto e o amor pela natureza em nossos alunos, já que nos adultos muitas vezes é preciso desenvolver primeiramente o respeito pelo meio ambiente. Todos sabem que o meio ambiente não é destruído por falta de conhecimento, mas sim pelo desenvolvimento tecnológico existente no mundo e o consumismo exagerado.

Portanto o principal objetivo deste trabalho é levar os alunos a participarem da construção de um futuro sustentável para nossa escola, nossa comunidade, para o Brasil e todo o planeta, assim vamos incentivar uma nova geração que se empenhe em contribuir para a solução dos problemas ambientais e sociais. Possuindo também objetivos específicos COMO: 1) Valorizar a importância das plantas na nossa vida; 2) Proporcionar um ambiente mais agradável na escola; 3) Proporcionar aos alunos a oportunidade de perceberem o prazer da convivência com a natureza em sua beleza.

## **ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL: MEIO AMBIENTE E ARTE**

O meio ambiente começou a sofrer mais impactos, a partir da Revolução Industrial, quando se iniciou uma produção em massa e a substituição de fontes de energia renováveis e limpas por fontes não renováveis, como o carvão e o petróleo. Como todas essas questões estão voltadas para a interferência humana, é necessária uma solução para essa deterioração ambiental em alcance mundial, para que as futuras gerações possam viver em um planeta habitável. Uma forma de contribuir é reutilizar ou reciclar objetos que demorariam vários anos para se decompor se fossem destinados no meio ambiente.

Então é de suma importância que as escolas desenvolvam projetos de Educação Ambiental, como reutilizar os pneus inservíveis para a construção de jardins alternativos no ambiente escolar, pois os mesmos sendo descartados de maneira indevida demorariam mais de 500 anos para se decompor e se queimados liberariam substâncias tóxicas causando poluição atmosférica e prejudicando a saúde de muitos seres humanos. Segundo CARVALHO (2004) é necessário que a escola se aventure entre diversos saberes e áreas disciplinares, não ficando só no seu território já consolidado, mas buscando novos rumos para ensinar e aprender.

A escola é um lugar onde os alunos passam a maior parte do tempo, e é de suma importância formar cidadãos críticos e reflexivos em relação à preservação e a sustentabilidade do meio ambiente, desenvolvendo assim atividades que vão além da sala de aula.

Assim, as atividades artísticas buscam o sonho, o imaginário, o faz de conta, o encantamento. O contato com o Ambiente proporciona o desenvolvimento de todos os sentidos, facilitando a aproximação do homem com a natureza. As atividades desenvolvidas no projeto possibilitaram aos educandos vivenciar e desenvolver a sensibilidade, contribuindo assim para a formação de cidadãos mais preocupados com os resultados de suas ações no cotidiano. Assim concordamos com Lisboa e Kindel (2012, p.60) quando citam que :

A Arte, por si mesma, é um agir/sentir que permeia qualquer condição, etária ou econômica. Ao contrário da fala popular, não necessita de pré-requisitos, de habilidades motoras ou de conhecimentos técnicos, pois ela se expressa por si só, desde um rabisco até um pensamento colorido. Permite brincar com o desconhecido, criar, experimentar os erros, explorar novas ideias, sem a preocupação de 'no que vai dar'.

Nesse sentido, entende-se que na arte não existe uma maneira certa ou errada, podendo assim ser realizada em qualquer idade, expressando diversas visões do mundo por meio da vivência e das experiências adquiridas com o tempo.

Toneladas de lixo são depositadas diariamente em lixões em todo mundo, sendo que grande parte de tudo isso pode ser útil no cotidiano a partir da reciclagem e da reutilização.

A partir de atividades e orientações desenvolvidas em instituições escolares, é possível mostrar, promover a conscientização do educandos, dessa forma ensiná-los como é simples, fácil utilizar materiais de diferentes formas, evitando depositá-los em lixões. Nesse sentido a escola desempenha o seu papel de propiciar e criar situações para formação de cidadãos críticos e reflexivos

## **CONTEXTUALIZANDO OS SABERES E VIVERES**

Ao refletir sobre o destino do nosso meio ambiente e de que cuidar do mesmo é responsabilidade de todos, resolvemos desenvolver jardins alternativos utilizando

materiais como os pneus que já são inutilizáveis pelo ser humano, pois além de serem um incentivo a mais para as pessoas produzirem cultivos diversos, eles não possuem custo algum, já que foram doados pela comunidade e torna - se uma forma moderna de paisagismo, transformando a escola em um ambiente bonito e agradável, pois, um ambiente assim contribui para o aumento da auto-estima das pessoas que trabalham na Instituição de ensino, bem como dos alunos e toda a comunidade escolar.

Este projeto foi desenvolvido pelas professoras Dayane Rehbein de Oliveira e professora Stela Antunes da Roza na Escola Estadual Dom Aquino Corrêa e teve a colaboração de mais duas professoras que o desenvolveram nas salas anexas no Vale do Amanhecer, no município de Juruena - MT com os alunos do Ensino Fundamental e do Ensino Médio durante o ano letivo de 2018.

Para o desenvolvimento do projeto foi realizado um cronograma e feito um orçamento dos materiais que seriam utilizados, que se deu da seguinte forma: A primeira etapa consistiu em fazer uma sondagem dos conhecimentos prévios, das expectativas e das curiosidades dos alunos e a sensibilizá-los sobre esse tema nas disciplinas de geografia e artes.

Para isso, na semana do meio ambiente os alunos confeccionaram cartazes que ficaram expostos na escola e desenhos (Fig. 01), sobre a necessidade da preservação do meio ambiente, assistiram vídeos para proporcionar uma maior conscientização da importância de cuidar do meio ambiente para todos os seres vivos e as futuras gerações, ressaltando a necessidade de cuidarmos hoje para garantirmos que tenhamos uma vida saudável no futuro.



Fig.01 – Desenhos realizados pelos alunos na semana do meio ambiente.

Fonte: OLIVEIRA, 2018

Durante as aulas de Arte os educandos realizaram uma vivência com as flores através da Ikebana. A Ikebana é a arte de montar arranjos de flores, com base em regras e simbolismo preestabelecidos, é um termo em japonês que significa flores vivas. Existem diferentes estilos de Ikebana, para realização do projeto escolhemos a Ikebana Sanguetsu um estilo criado por Mokiti Okada, que tem como princípio a não modificação dos materiais usados (folhas, flores, galhos), tentando criar um arranjo mais natural e equilibrado possível. O trabalho com a Ikebana teve como objetivo incutir o respeito pela natureza, o que torna a vida do aprendiz mais alegre e harmoniosa (FUNDAÇÃO MOKITI OKADA).

Foi solicitado pela professora que cada aluno trouxesse flores, durante a atividade falou-se sobre o respeito que se deve ter com a mesma, cada aluno deveria colocar esse sentimento de respeito, amor, gratidão no seu arranjo. A contínua interação com a flor resultou no aflorar e no desenvolvimento da sensibilidade, levando-os a uma forma de meditação. Devemos ressaltar que quanto mais o ser humano tem contato com as obras artísticas mais fácil será para o homem construir um mundo melhor.



Fig. 02 – Produção de mini Ikebana

Fonte: OLIVEIRA, 2018

A atividade foi muito produtiva, pois todos puderam participar em seguida muitos alunos deram de presente os arranjos aos colegas e professores a escola ficou toda florida, os alunos que apresentavam problemas de indisciplina obtiveram atitudes de harmonia e respeito durante as aulas. Após este contato com a flor, cada educando procurou plantar uma muda de flor em casa, a partir desse momento eles tiveram a responsabilidade de cuidar de suas plantinhas (Fig.02).

Em seguida foi proposto um passeio pela escola para que os alunos pudessem observar o meio em que estão inseridos, o que temos de verde, de flores e de natureza, para que assim pudesse se dar início ao projeto e posteriormente colocar em prática a construção do jardim na escola.

Após uma análise do ambiente escolar foi possível que os alunos identificassem que só tem flores na escola em vasos que estão localizados nos corredores da unidade escolar. Já no pátio os educandos observaram que existem diversas espécies de árvores como frutíferas e ornamental, facilitando assim a escolha do local adequado para o desenvolvimento do jardim.

Na segunda etapa de desenvolvimento do projeto notou – se a necessidade de levar os alunos a uma visita no viveiro municipal da cidade, onde são produzidas mudas de plantas nativas e frutíferas. Essas mudas são plantadas pelo projeto Poço de Carbono Juruena e desenvolvidas pela Aderjur, sendo financiado pela Petrobrás por meio do Programa Petrobrás Socioambiental. Nessa aula de campo os educandos puderam sanar algumas dúvidas já demonstradas em sala de aula sobre como plantar uma muda de árvore, quais os tipos de árvores que podem ser plantados para reflorestamento em áreas desmatadas, quais são as árvores frutíferas que tem no viveiro que podem ser plantadas para que os produtores rurais tenham uma renda com a venda dessas frutas na feira municipal, nos mercados ou nas casas das famílias no município.

Mas além dessas dúvidas os alunos perguntaram para o técnico responsável pelo viveiro quanto tempo uma muda leva para a germinação, como deve ser feita a irrigação das plantas e o que se pode fazer para evitar os fungos. Tal experiência propiciou o contato muito próximo com a natureza levando – os a refletir da importância da preservação, manutenção das plantas bem como os efeitos provocados pela ação do homem.

Os alunos devem perceber que não é só na sala de aula que devem aprender sobre esses assuntos, mas que a todo o momento que observarem à sua volta reconheçam a importância da preservação ambiental.

Na terceira etapa foi realizada a arrecadação dos pneus inservíveis descartados indevidamente no município. Notou – se que grande parte dos mesmos é disposta no lixão localizado a céu aberto e posteriormente é feito a queima liberando mais poluentes no ar.

As oficinas de motocicletas e as borracharias descartam cerca de 12 pneus



por semana no lixão, dados fornecidos pelos funcionários das empresas. Isso acontece por que o município não possui um lugar adequado para fazer a reciclagem e posteriormente a reutilização. Por esta razão propomos a produção de jardins alternativos utilizando pneus, pois, se torna uma alternativa sustentável para reduzir os impactos das mudanças climáticas e a conservação da biodiversidade.

Na quarta etapa os educandos realizaram a limpeza da área externa, onde será feito o jardim. Em seguida fizeram a recuperação, lavagem e pintura dos pneus que seriam reutilizados para a construção dos canteiros do jardim.

Para a conclusão do jardim foi solicitado aos alunos que trouxessem mudas de plantas como (folhagens, rosas, palmeiras ornamentais, etc). Durante o momento do plantio notou – se que a maioria dos alunos se sensibilizaram e se dispuseram a ajudar, sem se importar com a aparência em ir limpo ou sujo para casa, tiraram muitas fotos para mostrar aos pais e familiares e dava para ver o quanto estavam orgulhosos por contribuírem e fazerem parte desse projeto realizado na escola (Fig. 03).



Fig. 03 – Imagens das etapas desenvolvidas para a realização do Projeto de Jardinagem e Arte na escola de Forma Sustentável.

Fonte: OLIVEIRA, 2018



Espera – se que no final desta etapa os alunos deixem o lugar de coadjuvantes para se tornarem cidadãos atuantes tanto no ambiente escolar, quanto fora dele, pois é necessário que toda a sociedade seja mais responsável e mais crítica em relação à preservação do meio ambiente.

As atividades de recolhimento dos pneus contaram com a participação das educadoras e algumas pessoas da comunidade. No entanto foi um trabalho dificultoso, pois não tinham um veículo adequado para recolhimento, sendo necessário realizar várias viagens pela cidade em um carro de passeio sem carroceria. Foi necessário um apoio dos borracheiros para a inserção de pneus de caminhões no carro, pois são mais pesados e maiores, mas no momento de descarregá-los foi muito complicado.

Uma semana após o plantio das flores notou – se que algumas delas apresentavam cortes causados por formigas cortadeiras, então foi necessário fazer uma intervenção imediata contra esses insetos. Os alunos acharam o ninho delas e em seguida foi feito um truque caseiro para diminuir as formigas, consiste em uma mistura de água e detergente. Em um copo de 400 ml de água mistura - se um detergente e joga essa mistura no ninho das formigas. Os alunos todos os dias ao molhar os canteiros observam se estava havendo formigas novamente ou não, mas puderam notar que houve uma diminuição desses insetos no jardim.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto de jardinagem foi desenvolvido pelas professoras Dayane Rehbein de Oliveira e Stela Antunes da Roza na Escola Estadual Dom Aquino Corrêa, localizada no município de Juruena / MT e teve a colaboração de mais duas professoras que o desenvolveram nas salas anexas no Vale do Amanhecer, com alunos do Ensino Fundamental e Ensino Médio durante o ano letivo de 2018. A escola está localizada no centro da cidade, onde os alunos são de classe baixa, média e alta, moradores da área rural e da área urbana. A realização do mesmo contou com a participação de aproximadamente 150 alunos da escola da área urbana e 45 das salas anexas no assentamento, localizado a 15 km da área urbana.

Durante todo o processo de estudo foi visível a necessidade de se estudar e desenvolver algo relacionado à temática de Educação Ambiental. Seguindo essa ideia foi perceptível a importância de desenvolver algo na escola. Como já possui muitas árvores no ambiente escolar, foi optado por fazer um trabalho voltado para plantação de flores, então foi desenvolvido um jardim alternativo na entrada da escola.

O local apresentava algumas árvores, mas nenhum tipo de flor, tornando assim um espaço sem muita alegria, logo houve uma necessidade de sensibilizar os alunos sobre a importância da Educação Ambiental, sendo mostrados vários vídeos, poemas e imagens relacionadas a problemas ambientais.

Posteriormente, foi necessário fazer a limpeza e a pintura dos pneus inservíveis que seriam reutilizados para a implantação dos jardins. A reutilização dos pneus e a

sustentabilidades eram os objetivos principais do projeto, pois no município não tem um sistema adequado para o descarte dos mesmos.

Após a finalização do jardim, e para manter o jardim sempre limpo e florido foi necessário elaborar um cronograma com as turmas participantes, ficando cada turma responsável por molhar e cuidar durante uma semana e assim sucessivamente em relação às outras turmas.

Este projeto conseguiu atingir todos os objetivos propostos, principalmente a reestruturação do espaço de lazer de forma consciente e ecológica, beneficiando a todos da instituição escolar.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio Ambiente e Saúde**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico. São Paulo: Cortez, 2004 in Barros, Maria de Lourdes Teixeira, 1966 – **Educação Ambiental no cotidiano da sala de aula: um percurso pelos anos iniciais**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 2009.

DIAS, Genebaldo Freire. **Atividades Interdisciplinares de Educação Ambiental: Práticas Inovadoras de Educação Ambiental**. São Paulo: Gaia, 2010.

LUCCI, Elian Alabi: **Território e sociedade no mundo globalizado**: geografia: ensino médio, volume 1/ Elian Alabi Lucci, Anselmo Lazaro Branco, Cláudio Mendonça. -. ed. – São Paulo: Saraiva, 2010.

LISBOA, C.P; KINDEL, E.A.I. [et al.]. **Educação Ambiental**: da teoria à prática. Porto Alegre: Mediação, 2012.

MATOS, S.S. Uma gincana interdisciplinar. Nova Escola, n.5, p.24-25,1999.in LISBOA, C.P; KINDEL, E.A.I...[et al.]. **Educação Ambiental**: da teoria à prática. Porto Alegre: Mediação, 2012.

## PROMOÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA, SAÚDE, EDUCAÇÃO E CULTIVO DE HORTALIÇAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA USF VITÓRIA RÉGIA - HORTA VITAL

*Data de aceite: 20/12/2019*

### **Altacis Junior de Oliveira**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Agronomia, Cáceres - Mato Grosso.

### **Andressa Alves Cabreira dos Santos**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Agronomia, Cáceres - Mato Grosso.

### **Herena Naoco Chisaki Isobe**

Universidade do Estado de Mato Grosso, Biologia,  
Cáceres - Mato Grosso.

### **João Ricardo de Souza Dalmolin**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Agronomia, Cáceres - Mato Grosso.

### **Marcia Cruz de Souza Rocha**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Agronomia, Cáceres - Mato Grosso.

### **Monica Tiho Chisaki Isobe**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Agronomia, Cáceres - Mato Grosso.

### **Natalia Gentil Lima**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Enfermagem, Cáceres - Mato Grosso.

### **Vinicius da Silva Assunção**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Agronomia, Cáceres - Mato Grosso.

**RESUMO:** O aumento populacional acarreta um aumento na necessidade de produção de alimentos e, para isso, faz uso cada vez

maior de novas tecnologias disponíveis, como a utilização de fertilizantes e agrotóxicos. O desconhecimento dos efeitos colaterais dos agrotóxicos, corretivos e fertilizantes pode gerar maior necessidade de agrotóxicos nas culturas, criando um círculo vicioso e concomitantemente, favorecendo o surgimento de pragas e doenças. A utilização do sistema de produção agroecológico é uma alternativa para tentar minimizar os danos causados à população pelo consumo de alimentos contaminados, principalmente com resíduos de agrotóxicos. Este sistema de produção propõem alternativas de manejo dos recursos naturais e de organização social, preservando a biodiversidade. As hortas comunitárias estão aderindo a esse sistema de cultivo, favorecendo a segurança alimentar, como, por exemplo, o projeto Horta Vital localizado na Unidade Básica de Saúde Vitória Régia, no município de Cáceres-MT. A metodologia utilizada no estudo baseou-se na proposta no projeto mãe da Horta Vital, com adaptações. Durante a semana, foi realizado o manejo da horta pelos acadêmicos do curso de Agronomia e pela comunidade. A produção de mudas se deu de forma contínua, assim como o ajuste no sombreamento e irrigação e os tratamentos culturais para manutenção da produção vegetal. A prioridade no projeto era a instrução da equipe envolvida nas atividades do projeto, especialmente as

atividades na horta comunitária, com ênfase na promoção do diálogo com os alunos e a comunidade. Portanto, informações para um bom cultivo e desenvolvimento das hortaliças e plantas medicinais foram socializadas com os professores, acadêmicos, equipe da saúde da Unidade e comunidade, cada um com o seu método para a apropriação das informações. A colheita foi feita no final de cada ciclo das hortaliças e, de forma especial, foi destinada parte da produção às pessoas que apresentavam quadro de hipertensão e diabetes, com o objetivo de enriquecer sua dieta, como estratégia da equipe de saúde. A Horta Vital proporcionou uma alimentação diversificada quando produtiva aos participantes do projeto, induzindo uma melhoria na alimentação e, de maneira prática e presencial, informações de como funciona a produção de hortaliças, demonstrando que um planejamento adequado pode produzir alimentos durante todo o ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** hortaliças; agroecológico; saúde; comunidade.

## PROMOTION OF QUALITY OF LIFE, HEALTH, EDUCATION AND CULTIVATION OF VEGETABLES IN THE COVERAGE AREA OF USF VITÓRIA RÉGIA - HORTA VITAL

**ABSTRACT:** The population growth has induce a raise in food production and, for this, perform increasing use of new technologies available, such as the use of fertilizers and pesticides. The lack of information of the side effects of pesticides, correctives and fertilizers may cause a increase in the need for pesticides in crops, creating a vicious and concomitant circle, favoring the emergence of pests and diseases. The use of agroecological production system is an alternative to try to minimize the damage caused to the population by the consumption of food with pesticides residues contamination. This production system proposes alternatives for natural resource management and social organization, preserving the biodiversity. Community gardens are utilizing this cultivation system, favoring food security, such as the Horta Vital project located in the Vitória Régia Basic Health Unit, in the municipality of Cáceres-MT. The methodology used in the study was based, with adaptations, on the proposal in the mother project of Horta Vital. During the week, the garden was managed by the students of the Agronomy course and by the community. The seedling production was continuous, same as the adjusting in shading and irrigation and the cultural treatments for the maintenance of vegetable production. The priority in the Project was the instruction of the team involved in the Project activities, specially the activities in the community garden, with emphasis on promoting dialogue with students and community. Therefore, informations for a good cultivation and development of vegetables and medicinal plants was socialized with the teachers, academics, the health team of the Unit and the community, each with its own method for the appropriation of the information. Harvesting was done at the end of each vegetable cycle and, in a special way, part of the production was destined to people with hypertension and diabetes, aiming to enrich their diet, as a strategy of the health team. Horta Vital provided a diversified diet when productive to project participants, inducing an improving in their diet and in a practical way and on-site bring informations on how vegetable production work and evidence that proper planning can

produce food throughout the year.

**KEYWORDS:** vegetables; agroecological; cheers; community.

## INTRODUÇÃO

A segurança alimentar e nutricional (SAN), atualmente, passaram a ser uma questão de cidadania quando se incluiu a alimentação entre os direitos constituintes (NASCIMENTO; ANDRADE, 2010). Assim, as autoras afirmaram que a SAN regidas pelos princípios da cidadania deixam de ter caráter corporativista econômica, epidemiológica, nutricional ou de áreas afins e é de responsabilidade coletiva, que respeitem a diversidade cultural e que sejam socialmente, economicamente e ambientalmente sustentáveis. A adoção de práticas sustentáveis na produção de alimentos tem sido valorizada pela sociedade, pois a necessidade de produzir mais alimentos para suprir de modo satisfatório a demanda é evidente quando se leva em conta o crescimento da população mundial – com previsão de 9 bilhões de pessoas em 2050.

A utilização do sistema de produção agroecológico vem sendo uma alternativa para tentar minimizar os danos causados à população pelo consumo de alimentos provenientes de produtos prejudiciais. O sistema agroecológico de produção propõem formas alternativas de manejo dos recursos naturais e de organização social, capazes de responder positivamente aos desafios da produção agrícola sustentável, da preservação da biodiversidade, da diversidade sociocultural e da inclusão social (MOREIRA, 2003).

O sistema agroecológico, muito utilizado nas hortas comunitárias urbanas e peri urbanas, favorece o fortalecimento da segurança alimentar e nutricional, como acontece, por exemplo, no projeto Horta Vital localizado na Unidade Básica de Saúde Vitória Régia, no município de Cáceres-MT. Para além da produção de alimentos, o cultivo de plantas medicinais e comestíveis, a horta comunitária pode agregar dimensões e significados associados à área da saúde, favorecendo escolhas saudáveis por parte da comunidade no lugar onde vivem e trabalham.

Neste contexto, o Projeto Horta Vital visa trabalhar na interface de ações educativas contribuindo para a saúde, além de possibilitar a integração e a criação de um grupo social, que sejam participantes ativos na mudança de suas próprias vidas. Especificamente, objetiva-se produzir hortaliças no sistema agroecológico para contribuir na alimentação das famílias assistidas pelo ESF Vitória Régia, em Cáceres-MT, almejando principalmente o controle de níveis pressóricos e glicêmicos em pessoas da comunidade. As ações do projeto visa, também, proporcionar aos acadêmicos do curso de Agronomia o desenvolvimento de atividades práticas, com aplicação dos conceitos de sua formação, trabalhando as relações interpessoais com o grupo e com a comunidade.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada baseou-se na proposta no projeto mãe, com adaptações. O projeto Horta Vital foi desenvolvido no bairro Vitória Régia, nas instalações da Unidade Básica de Saúde, do Programa da Saúde da Família. Os encontros com os participantes do projeto, alunos, professores e a comunidade foi realizada uma vez na semana, aos sábados, sendo constituída de atividades na horta e mutirões de cultivo e colheita.

Para uma melhor formação da equipe envolvida no projeto, durante os dias da semana priorizaram-se as atividades na horta comunitária com os acadêmicos do curso de agronomia, como irrigação, manejo de pragas, observação e discussão dos cuidados necessários para o desenvolvimento das hortaliças e plantas medicinais, em forma de escala.

Na horta, foram cultivadas hortaliças convencionais e não convencionais, cultivares adaptadas ao nosso clima e de preferência das famílias, sendo de espécies ricas em fibras, vitaminas e minerais, já identificadas nos projetos anteriores. Sempre visando proporcionar uma capacitação maior aos membros do projeto (professores, acadêmicos e equipe de saúde da família) foram realizadas palestras e reuniões, abordando as temáticas de segurança alimentar e nutricional, importância das hortaliças na alimentação, cultivo de hortaliças e hortaliças não convencionais.

Foi dada continuidade à produção de mudas, em bandeja, com a utilização de substrato comercial, no viveiro que se encontra localizada junto à área da horta. As colheitas foram realizadas no final de cada ciclo das hortaliças, sendo acondicionadas em sacos plásticos e fornecidas ao ESF, que as destinava às pessoas que apresentavam níveis pressóricos e diabetes alterados, visando melhorar a sua alimentação. As atividades foram avaliadas com observação participante e registradas através de caderno de campo, fotos e relatórios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mantendo a horta reestruturada e dando continuidade ao projeto que vem sendo desenvolvido desde 2015, pode-se manter uma boa produção por algum tempo, fazendo o manejo correto das culturas e proporcionando uma diversificação na alimentação do público alvo.

As mudanças na estrutura da horta foram acontecendo no decorrer do projeto, como o sombreamento proporcionado pelas telas, anteriormente colocada a 1 m do solo sobre cada canteiro, tornou-se uma estrutura única, favorecendo o traslado das pessoas durante o manejo das culturas. A irrigação utiliza atualmente sistema de micro aspersão com utilização de mangueira tipo Santeno®, que melhorou a irrigação, tornando-a mais homogênea. O ambiente de produção de mudas foi adequado quanto ao sombreamento (de 50% para 70% de sombreamento), que proporcionou uma



maior produção de mudas. Também, foi construído outro ambiente protegido de 3 x 7 m. com 50% de sombreamento, destinado para trabalhos experimentais do projeto relacionados à produção de hortaliças baby leaf.

Foram produzidas hortaliças-fruto, hortaliças-herbáceas e hortaliças-tuberosas, como: alface, rúcula, almeirão, couve, chicória, mostarda, feijão vagem, salsa, coentro, cebolinha, tomate, jiló, quiabo, abóbora, berinjela, cenoura, beterraba, rabanete e mandioca, além de hortaliças não convencionais como taioba, coentrão, serralha, ora pro nobis e alho folha, disponibilizadas para a comunidade, tendo livre acesso os idosos, participantes do projeto e a equipe da ESF.

Nos dias especiais de colheita, foram feitos maços com as hortaliças disponíveis na horta e, semanalmente, disponibilizados à equipe da ESF, responsável de proceder a entrega às pessoas da comunidade que, segundo acompanhamento da equipe de saúde da ESF, apresentavam necessidade e urgência em controlar seus níveis pressóricos e glicêmicos. O empenho da equipe da saúde foi no sentido de buscar o controle destes níveis e almejando sempre a adesão ao tratamento por estas pessoas. Esta ação ocorreu no período de outubro de 2016 a março de 2017, atendendo em média 12 famílias. Segundo relato da coordenação da ESF, o desafio consiste na adesão ao tratamento por estas pessoas. Assim, além da adesão ao tratamento terapêutico, houve maior investimento nos fatores educativos como ao cultivo de hábitos e atitudes promotoras de qualidade de vida e ao desenvolvimento da consciência para o autocuidado. Os resultados do alcance dos objetivos propostos pelo ESF para o controle da hipertensão e diabetes nos clientes descompensados ainda não foram levantados.

Pesquisas recentes sugerem efeito complexo da ingestão de frutas e hortaliças no controle das doenças cardiovasculares e de outras morbidades. A importância das frutas e hortaliças na alimentação é destacada pelo fato de que estas se constituem em fontes de minerais, vitaminas, fibras alimentares, que protegem o organismo contra o envelhecimento precoce, a aterosclerose e alguns tipos de câncer.

No período de maior concentração pluvial média, que ocorre de dezembro a março em Cáceres-MT, houve uma queda acentuada na produção de hortaliças no espaço do projeto Horta Vital, agravada a partir de fevereiro de 2017, que motivou a descontinuidade na entrega de hortaliças às famílias com pessoas com descontrole pressórica e glicêmica. Entretanto, foi divulgado que havia hortaliças como a serralha, ora pro nobis, taioba, alho folha, coentrão e beldroega, que podem ser denominadas hortaliças não convencionais ou plantas alimentícias não convencionais, que apresentaram significativa produtividade no período. Houve pequena aceitação da taioba e do coentrão, porém pareceu não haver interesse no consumo de outras hortaliças não convencionais apesar de espécies bastante divulgadas nas fases anteriores do projeto.

O Projeto Horta Vital vem divulgando a importância do consumo de hortaliças e das hortas comunitárias, e com isso tem surgido oportunidades de levar informações

sobre o projeto e de como montar uma horta por meio de palestras, para um público diversificado, como professores municipais da cidade de Figueirópolis D'Oeste, alunos da UNEMAT que cursavam a disciplina de Horticultura, um grupo que pretendem implantar uma horta comunitária na cidade de Cáceres-MT e escolas, atendendo a um dos princípios do projeto Horta Vital que é de gerar na população uma reflexão sobre a importância do consumo de diversas hortaliças e a atividade prazerosa de produzir o seu próprio alimento.

Os desafios de uma horta comunitária são a participação da comunidade e do manejo de controle de pragas para a produção de hortaliças no sistema agroecológico na horta urbana comunitária. Considera-se de relevância as atividades da horta ao proporcionar aos acadêmicos a possibilidade de aplicar seus conhecimentos na prática, levantar problemas e soluções e conhecer a diversa realidade social.

## CONCLUSÃO

O projeto Horta Vital proporciona uma alimentação diversificada quando produtiva aos participantes do projeto, trazendo uma melhoria na alimentação ofertando nutrientes que são indispensáveis ao bom desenvolvimento do ser humano.

A reestruturação da horta trouxe melhorias para as pessoas participantes do projeto, além de favorecer o bom manejo das culturas cultivadas, tornando a produção agroecológica mais satisfatória, promovendo uma segurança alimentar aos consumidores e auxiliar no controle da hipertensão arterial sistêmica e de diabetes de algumas pessoas da comunidade.

O projeto proporcionou, não só a comunidade, mas também aos participantes em geral, informações positivas de forma prática e presencial, de como funciona produção de hortaliças, mostrando que um planejamento bem feito pode-se produzir alimentos durante todo o ano.

## REFERÊNCIAS

MOREIRA, R.M. Transição agroecológica: conceitos, bases sociais e a localidade de Botucatu/ SP – Brasil. 2003. 151f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NASCIMENTO, A.L; ANDRADE, S.L.L.S. Segurança alimentar e nutricional: pressupostos para uma nova cidadania, **Ciência e Cultura**, v. 62, n. 4. São Paulo, 2010.

## OS IMPASSES DO USO DE HERBICIDAS SINTÉTICOS E AS POTENCIALIDADES DOS BIOHERBICIDAS

Data de aceite: 20/12/2019

### **Carlos Eduardo de Oliveira Roberto**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Produção Vegetal, Alegre-Espírito Santo, duh\_kadu@hotmail.com

### **Thammyres de Assis Alves**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Produção Vegetal, Alegre-Espírito Santo, thammyresalves@gmail.com

### **Josimar Aleixo da Silva**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Produção Vegetal, Alegre-Espírito Santo, josimaraleixo\_@hotmail.com

### **Rodrigo Monte Lorenzoni**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Produção Vegetal, Alegre-Espírito Santo, rodrigomlorenzoni@gmail.com

### **Francisco Davi da Silva**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Produção Vegetal, Alegre-Espírito Santo, daviagro@alu.ufc.br

### **Patrícia Fontes Pinheiro**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde– CCENS -UFES/Departamento de Química, Alegre-Espírito Santo, patriciafontespineiro@yahoo.com.br

### **Milene Miranda Praça Fontes**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde– CCENS -UFES/Departamento de Biologia, Alegre-Espírito Santo, milenemiranda@yahoo.com.br

### **Tais Cristina Bastos Soares**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Produção Vegetal, Alegre-Espírito Santo, tcbsoares@yahoo.com.br

**RESUMO:** Para os próximos anos, existe uma grande perspectiva do crescimento, tanto na produtividade quanto em áreas agrícolas cultivadas no Brasil. Dentre os principais fatores associados a essa expansão está o uso de fertilizantes e de agrotóxicos. Desde 2008, o Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de consumo de agrotóxicos. Os herbicidas são os agrotóxicos mais empregados no consumo interno comumente utilizados, e representam em média 45% dos custos empreendidos nesses produtos, em diversos cultivos. Embora o objetivo seja proporcionar aumento na produtividade, os principais herbicidas aplicados no campo são compostos sintéticos com alta atividade biológica. Na sua grande maioria, são produtos tóxicos, podendo ocasionar câncer e mutações. A aplicação excessiva dos agrotóxicos desencadeia tanto desequilíbrios

ecológicos como biológicos, promovendo pressão agrícola e reduzindo a biodiversidade local da flora e da fauna, levando a instabilidade dos ecossistemas. O emprego habitual de um mesmo herbicida ou de um conjunto de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação tem aumentado a manifestação de populações daninhas resistentes. O impacto econômico dessa resistência na agricultura americana aumentou os custos de manejo entre 4 e 20% nas áreas com problemas de resistência ao glifosato. Assim, a busca por novos herbicidas para o controle dos biótipos resistentes aos herbicidas comerciais é de suma importância. O uso de compostos naturais na elaboração de novos herbicidas, os chamados bio-herbicidas, que apresentem novos mecanismos de ação é uma das alternativas para diminuir o número de plantas resistentes e reduzir os impactos ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura, agroecologia, plantas daninhas, produtos naturais.

**ABSTRACT:** For the next years, there is a great prospect of growth, in both productivity and in cultivated agricultural areas in Brazil. Among the main factors associated with this expansion is the use of fertilizers and pesticides. Since 2008, Brazil occupies the first place in the world ranking of pesticide consumption. Herbicides are the most commonly used pesticides in domestic consumption, and represent on average 45% of the costs incurred in these products in various crops. Although the goal is to increase productivity, the main herbicides applied in the field are synthetic compounds with high biological activity. Most of them are toxic products and can cause cancer and mutations. Excessive application of pesticides triggers both ecological and biological imbalances, promoting agricultural pressure and reducing local biodiversity of flora and fauna, leading to ecosystem instability. The usual use of the same herbicide or a set of herbicides with the same mechanism of action has increased the manifestation of resistant weed populations. The economic impact of this resistance on US agriculture has increased management costs by 4 to 20 percent in areas with glyphosate resistance problems. Thus, the search for new herbicides for the control of commercial herbicide resistant biotypes is of paramount importance. The use of natural compounds in the elaboration of new herbicides, the called bio-herbicides, that present new mechanisms of action is one of the alternatives to decrease the number of resistant plants and reduce environmental impacts.

**KEYWORDS:** agriculture, agroecology, natural products, weeds.

## 1 | SETOR AGRÍCOLA NO BRASIL E USO DOS AGROTÓXICOS

Desde 2008, o Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de consumo de agrotóxicos. Enquanto, nos últimos dez anos o mercado mundial desse setor cresceu 93%, no Brasil, esse crescimento foi de 190%, tendo a venda de agrotóxicos no mercado interno um salto de US\$ 2 bilhões para mais de US\$ 7 bilhões entre os anos de 2001 e 2008, alcançando valores recordes de US\$ 10 bilhões em 2013, ficando o Brasil na frente dos Estados Unidos (US\$ 7,3 bilhões) e China (US\$ 4,8 bilhões)

(BOMBARDI, 2017).

Ao longo dos anos, vem ocorrendo um aumento da demanda por alimentos e intenso crescimento das exportações de alguns produtos do agronegócio como a soja, elucidando o progresso no setor agrícola do Brasil (CASTILLO et al., 2016). Tal fato está diretamente relacionado com o aumento no consumo de agrotóxicos, e é devido principalmente, à transformação de produtos da agricultura como a cana, o milho e a soja em energia (BOMBARDI, 2012). Segundo BOMBARDI (2017), a maior parte da venda de agrotóxico está relacionada ao cultivo de soja (52%), cana (10%), milho (10%) e outros cultivos (28%). Existe ainda uma grande perspectiva do crescimento, tanto na produtividade quanto em áreas agrícolas cultivadas no Brasil, para os próximos anos e entre os principais fatores associados a essa expansão está o uso de fertilizantes e de agrotóxicos (FERREIRA, 2015).

A partir da década de 40 iniciou-se o período do uso de herbicidas sintéticos, com a descoberta dos herbicidas auxínicos, ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), e o ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético (MCPA), sendo esses agrotóxicos os mais utilizados no campo mundialmente. Esses herbicidas são seletivos e inovaram o comércio de agroquímicos, desde então inúmeras substâncias químicas passaram a ser utilizadas para o manejo de espécies daninhas, proporcionando um aumento na produtividade e redução de custos em áreas cultivadas (YANG; ZHU, 2013).

No Brasil, a utilização dos agroquímicos expandiu-se na década de 70, e a partir de então o uso desses produtos químicos foi difundido em todo o país (ARAÚJO et al., 2007). Dentre os agrotóxicos comumente utilizados, os herbicidas são os mais empregados no consumo interno e representam em média 45% dos custos com esses produtos em diversos cultivos (ANVISA, 2012).

No ano de 2002, estavam disponíveis para o agricultor brasileiro 2.011 agrotóxicos formulados com registro no Ministério da Agricultura, dentre eles 655 eram herbicidas e 556 inseticidas, para o controle de plantas daninhas e pragas, respectivamente (SINDAG, 2005). Existem no comércio brasileiro pouco mais de 200 marcas disponíveis de herbicidas (SILVA; SILVA, 2007). Enquanto diversos tipos de agrotóxicos foram abolidos de uso em alguns países, há mais de uma década, como é o caso da União Europeia, no Brasil o número de agrotóxicos de uso permitido só aumenta (BOMBARDI, 2017).

Os componentes ativos mais utilizados na classe dos herbicidas no Brasil são o glifosato, que representa 63% do uso, o 2,4-D com 11%, a atrazina correspondente a 10% e outros herbicidas disponíveis totalizam 16% (OLIVEIRA, FAVARETO; ANTUNES, 2013). Esses herbicidas, somados a tecnologia no cultivo, a utilização de sementes de alta qualidade e vigor, mecanização e manejo da fertilização, têm o propósito de otimizar o setor agrícola e acentuar a produtividade (ALVES; TEDESCO, 2016). No entanto, podem apresentar um encadeamento de inúmeros problemas ambientais (CABRERA et al., 2008).

## 2 | AGROTÓXICOS E IMPASSES AMBIENTAIS

Os agrotóxicos são aplicados no campo, frequentemente, no período de pré e pós-colheita das lavouras, principalmente nas culturas de soja, milho e cana-de-açúcar. Dentre esses produtos, os herbicidas utilizados para o controle de plantas espontâneas destacam-se por representar 61,2% do total dos agrotóxicos utilizados no Brasil (Figura 1) (BOMBARDI, 2017).

Embora o objetivo seja proporcionar aumento na produtividade, os principais herbicidas aplicados no campo são compostos sintéticos com alta atividade biológica. Em sua grande maioria, são produtos tóxicos, podendo ocasionar câncer e mutações. Um dos piores problemas é que essas substâncias são aplicadas em quantidades excessivas e em extensas áreas, e o destino final de seus contaminantes é o meio ambiente (CABRERA et al., 2008). Essa degradação tem consequências em longo prazo e seus efeitos podem ser irreversíveis, com prejuízos à saúde humana e alterações significativas nos ecossistemas, uma vez que utilizados na agricultura, as suas moléculas podem seguir diferentes rotas no ambiente (BOHNER et al., 2013).

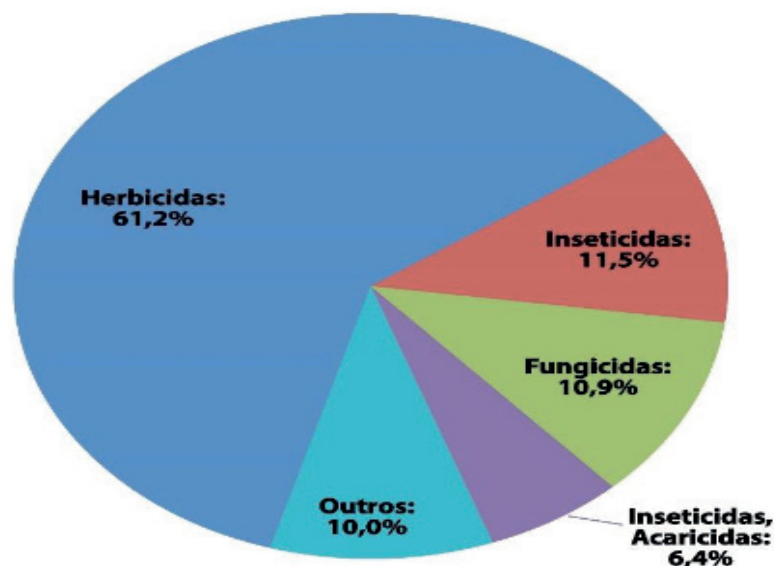


Figura 1. Uso de agrotóxicos por tipo no Brasil. Fonte: (BOMBARDI, 2017).

O glifosato N-(fosfometil) glicina (Figura 2), foi introduzido no mercado mundial em 1970, sendo um marco no setor agrícola e um dos herbicidas mais vendidos no mundo (KUDSK; STREIBIG, 2003). Esse produto é classificado como herbicida não-seletivo, aplicado no período de pós-emergência e possui mecanismo de ação sistêmico. É considerado muito eficiente, tendo como consequência, alto emprego no mundo inteiro (APPLEBY et al., 2005). No ano de 2013, o glifosato foi o herbicida mais vendido no Brasil, tendo mais de 185 mil toneladas comercializadas (BOMBARDI, 2017).



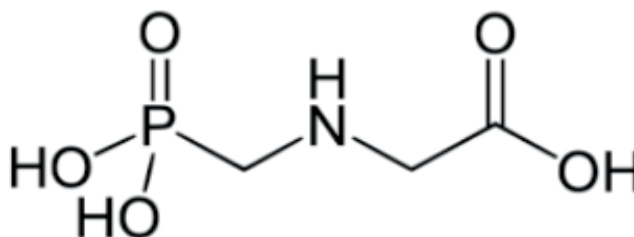


Figura 2. Estrutura química do composto glifosato.

Os agrotóxicos são aplicados diretamente nas plantas ou no solo, e mesmo aqueles aplicados diretamente nas plantas têm como destino final o solo. Estima-se que menos de 10% do que é aplicado por pulverização atinge seu alvo (BOHNER et al., 2013), sendo que os lençóis freáticos subterrâneos podem ser contaminados através da lixiviação da água e da erosão dos solos. Esta contaminação também pode ocorrer superficialmente, devido à intercomunicabilidade dos sistemas hídricos, atingindo áreas distantes do local de aplicação. Dessa maneira, práticas agrícolas e a vulnerabilidade natural de aquíferos podem representar um alto nível de impactos negativos, tornando assim a água imprópria para o consumo (RIBEIRO et al., 2007; BELCHIOR et al., 2014). Frequentemente, a concentração residual de herbicidas em água destinada ao consumo humano é encontrada acima dos níveis permitidos (GIARDI et al., 2005).

Além da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, dos solos, a aplicação excessiva dos agrotóxicos desencadeia tanto desequilíbrios ecológicos como biológicos, promovendo pressão agrícola e reduzindo a biodiversidade local da flora e da fauna, levando a instabilidade dos ecossistemas (SILVA et al., 2012; BELCHIOR et al., 2014). Portanto, muitos agrotóxicos podem influenciar de forma direta ou indireta na população da macro e microfauna, como é o caso do herbicida glifosato (ZILLI et al., 2008).

Os agrotóxicos também são considerados um premente problema de saúde pública, uma vez que a população quase na sua totalidade se encontra exposta aos seus efeitos negativos de diferentes formas e níveis, incluindo os produtores e consumidores finais dos alimentos contaminados (GERAGE, 2016). Devido a essas intoxicações humanas, no Brasil existe uma enorme preocupação das autoridades com relação ao contato direto ou indireto com os agrotóxicos.

No período entre os anos de 2007 e 2015, foram notificados 84.206 casos de intoxicação por agrotóxicos no SINAN – (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), sendo que no ano de 2014 foi identificada a maior incidência de casos, saltando de 6,26 mil para 100 mil. Foi relatado o desenvolvimento de doenças agudas e crônicas associadas à toxicidade dos agrotóxicos, entre elas: dores de cabeça, náuseas, vômitos, letargia, broncoespasmos, fraqueza, insônia, convulsões, efeitos mutagênicos, linfoma, mal de Parkinson, problemas neurológicos e cardíacos, alterações cromossômicas, interferência na gametogênese e alteração

de personalidade (GERAGE, 2016).

Além dos problemas citados, a intensa utilização dos agrotóxicos nas áreas agrícolas favorece ainda o aumento da pressão de seleção, contribuindo para a seleção de biótipos resistentes de algumas espécies espontâneas aos herbicidas convencionais, trazendo enormes prejuízos econômicos com seu manejo.

### 3 | HERBICIDAS CONVENCIONAIS E RESISTÊNCIA DE PLANTAS

Desde a descoberta dos herbicidas, seu uso rotineiro e indevido no campo para o manejo de plantas espontâneas, vem acarretando o surgimento de resistência de biótipos por pressão de seleção a tais substâncias em algumas espécies. Essas plantas daninhas resistentes aos herbicidas são determinadas a partir de indivíduos que apresentam modificações genéticas dentro da mesma população. Essa resistência é notada quando as plantas apresentam capacidade de sobrevivência e propagação após a exposição a doses letais dos herbicidas convencionais (LEAL et al., 2012).

Conseqüentemente, o emprego habitual de um mesmo herbicida ou de um conjunto de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação tem aumentado a manifestação de populações daninhas resistentes. Como exemplo, os herbicidas com mecanismo de ação que atuam como inibidores da acetolactato sintase (ALS) foram um dos maiores causadores do surgimento de plantas daninhas resistentes entre a década de 80 e os anos 2000 (TRANEL; WRIGHT, 2002). Atualmente, outros herbicidas têm levado algumas espécies de plantas daninhas a adquirir resistência e entre eles destaca-se o que possui o glifosato como princípio (AMARANTE JÚNIOR et al., 2012).

O glifosato é um dos herbicidas mais utilizados no mundo, no manejo de plantas daninhas anuais ou perenes em diversos sistemas de produção. O mecanismo de ação do glifosato age inibindo a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), resultando no acúmulo de ácido chiquímico nas plantas e na redução da biossíntese de aminoácidos aromáticos (GEIGER; FUCHS, 2002). Com a inovação dos transgênicos, que são geneticamente modificados para tolerar as aplicações do glifosato, vem ocorrendo significativo aumento de seleção de biótipos resistentes em espécies de plantas daninhas (KOGER; REDDY, 2015).

Recentemente, no mundo foram reveladas 480 ocorrências de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, sendo 251 espécies resistentes a 163 ingredientes ativos distintos, abrangendo 91 culturas distribuídas em 69 países (HEAP, 2017). Os primeiros casos de resistência a herbicidas no Brasil foram relatados com as espécies *Bidens pilosa* (picão-preto) e *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), no ano de 1993, estes herbicidas apresentavam mecanismos de ação inibidores da enzima acetolactato-sintase - ALS (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014).

Atualmente foram descritos 44 novos casos de resistência de plantas daninhas, abrangendo 22 espécies distintas e tolerantes a oito mecanismos de ação diferentes dos herbicidas comerciais. Entre essas espécies estão a *Amaranthus viridis* (Caruru de

mancha), que no ano de 2011 apresentou resistência aos herbicidas com mecanismos de ação inibidores da ALS + Fotossistema II, e Eleusine indica (Capim pé-de-galinha), que no ano de 2016 apresentou esse mesmo comportamento para os produtos com glifosato e mecanismos de ação inibidores da EPSPs (Tabela 1) (HEAP, 2017). Esses novos casos de resistência de plantas daninhas apresentaram-se tolerantes a 23 dos 26 mecanismos de ação descritos dos herbicidas comercializados com o manejo., um total equivalente a 161 produtos diferentes.

| Ano  | Nome científico               | Nome comum          | Mecanismo de ação <sup>1</sup> |
|------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 2014 | <i>Amaranthus retroflexus</i> | Caruru-gigante      | Inibidor Prottox               |
| 2015 | <i>Cyperus iria</i>           | Tiririca-do-brejo   | Inibidor da ALS                |
| 2015 | <i>Amaranthus palmeri</i>     | Caruru palmeri      | Inibidor da EPSPs              |
| 2015 | <i>Echinochloa crus-galli</i> | Capim-arroz         | Inibidor ACCase+ALS+PSII       |
| 2016 | <i>Eleusine indica</i>        | Capim pé-de-galinha | Inibidor da EPSPs              |
| 2016 | <i>Digitaria insularis</i>    | Capim-amargoso      | Inibidor da ACCase             |
| 2016 | <i>Bidens pilosa</i>          | Picão-preto         | Inibidor da ALS+PSII           |
| 2016 | <i>Lolium multiflorum</i>     | Azevém              | Inibidor da ACCase+ALS         |
| 2017 | <i>Lolium multiflorum</i>     | Azevém              | Inibidor da EPSPs+ALS          |
| 2017 | <i>Conyza sumatrensis</i>     | Buva                | Inibidor do PSI                |

Tabela 1. Histórico dos relatos da ocorrência de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil, segundo critérios da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas.

<sup>1</sup>ALS - inibidor da enzima acetolactato sintase; ACCase – inibidor da enzima acetil coenzima-Acarboxilase; EPSPs – inibidor da enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato; Prottox – inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase; PSI – inibidor do fotossistema I, PSII- inibidor do fotossistema II. Fonte: HEAP, 2017.

Em países da Europa e na Austrália, nas zonas produtoras de grãos, os custos com o manejo de espécies resistentes a herbicidas podem atingir o dobro em confronto com regiões livres de resistência (PANNELL et al., 2016). Os Estados Unidos têm hoje o maior registro de casos de plantas daninhas resistentes ao glifosato. De acordo com Livingston et al. (2015), o impacto econômico da resistência de plantas daninhas na agricultura americana aumentou os custos de manejo nas áreas com problemas de resistência ao glifosato, podendo chegar a perdas anuais entre 4 a 20%. Na Figura 4, o gráfico apresenta a evolução de casos de plantas daninhas resistentes a herbicidas no mundo (WEED SCIENCE, 2016).

Diante do exposto, a busca por herbicidas alternativos para o controle dos biótipos resistentes de plantas daninhas aos herbicidas comerciais é de suma importância, visto que essa resistência dificulta onerosamente o manejo das mesmas. O uso de compostos naturais na elaboração de novos herbicidas, os chamados bio-herbicidas, que apresentem novos mecanismos de ação é uma das alternativas para diminuir o número de plantas resistentes (DAYAN; DUKE, 2014).

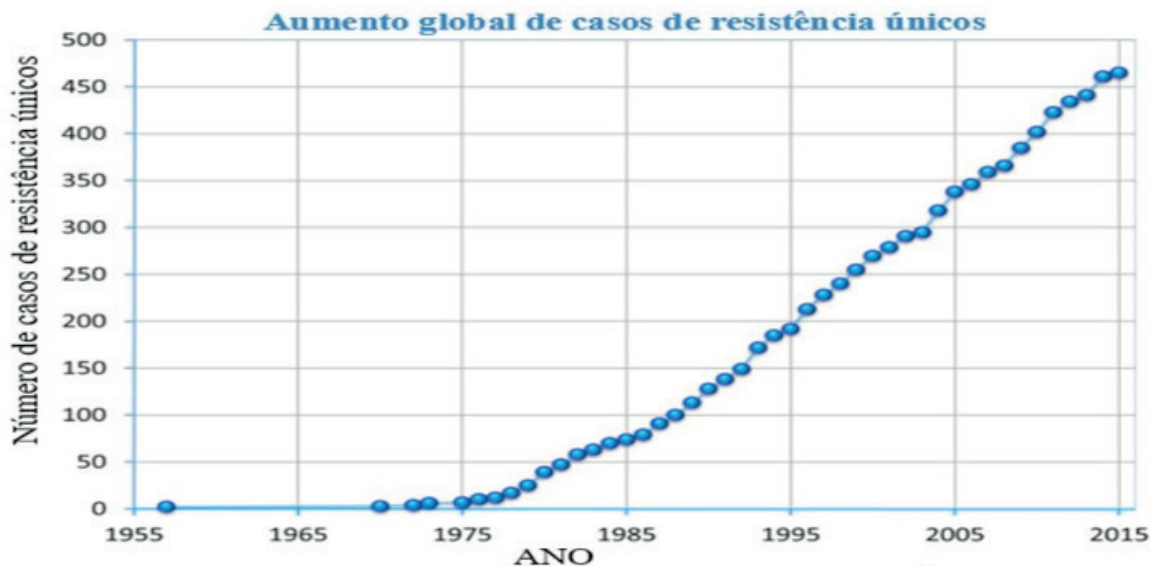


Figura 3. Aumento global de casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Fonte: WEED SCIENCE, 2016.

#### 4 | OBTENÇÃO DE BIO-HERBICIDAS A PARTIR DE COMPOSTOS NATURAIS

A aplicação de compostos semissintéticos, oriundos de compostos naturais com elevada atividade biológica é uma excelente alternativa para obtenção de bio-herbicidas com diferentes mecanismos de ação no manejo de plantas daninhas. Para obtenção desses bio-herbicidas, é necessário que seus derivados sejam eficazes no controle de plantas e também que sejam facilmente obtidos a um baixo custo (SOUZA FILHO et al., 2006). Essas substâncias naturais têm que ser eficientes na sustentabilidade e na produtividade agrícola, sem ocasionar impactos à saúde e ao meio ambiente, diferentemente dos herbicidas sintéticos convencionais (VILA-AIUB et al., 2005).

Muitos compostos derivados, como os metabólitos secundários, são utilizados como referência em programas de síntese na obtenção de novos herbicidas e permitem o estudo do seu modo de ação (COPPING; DUKE, 2007). Esses compostos são produzidos pelos vegetais naturalmente e possuem função na defesa da planta ao ataque de predadores e na competição por espaço, água e nutrientes com outras espécies (principalmente daninhas), podendo ser potencialmente utilizados como produtos fitotóxicos (SIMÕES et al., 2010).

Existem alguns metabólitos secundários produzidos por espécies de plantas, que afetam diretamente a germinação e o desenvolvimento de outras espécies, que ocupam o mesmo ambiente. Esses compostos são determinados como alelopáticos ou aleloquímicos (WEIR et al., 2004). Algumas substâncias aleloquímicas provocam inibição total da germinação de sementes, aparecimento de problemas no sistema radicular, no desenvolvimento das plântulas e podem acarretar a morte das mesmas (TEIXEIRA et al., 2004). Tais compostos naturais são capazes de operar em diversos sítios de ação, diversificando-os dos herbicidas convencionais, que apresentam mecanismos de ação comum (DUKE et al., 2000). Apenas 20 mecanismos de ação

dos herbicidas são conhecidos e só dois desses provieram de produtos naturais e possuem ação distinta dos demais (DUKE; DAYAN, 2015). Tais fatos evidenciam as potencialidades dos aleloquímicos para modelos na obtenção de novos herbicidas semissintéticos (bio-herbicidas).

Para obtenção de novos compostos análogos aos herbicidas fenoxiacéticos comerciais é indispensável avaliar o potencial fitotóxico desses fenóis naturais em laboratórios, casa de vegetação e no campo, tanto nas formas puras, como com a adição do grupo ácido que geram novas moléculas semissintéticas, com alta atividade biológica e propriedades diferentes dos produtos comerciais. Alguns óleos essenciais já foram descritos com função herbicida, ocasionando clorose de plântulas no período de emergência, impedindo a biossíntese de clorofilas e de carotenoides (LEI et al., 2016). Dessa forma, os óleos essenciais se tornaram uma importante alternativa para minimizar os problemas com resistência de plantas ao uso de compostos orgânicos, além de serem livres de resíduos e com atividades herbicidas.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Ed.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelotas: Editora UFPel. 2014. p. 9-32.

ALVES, C. T.; TEDESCO, J. C. A revolução verde e a modernização agrícola na mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul–1960/1970. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 21, n. 45, 2015.

AMARANTE JÚNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2012.

ANVISA. **Seminário de mercado de agrotóxico e regulação**. Brasília: ANVISA.2010412. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/anvisa+portal/anvisa/sala+de+imprensa/assunto+de+interesse/noticias/seminario+volta+a+discutir+mercado+de+agrototoxicos+em+2012>>. (Acesso em: 23 Maio 2019).

APPLEBY, A. P. A history of weed control in the United States and Canada - a sequel. **Weed Science**, v. 53, p. 762-768, 2005.

ARAÚJO, A. J.; LIMA, J. S.; MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; SOARES, M. O.; MONTEIRO, M. C. M.; AMARAL A. M.; KUBOTA, A.; MEYER, A.; COSENZA, C. A. N.; NEVES C.; MARKOWITZ, S. Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais, Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n.1, p. 115-130, 2007.

BELCHIOR, D. C. V.; SARAIVA A. S.; LÓPEZ A. M. C.; SCHEIDT G. N. Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília. v. 34, n. 1, p. 135-151, jan./abr. 2014.

BOHNER, T. O. L.; ARAÚJO, L. E. B. & NISHIJIMA T. O impacto ambiental do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores rurais. *Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM*. v. 8, p. 329-341. 2013.

BOMBARDI, L. M. Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia. Laboratório de Geografia Agrária. FFLCH - USP, **São Paulo**, 2017.

BOMBARDI, L. M. Agrotóxicos e agronegócio: arcaico e moderno se fundem no campo brasileiro.



Direitos Humanos no Brasil 2012. **Relatório da Rede Social de Justiça e Direitos Humanos**. São Paulo, 2012.

CABRERA, L.; COSTA, F. P.; PRIMEL, E. G. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 1982-1986, 2008.

CASTILLO, Ricardo et al. Regiões do agronegócio, novas relações campo-cidade e reestruturação urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 12, n. 18, p. 265-288, 2016.

COPPING, L. G.; DUKE, S. O. Natural products that have been used commercially as crop protection agents. **Pest Management Science**, v. 63, p. 524-554, 2007.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Natural compounds as next-generation herbicides. **Plant physiology**, 166.3: p. 1090-1105, 2014.

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; ROMAGNI, J. G.; RIMANDO, A. M. Natural products as sources of herbicides: Current status and future trends. **Weed Research**, v. 40, p. 99-111, 2000.

DUKE, S. O., DAYAN, F. E. Discovery of new herbicide modes of action with natural phytotoxins. In: **Discov Synth Crop Prot Prod**. v, 1204, p. 79-92, 2015.

FERREIRA, MARIA LEONOR PAES CAVALCANTI. A pulverização aérea de agrotóxicos no Brasil: cenário atual e desafios. **Revista de Direito Sanitário**, v. 15, n. 3, p. 18-45, 2015.

GEIGER, D. R.; FUCHS, M. A. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K.; HIRAI, K. (Ed.). **Herbicide classes in development**. Berlin: Springer-Verlag, p. 59-85, 2002.

GERAGE, M. J. **Exposição aos resíduos de agrotóxicos por meio do consumo alimentar da população brasileira**. 2016.102f. Dissertação, (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba, 2016.

GIARDI, M. T.; GUZZELLA, L.; REEZET, P.; ROUILLON, R.; ESPOSITO, D. Detection of herbicide subclasses by an optical multi biosensor based on an array of photosystem II mutants. **Environmental Science & Technology**, v. 39, n. 14, p. 5378-5384, 2005.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**; 2017. Disponível em: <[www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)>. Acesso em: 14 maio 2019.

KOGER, C. H.; REDDY, K. N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Sci.**, v. 53, p. 84-89, 2015.

KUDSK, P.; STREIBIG, J. C. Herbicides - a two-edged sword. **Weed Research**, v. 43, p. 90-102, 2003.  
LEAL, U. A. S., SILVA, G. N., KARAM, D. Otimização Dinâmica Multiobjetivo da Aplicação de Herbicida Considerando a Resistência de Plantas Daninhas. **Biomatemática**, v.22, p.1-16, 2012.

LEI, K., HUA, X. W., TAO, Y. Y., LIU, Y., LIU, N., MA, Y., ... KONG, C. H., 2016.

LIVINGSTON, M.; FERNANDEZ-CORNEJO, J.; UNGER, J.; OSTEEEN, C.; SCHIMMELPFENNIG, PARK, T.; LAMBERT, D. The economics of glyphosate resistance management in corn and soybean production. Washington: USDA, **Economic Research Service**, (Economic Research Report, 184) p. 45, 2015.

OLIVEIRA, T. G., FAVARETO, A. P. A., ANTUNES, P. A. Agrotóxicos: levantamento dos mais utilizados no oeste paulista e seus efeitos como desreguladores endócrinos. Periódico Eletrônico; **Fórum Ambiental** da Alta Paulista, 9(11), 2013.



- PANNELL, D. J.; TILLIE, P.; RODRÍGUEZ-CEREZO, E.; ERVIN, D.;FRISVOLD, G. B. Herbicide resistance: economic and environmental challenges. **AgBioForum**, v. 19, n. 2, p. 136-155, 2016.
- RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 688-694, 2007.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: Editora UFV, p. 365p, 2007.
- SILVA, L. O. C. et al. Action of Eleusine coracana in the remediation of soils contaminated with picloram. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 627-632, 2012.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: Da planta ao medicamento. 6. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Universidade/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ Da Universidade Federal de Santa Catarina, p. 1102, 2010.
- SINDAG - SINDICATO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS. **Uso de defensivos é intensificado no Brasil**. 2005. Disponível em: Acesso em: 05 maio 2019.
- SOUZA FILHO, A. P. S. et al. **Allelopathic potential of Myrciaguianensis**. Planta daninha, v. 24, n. 4, p. 649-656, 2006.
- TEIXEIRA, CÍCERO MONTI; ARAÚJO, JOÃO BATISTA SILVA; DE CARVALHO, GABRIEL JOSÉ. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) **Cover plants allelopathic potential in *Bidens pilosa* L. control**. Ciência e Agrotecnologia, v. 28, n. 3, p. 691-695, 2004.
- TRANEL, P. J.; WRIGHT, T. R. **Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned**; Weed Science, v. 50, p.700-712, 2002.
- VILA-AIUB, M. M.; GHERSA, C. M. Building up resistance by recurrently exposing target plants to sublethal doses of herbicide. **European Journal of Agronomy**, v. 22, p. 195-207, 2005.
- WEED SCIENCE. International Survey of Herbicide Resistant Weeds, 2017. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/>>. Acesso em: 09 maio 2019.
- WEIR, TIFFANY L.; PARK, SANG-WOOK; VIVANCO, JORGE M. **Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals**. Current opinion in plant biology, v. 7, n. 4, p. 472-479, 2004.
- YANG, DENNIS TAO; ZHU, XIAODONG. Modernization of agriculture and long-term growth. **Journal of Monetary Economics**, v. 60, n. 3, p. 367-382, 2013.
- ZILLI, J. E.; BOTELHO, G. R.; NEVES, M. P.; RUMJANEK, N. G. **Efeito de glyphosate e imazaquin na comunidade bacteriana do rizoplane de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e em características microbiológicas do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 32, n. 2, p. 633-642, mar./abr. 2008.

## AVALIAÇÃO DOS EFEITOS GENOTÓXICOS COM UTILIZAÇÃO DOS TESTES DE MICRONÚCLEO E ANORMALIDADE NUCLEAR EM SERRASALMUS BRANDTII (LÜTKEN, 1865) NO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA, SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Data de submissão: 22/11/2019

Data de aceite: 20/12/2019

### **Fátima Lúcia de Brito dos Santos**

Universidade do Estado da Bahia

Paulo Afonso – Bahia

<http://lattes.cnpq.br/1035949574595488>

### **Márcia Cordeiro Torres**

Universidade do Estado da Bahia

Paulo Afonso – Bahia

<http://lattes.cnpq.br/5349485438773176>

### **Angerlane da Costa Pinto**

Universidade do Estado da Bahia

Paulo Afonso – Bahia

<http://lattes.cnpq.br/3827827224644809>

**RESUMO:** O trabalho objetivou avaliar efeitos genotóxicos utilizando teste de micronúcleo e anormalidades nucleares como biomarcadores, através da espécie de peixe *Serrasalmus brandtii* no Reservatório Itaparica (submédio rio São Francisco). As coletas foram realizadas em área circundada de cultivos no período de janeiro, abril, junho, setembro e novembro/18 e janeiro/19 na Agrovila 1 (sítio 1) e Brejinho de Fora (sítio 2 – ponto controle). Amostras de sangue foram obtidas por venopunção caudal para confecção de lâminas fixadas com metanol, coradas por

Giemsa 5%. Análise citológica foi realizada a partir da leitura de 1.000 eritrócitos por lâmina em microscópio óptico em triplicata. Análise estatística utilizou ANOVA associada ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) programa SISVAR. Análises das variáveis físico-químicas e microbiológica foram realizadas pela Empresa Água e Terra. O número médio de células analisadas com MN comparado entre os sítios amostrais apresentou diferença significativa para Agrovila 01, ficando o controle com menores médias. Na Agrovila 01, a diferença significativa foi observada no mês de janeiro/18 ( $346 \pm 0,19f$ ), contudo abril, junho, setembro e novembro/18 não diferiram significativamente. Para ponto controle não foi observado diferença significativa no período estudado. Comparativamente, na Agrovila 01 foi observado um aumento, ficando Brejinho de Fora com as menores frequências de MN. A frequência de AN apresentou alterações relevantes para sítio 1 nos meses de janeiro, junho e setembro/18 quando comparado ao sítio 2. O sítio 1 exibiu maiores médias significativas para setembro e novembro em relação ao sítio 2. Todas as anormalidades nucleares apresentaram diferença estatística em todos os meses e entre os sítios. Foi identificado um potencial genotóxico para a área amostrada. Os parâmetros físico-químicos e microbiológico resultantes da análise da água junto ao teste de MN e AN se encontraram dentro dos padrões

estabelecidos pela legislação, não comprovando contaminação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agroquímicos. Biomarcadores. Genotoxicidade. Peixes.

## EVALUATION OF GENOTOXIC EFFECTS WITH THE USE OF MICRONUCLEUS TESTS AND NUCLEAR ANORMALITY IN *SERRASALMUS BRANDTII* (LÜTKEN, 1865) IN THE ITAPARICA RESERVOIR, SÃO FRANCISCO SUBMEDIUM

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate genotoxic effects using micronucleus test and nuclear abnormalities as biomarkers, through the fish species *Serrasalmus brandtii* in the Itaparica Reservoir (sub-middle São Francisco river). The collections were carried out in an area surrounded by crops from January, April, June, September and November / 18 and January / 19 at Agrovila 1 (site 1) and Brejinho de Fora (site 2 - control point). Blood samples were obtained by caudal venipuncture to make methanol-fixed slides, stained with 5% Giemsa. Cytological analysis was performed by reading 1,000 erythrocytes per slide under a triplicate light microscope. Statistical analysis used ANOVA associated with Tukey test ( $p < 0.05$ ) SISVAR program. Analyzes of the physicochemical and microbiological variables were performed by the Water and Earth Company. The average number of cells analyzed with NM compared between the sample sites showed a significant difference for Agrovila 01, with the control having lower means. In Agrovila 01, the significant difference was observed in January / 18 ( $346 \pm 0.19f$ ), however April, June, September and November / 18 did not differ significantly. For control point no significant difference was observed in the studied period. Comparatively, in Agrovila 01 an increase was observed, leaving Brejinho de Fora with the lowest frequencies of NM. The frequency of AN showed significant changes for site 1 in January, June and September / 18 when compared to site 2. Site 1 showed higher significant averages for September and November than site 2. All nuclear abnormalities showed statistical difference. every month and between sites. A genotoxic potential was identified for the sampled area. The physicochemical and microbiological parameters resulting from the water analysis together with the MN and AN test were within the standards established by the legislation, not proving contamination.

**KEYWORDS:** Agrochemicals. Biomarkers. Genotoxicity. Fish.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função dos múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas (GOULART; CALLISTO, 2003). A degradação dos recursos naturais e a contaminação da água por agroquímicos, efluentes domésticos sem tratamento, crescimento das atividades agropecuárias, entre outros, tem afetado a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, originando graves consequências para o ambiente e a saúde pública das populações (MARCHESAN et al., 2007, SONDERGAARD, 2007).

O reservatório hidrelétrico de Itaparica, localizado no submédio São Francisco,

apresentas em seu entorno perímetros irrigados utilizando prática agrícola com uso intensivo de agroquímicos (inseticidas, herbicidas, fungicidas e adubos orgânicos) além do lançamento de efluentes não tratados em suas águas (MELO, 2007). Essas substâncias podem carrear para os corpos de água superficiais e subterrâneos, provocando diversos malefícios ao ambiente e conseqüentemente aos seres humanos.

O biomonitoramento de ecossistemas aquáticos caracteriza-se como uma ferramenta com custo relativamente baixo e eficaz para a avaliação da qualidade das águas (MOURA; SILVA et al., 2016).

Micronúcleos são pequenas estruturas cromossômicas com formas arredondadas e escuras que possuem a mesma refração do núcleo principal, formadas quando determinada quantidade de material genético fica atrasada durante a divisão celular (BOMBAIL et al., 2001).

As anormalidades nucleares têm sido interpretadas como lesões nucleares análogas aos micronúcleos. E, estão associadas com a instabilidade cromossômica, onde permanecem com ligação ao núcleo (DELCORSO, 2015). Essas alterações morfológicas são induzidas por compostos genotóxicos, mesmo quando os micronúcleos não foram induzidos (AYLLON; GARCIA-VAZQUEZ, 2000). Além disso, elas geralmente ocorrem em frequências maiores que os micronúcleos.

Dentre os testes utilizados no monitoramento ambiental, a análise de micronúcleo é considerada eficaz e sensível na avaliação de danos genéticos associados a contaminantes aquáticos (GHISI et al., 2014). O teste de micronúcleo foi desenvolvido por Schmid (1975) e busca analisar substâncias químicas que tenham capacidade de realizar a quebra do DNA ou a formação incorreta da lâmina nuclear. Atualmente, é realizado pela observação de células sanguíneas de peixes, sendo considerado um teste eficaz e bastante simples (GHISI; OLIVEIRA; PRIOLI, 2016).

O teste de anormalidades nucleares em eritrócitos de peixes é uma ferramenta bastante empregada para estudo de genotoxicidade para avaliar danos causados ao material genético dos organismos que proporciona grande sensibilidade, rapidez de análise e simplicidade (BOLOGNESI; HAYASHI, 2011). Portanto, avalia-se com maior grau de precisão a toxicidade dos peixes frente a diferentes contaminantes (GHISI et al., 2011).

Um dos benefícios de se empregar biomarcadores em peixes é devido a importância desses animais na cadeia trófica (BOLOGNESI; HAYASHI, 2011), pois a avaliação dos mesmos pode retratar a qualidade do ambiente aquático a longo prazo (RAMSDORF et al., 2012). Além disso, os peixes são animais muito utilizados em experimentos genéticos e, se expostos a contaminantes, podem apresentar mutações irreversíveis (RUSSO et al., 2004).

Diante dessas informações, torna-se importante avaliar os efeitos genotóxicos do Reservatório Itaparica no rio São Francisco com a utilização do teste de biomarcadores em *Serrasalmus brandtii*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### Escolha da espécie

A espécie *Serrasalmus brandtii* foi escolhida em função de sua ocorrência durante todo o ano e de seu hábito alimentar. A pirambeba é conhecida como um animal predador (BRITSKI; SATO; ROSA, 1988). Os peixes predadores acumulam valores de concentrações mais elevados que os encontrados nos indivíduos que estes se alimentam (MIRANDA, 2006), visto que, reterá todo o percentual de contaminantes acumulados ao longo da cadeia pelos peixes (TAO et al., 2012). Santos (2014), também utilizou *S. brandtii* mostrando que é eficiente para detectar genotoxicidade no ambiente aquático, visto que esteve presente no rio em todas as coletas, como também por apresentar relação direta com a formação de MN, denominando como uma espécie sentinela para a região do rio São Francisco.

Diversos autores utilizaram espécies predadoras como bioindicadores: Miranda (2006) com a espécie *Hoplias malabaricus* (traíra); Rivero (2009) com as espécies *Cichla temensis* (tucunaré) e *Hoplias malabaricus* (traíra); Santos (2014) com a espécie *Serrasalmus brandtii* (pirambeba) e Silva (2016) com a espécie *Cichla ocellaris* (tucunaré), entendendo estarem localizadas no topo da cadeia alimentar, o que as tornam interessantes como espécies bioacumuladoras e biomagnificadoras de poluentes organopersistentes.

### Locais de coleta

Foram demarcados dois sítios amostrais localizados à margem do Reservatório Itaparica, submédio São Francisco. Essa mesma região foi objeto de estudo de outros trabalhos, proporcionando assim o monitoramento da referida área.

O sítio 01 está situado na Agrovila 01, tendo como coordenadas geográficas 09°1'11.50"S e 038°15'27.60"W, conforme as imagens de satélite do Google Earth (2018). Foi escolhido por ser um local próximo aos projetos de irrigação com vários cultivos, dentre eles: coco, mamão, melancia, cebola, alface e abóbora, sendo em área cultivada próxima a margem do rio com topografia apresentando inclinação que propicie recebimento de possíveis agroquímicos.

O sítio 02 está situado em Brejinho de Fora e distancia-se cerca de 3Km do sítio 01, tendo como coordenadas geográficas 09°2'37.60" de latitude sul e 038°16'11.40" de longitude oeste, sendo denominado de ponto controle (PC) (Figura 01).



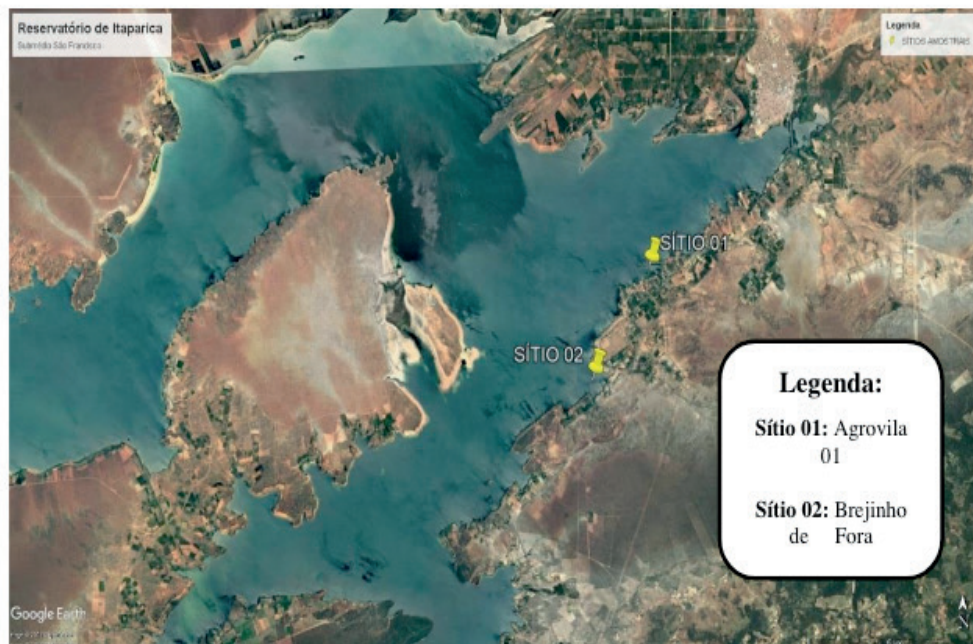


Figura 01: Localização dos sítios amostrais no Reservatório Itaparica, Submédio São Francisco.

Fonte: Google Earth (2018).

Em cada sítio amostral foram distribuídos quatro pontos de coleta determinados de maneira a abranger locais distintos. Para Agrovila 01, o ponto de coleta 01 localiza-se próximo à margem do rio, os pontos de coleta 02 e 03 com uma localização intermediária e o ponto de coleta 04 situam-se mais distante da margem.

Para o sítio 02 (Brejinho de Fora) foram demarcados os pontos de coleta 01 e 04 mais distantes da margem. Enquanto que os pontos de coleta 02 e 03 situam-se mais próximos à margem.

### **Procedimento amostral**

As coletas foram realizadas no período de janeiro/18 a janeiro/19 no Reservatório Itaparica. Nos meses de janeiro, outubro e novembro/18 e janeiro/19 as coletas aconteceram com autorização do Ministério do Meio Ambiente (MMA)/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) sob número 61840-1, em função do período do defeso (piracema).

Para captura dos peixes, foram colocadas redes de espera, apresentando tamanhos diferentes de malhas, dispostas nos pontos demarcados de acordo com as coordenadas geográficas.

### **Biomarcadores: Teste de Micronúcleo e Anormalidade Nuclear**

Os testes de micronúcleo e anormalidades nucleares foram realizados de acordo com a técnica descrita por Heddle (1973) e Schmid (1975). De cada espécime capturado foi feita coleta de 0,5mL de sangue periférico por venopunção caudal para



confeção de esfregaços, armazenado em tubo Vacutainer contendo EDTA.

A ocorrência de anormalidades nucleares foi analisada de acordo com Carrasco et al (1990) e Ventura et al (2008) nas mesmas lâminas para micronúcleo, que apresenta células com núcleos notched, lobed, blebbed e binucleated.

Para realização das análises de micronúcleos e anormalidades nucleares, o protocolo de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética de Uso de Animais (CEUA) da Universidade do Estado da Bahia, aprovado e registrado sob nº da licença para o uso de animais em experimentação e ensino: 05/2017 e nº do processo: 0603170027899.

Os dados pluviométricos utilizados foram fornecidos pelo Departamento de Recursos Hídricos (DOOH) da CHESF, referente aos anos de 2017 e 2018, do município de Belém do São Francisco.

### **Tratamento das amostras**

No laboratório para confecção das lâminas foi utilizado uma gota de sangue necessária para a confecção dos esfregaços, espalhada uniformemente formando uma camada delgada e secadas em temperatura ambiente. Após secagem, as lâminas foram fixadas com metanol e posteriormente, coradas com solução de Giemsa 5%. Na sequência, foram lavadas em água corrente, acondicionadas para secagem para posterior análise, sendo preparadas três lâminas para cada peixe.

As análises citológicas foram realizadas em microscópio óptico de luz com aumento de 1000x utilizando óleo de imersão, varrendo sistematicamente as lâminas até quantificar e registrar o número de micronúcleo (MN) e as anormalidades nucleares (AN), essas últimas analisadas segundo Carrasco et al. (1990) para contagens de células com núcleos blebbed, lobed, notched e binucleated. Este foi determinado a partir de 1000 eritrócitos por lâmina, sendo analisado um total de 3000 eritrócitos por peixe.

### **Análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológico**

As análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológico foram realizadas pela Empresa Água e Terra com sistema de gestão de qualidade certificado NBR ISO 9001:2008. Certificado de Ensaio nº: 1336-18/256, cujos parâmetros avaliados foram: pH, oxigênio dissolvido, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fósforo total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), temperatura, alumínio, cobre, cromo, níquel, zinco e coliformes totais. A análise desses parâmetros em relação aos valores de referência da Resolução 357/2005 CONAMA foi utilizada para determinação da classe de qualidade da água para cada sítio amostral.

### **Análises estatísticas**

Foram realizadas utilizando Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram

comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade expressos em média  $\pm$  desvio padrão, através do Software Estatístico para Análises e Ensino de Estatística (SISVAR). A frequência de micronúcleo em eritrócitos periféricos foi calculada segundo Al-Sabti e Metcalfe (1995), onde o percentual de micronúcleos é igual ao número de células com MN dividido pelo número total de células multiplicado por 100, sendo anormalidade nuclear análoga ao MN (DUARTE et al., 2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram capturados 60 indivíduos da espécie *Serrasalmus brandtii*, dos quais foi analisado um total de 180.000 células sanguíneas referente aos dois biomarcadores.

Teste de Micronúcleo: durante período estudado foram encontrados 20.123 MN (Figura 02).

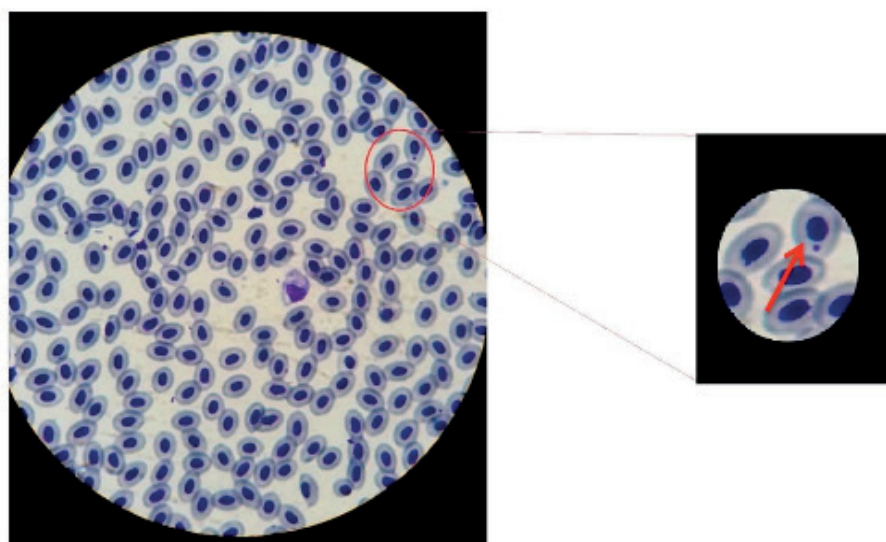


Figura 02 – Micronúcleo encontrado em eritrócitos de *Serrasalmus brandtii* capturada em dois sítios amostrais no Reservatório Itaparica, submédio São Francisco de janeiro/17 a janeiro/19.

Fonte: Pinto (2018).

O número médio de células com MN analisadas de *S. brandtii* quando comparado entre os sítios amostrais (01: Agrovila 01 e 02: Brejinho de Fora – Ponto Controle) apresentou diferença significativa para Agrovila 01, ficando Brejinho de Fora com menores médias de MN. Provavelmente indicando que Agrovila 01, por ser um receptor de agroquímicos, denota uma maior significância, sugerindo que o ambiente esteja contaminado por agentes genotóxicos que alteraram o material genético desses bioindicadores. Nos últimos anos, estudos têm mostrado altas taxas de micronúcleos em peixes que estão em áreas próximas a plantações com risco de contaminação por agroquímicos (ATEEQ et al., 2002; ÇAVAS, 2011; DA SILVA et al., 2014).

Na Agrovila 01, a diferença significativa foi observada no mês de janeiro/18 ( $346 \pm 0,19f$ ), contudo os meses de outubro/17, abril, junho, setembro, novembro/18 e janeiro/19 não diferiram significativamente. Estes resultados podem estar ligados a

ocorrência de precipitação nesse período (19,1 mm de chuva), pois nestas condições as substâncias químicas são mais facilmente lixiviadas para dentro do Reservatório (DA SILVA et al., 2014). Os trabalhos de Da Silva et al., (2014) e Bueno-Krawczyk et al., (2015) mostram resultado similar, com danos mais elevados de MN no período chuvoso, principalmente quando relacionado às áreas rurais. Para Brejinho de Fora não foi observado diferença significativa em nenhum dos meses de coleta (Tabela 01).

| SÍTIO AMOSTRAL             | MÊS DE COLETA |            |            |            |             |            |
|----------------------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
|                            | jan/18        | abr/18     | jun/18     | set/18     | nov/18      | jan/19     |
| <b>01 AGROVILA 01</b>      | 346±0,19f*    | 107±0,10cd | 153±0,12de | 83±0,09abc | 101±0,10bcd | 98±0,10bcd |
| <b>02 BREJINHO DE FORA</b> | --            | 39±0,06ab  | 99±0,10bcd | 44±0,07abc | 28±0,05a    | 67±0,08abc |

Tabela 01 – Média e desvio padrão ( $X \pm SD$ ) obtidos através do teste de micronúcleo nos diferentes pontos de coleta dos sítios amostrais no Reservatório Itaparica, submédio São Francisco de janeiro/18 a janeiro/19.

\*A média e desvio padrão seguido de letras diferentes correspondem a diferença significativa. (Teste ANOVA, Tukey ( $P < 0,05$ ) a posteriori). Fonte: Pinto (2018).

Vale salientar que no mês de janeiro/18 não houve coleta nos pontos inicialmente escolhidos para Brejinho de Fora, em função de dificuldades de acesso colocadas pelos pescadores da localidade.

A avaliação do teste de micronúcleo no presente estudo foi realizada comparando-se a frequência de MN encontrada em cada sítio de amostragem ao longo do período estudado.

A figura 03 mostra a frequência de MN no período de coleta nos sítios amostrais. Na comparação entre a Agrovila 01 e Brejinho de Fora, foi observado um aumento para Agrovila 01, ficando Brejinho de Fora com as menores frequências de micronúcleos. Duarte et al., (2012) sobre a qualidade da água da Lagoa Jacuném (ES) em peixes da espécie *Oreochromis niloticus* e Wachtel (2017) sobre a avaliação do principal rio de abastecimento público da cidade de Dois Vizinhos (PR) mostram resultados semelhantes, todos os pontos amostrais apresentaram frequência de micronúcleo (MN%) significativa em relação ao controle.

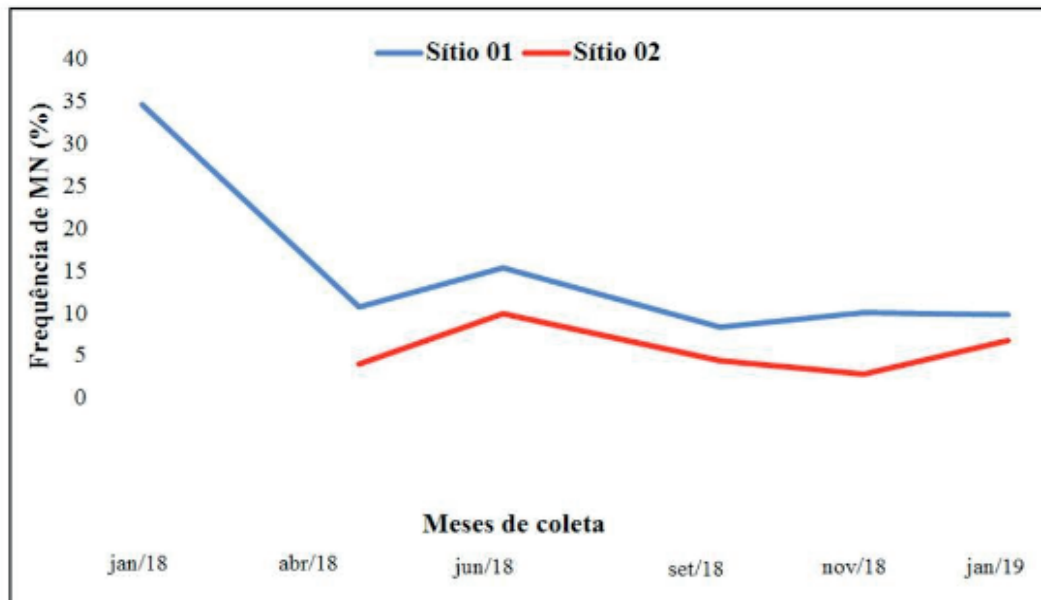


Figura 03 – Frequência de micronúcleos encontrados em eritrócitos de *Serrasalmus brandtii* capturada nos diferentes pontos de coleta dos sítios amostrais no Reservatório Itaparica, submédio São Francisco.

Fonte: Pinto (2018).

Buscando determinar o índice de danos no material de espécies de peixes do Lago Paranoá (DF), Rivero (2009) obteve resultados do teste de MN que mostraram que as espécies *Cichla temensis* (tucunaré) e *Hoplias malabaricus* (traíra) apresentaram maior frequência de MN em relação às outras espécies do lago. Tais resultados podem estar associados aos hábitos alimentares dessas espécies, visto que o tucunaré e a traíra são carnívoros e estão no topo da cadeia alimentar, podendo ocorrer bioacumulação de substâncias genotóxicas nestes organismos.

A espécie estudada (pirambeba) apesar de ser carnívora e estar no topo da cadeia alimentar, apresentou um baixo percentual de micronúcleos identificados (11,18%) em relação ao quantitativo total de células analisadas (180.000), não comprovando a contaminação da referida espécie.

### Teste de Anormalidade Nuclear

O teste empregado propiciou a observação de vários tipos de anormalidades nucleares, analisadas e classificadas de acordo com Carrasco et al (1990) em todo o período amostral (Figura 04) com um total 11.543 AN contabilizadas.

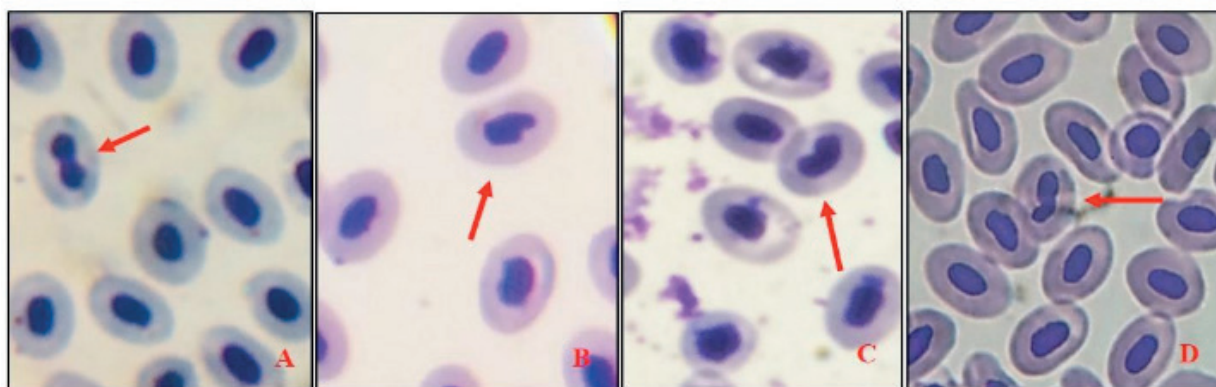


Figura 04 – Anormalidades Nucleares: célula com núcleo binucleated (a); célula com núcleo blebbed (b); célula com núcleo notched (c); célula com núcleo lobed (d).

Fonte: Torres (2018).

O sítio 01 apresentou maiores médias nos meses de setembro e novembro para todas as anormalidades nucleares em relação ao sítio 02. Para o sítio 02 houve diferença significativa nas anormalidades blebbed e notched nos meses de julho e novembro. Em abril no sítio 01 teve diferença significativa para anormalidade blebbed. Em abril, comparando os sítios com todas as anormalidades, notched apresentou diferença significativa. Em junho, blebbed e binucleated teve diferença significativa entre os sítios. Enquanto que lobbed, blebbed e binucleated demonstrou diferença significativa para setembro entre os sítios. Para os meses de novembro e jan/19 todas as anormalidades apresentaram diferença significativa. Todas as anormalidades nucleares apresentam diferença significativa em todos os meses e entre os sítios (Tabela 02).

| MÊS        | LOBBED  |         | BLEBBED           |                   | NOTCHED |         | BINUCLEATED |          |
|------------|---------|---------|-------------------|-------------------|---------|---------|-------------|----------|
|            | Sítio 1 | Sítio 2 | Sítio 1           | Sítio 2           | Sítio 1 | Sítio 2 | Sítio 1     | Sítio 2  |
| Janeiro    | 2.73b   | -       | 3.40cde           | -                 | 3.74bc  | -       | 6.91cd      | -        |
| Abril      | 0.69a   | 1.00a   | 1.48ab            | 1.79ab            | 1.45a   | 1.80ab  | 1.98a       | 2.38a    |
| Junho      | 2.07ab  | 1.55ab  | 4.21de            | 4.43e             | 2.97abc | 2.90abc | 5.85bcd     | 4.28abcd |
| Setembro   | 2.85b   | 2.06ab  | 2.26abc           | 1.67ab            | 3.67ab  | 2.35ab  | 4.83abcd    | 4.00abc  |
| Novembro   | 2.68b   | 1.72ab  | 2.61abcd          | 1.26 <sup>a</sup> | 3.30abc | 2.24ab  | 4.09abc     | 2.63a    |
| Janeiro/19 | 1.72ab  | 3.03b   | 1.07 <sup>a</sup> | 2.87bcde          | 2.32ab  | 4.69cd  | 2.63a       | 4.63abcd |

Tabela 02 – Valores de médias das anormalidades nucleares em eritrócitos de sangue periférico do *S. brandtii* durante o período de coleta.

\* Os valores apresentados no sítio 2 representam o ponto controle.

\*\* Os valores seguidos de letras diferentes indicam diferença significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Fonte: Torres (2018).

O estudo de Rivero (2007) avaliou citotoxicidade das águas do lago Paranoá (DF) com várias espécies, dentre elas, a tilápia do Nilo que apresentou maior média de anormalidade tipo binucleated e notched, resultado similar apresentado em nosso trabalho. Segundo Vilches (2009), eritrócitos binucleados foram observados no rio Cadeia



(RS) apenas no ponto B em agosto de 2008, o que difere do presente trabalho, onde eritrócitos binucleated foram observados em todos os meses e sítios apresentando maiores médias. Por meio dos resultados obtidos no teste de anormalidades, foram encontrados quantitativos de eritrócitos que apresentaram alterações no núcleo principal, dessa forma foi possível observar os efeitos genotóxicos em todos os sítios amostrais. Na comparação entre o ponto controle (sítio 2) e o ponto exposto (sítio 1), foi observado que esse último teve valores relevantes de anormalidades nucleares nos eritrócitos dos peixes da espécie *S. brandtii*.

O gráfico 01 mostra a frequência de cada anormalidade por sítio e mês. As anormalidades que demonstraram maior frequência são do tipo binucleated e notched, que possivelmente evidencia agentes químicos utilizados para o cultivo de irrigação. Estudos feitos por Ghisi et al (2014) relatam que a anormalidade que demonstrou maior frequência foi do tipo lobed, o qual evidencia alta concentração de agentes mutagênicos. Pressuposto este não identificado no presente trabalho.

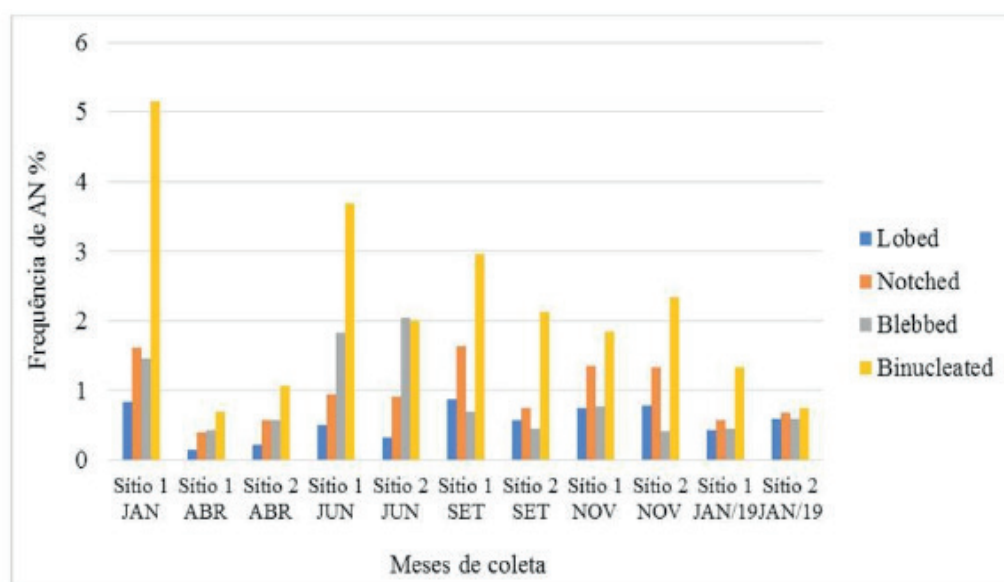


Gráfico 01 – Distribuição de frequências das anormalidades nucleares encontradas em eritrócitos de *S. brandtii* capturadas nos sítios amostrais localizados no reservatório Itaparica PE/BA.

Fonte: Torres (2018).

No presente estudo, os resultados demonstraram uma maior frequência de anormalidades nucleares em eritrócitos de *S. brandtii* no sítio 1 nos meses de janeiro/18, junho e setembro quando comparado com o sítio 2, resultando assim em possíveis danos, ratificando a presença de substâncias ou condições ambientais com potencial de efeito genotóxico, sendo capaz de causar consequência para o surgimento de anormalidades nucleares em peixes.



## Análises das variáveis físico-químicas e microbiológica

Juntamente com análises genotóxicas, muitos trabalhos têm utilizado variáveis físico-químicas e microbiológicas como importante ferramenta nos monitoramentos de ecossistemas aquáticos. Tais variáveis possibilitam o enquadramento da água em classes conforme suas condições de uso segundo a resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005).

As variáveis avaliadas de qualidade de água durante o período experimental estão apresentadas na Tabela 03. Os resultados foram comparados com os valores estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 2. Os dados obtidos mostram que as águas do Reservatório Itaparica, submédio São Francisco no trecho e período analisados e encontram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

| PARÂMETROS                  | PERÍODO/LOCAL |        |         | RESOLUÇÃO 357/05 CONAMA CLASSE 2<br>VALORES MÁXIMOS PARA ÁGUA DOCE |
|-----------------------------|---------------|--------|---------|--|
|                             | FEV/18        | JUL/18 | JUL/18  |  |
|                             | Sítio 1       |        | Sítio 2 |  |
| pH (UpH)                    | 7,72          | 7,97   | 7,79    | 6,0 a 9,0  |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L)  | 7,65          | 8,01   | 7,97    | não inferior a 6 mg/L  |
| Turbidez (UNT)              | 2,1           | 6,9    | 8,5     | até 100 UNT  |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | 0,56          | 0,77   | 0,74    | 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5   |
|                             |               |        |         | 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0                                    |
|                             |               |        |         | 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5                                    |
|                             |               |        |         | 0,5 mg/L N, para pH > 8,5  |
| Nitrato (mg/L N)            | <0,136        | <0,136 | 0,175   | 10,0 mg/L N  |
| Nitrito (mg/L N)            | <0,02         | <0,02  | <0,02   | 1,0 mg/L N   |
| Fósforo Total (mg/L)        | 0,013         | <0,011 | <0,011  | até 0,030 mg/L   |
| DBO (mg/L O2)               | 2,46          | <2,00  | <2,00   | até 5 mg/L O2  |
| Coliformes Totais           | <1,8          | 9,1    | 7       | N. a   |

Tabela 03. Variáveis físico-químicas e microbiológica das águas dos sítios amostrais coletadas no Reservatório Itaparica comparada com o enquadramento da classe 02 de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

\*Não houve coleta no sítio 02 em fevereiro/18, n.d. = não detectado. Fonte: Empresa Água e Terra (NBR ISO 9001:2008).

A análise físico-química e microbiológica demonstrou que as amostras de água dos sítios estudados no Reservatório Itaparica são de boa qualidade, com os parâmetros enquadrando-se na classe 02. As águas dessa classe podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e atividade de pesca (BRASIL, 2005).

Resultados semelhantes foram observados por Bueno et al. (2017), em dois pontos de coleta da represa dos Cocais (MG), como também por Vilches (2009),

demonstrando que as amostras de água dos pontos estudados do rio Cadeia (RS) são de boa qualidade. Santos (2014), em estudo desenvolvido no Reservatório Itaparica, também não detectou diferenças expressivas de temperatura e oxigênio dissolvido ao longo dos meses estudados. Dessa forma, os resultados apresentados corroboram com o presente trabalho.

Para Vilches (2009), em áreas agrícolas, o acompanhamento dos parâmetros físico-químicos é indispensável. A presença de diversas formas de nitrogênio pode provocar o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática. Os índices de fósforo total de acordo com Leal (2006) e Duarte et al (2012) com referência a qualidade da água da Lagoa Jacuném (ES) se apresentaram elevados. Os valores apresentados no presente trabalho para fósforo total, temperatura, oxigênio dissolvido e demais parâmetros, encontraram-se dentro do limite CONAMA 357/2005, apesar da área irrigada adjacente.

De acordo com os resultados obtidos pela análise laboratorial, os metais pesados, embora não tenham apresentado valores significativos demonstraram possibilidade a um efeito genotóxico que acarretou identificação das anormalidades (Tabela 04).

| PARÂMETROS     | LOCAL   |         | RESOLUÇÃO 357/05 CONAMA<br>CLASSE 2 - ÁGUA DOCE VALORES<br>MÁXIMOS |
|----------------|---------|---------|--|
|                | Sítio 2 | Sítio 1 |  |
| Alumínio Total | 0,1238  | <0,100  | N. a   |
| Chumbo Total   | <0,010  | <0,010  | 0,01(mg/L)   |
| Cobre Total    | <0,005  | <0,005  | N. a   |
| Cromo Total    | <0,005  | <0,005  | 0,05 (mg/L)  |
| Níquel Total   | <0,025  | <0,025  | 0,025 (mg/L)   |
| Zinco Total    | 0,009   | 0,009   | 0,18 (mg/L)  |

Tabela 04 - Valores dos metais pesados analisados na amostra de água em julho/2018 coletada no sítio 1 e 2 no reservatório de Itaparica PE/BA.

\*N. a = não aplicável. Fonte: Empresa Água e Terra (NBR ISO 9001:2008).

### 3 | CONCLUSÕES

Foi identificado um potencial genotóxico para a área amostrada em função da frequência significativa de micronúcleos em eritrócitos *Serrasalmus brandtti* superior nos peixes da Agrovila 01 em relação a Brejinho de Fora (Ponto Controle).

Para as anormalidades nucleares detectadas, destacou-se principalmente as

dos tipos binucleated e notched, o que corrobora possibilidade de efeitos genotóxicos presentes na área de estudo do sítio 1 (Agrovila 1) rodeada de cultivos, já que o teste de anormalidades nucleares apresentou valores estatisticamente significativos.

As variáveis físico-químicas e microbiológica analisadas resultantes da análise da água se encontraram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

Os biomarcadores testados, micronúcleo e anormalidades nucleares, mostraram-se rápidos e eficazes para monitoramento da área estudada, sugerindo que os resultados obtidos neste trabalho poderão servir de suporte na tomada de decisões relativas ao manejo correto dos agroquímicos.

Os resultados apresentados servem como referencial para a espécie analisada dando suporte a sua identificação como espécie sentinela, capaz de fornecer informações sobre a área estudada.

É importante ressaltar a necessidade do monitoramento dos efeitos genotóxicos, expandindo a quantidade de sítios de amostragem a jusante e a montante dos sítios estudados no Reservatório Itaparica, além do aumento da quantidade de pontos de coleta.

## REFERÊNCIAS

ATEEQ, B. et al. Induction of micronuclei and erythrocyte alterations in the catfish *Clarias batrachus* by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and butachlor. 2002. **Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 518, n. 2, p. 135–144.

AYLLON, F.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Induction of micronuclei and other nuclear abnormalities in European minnow *Phoxinus phoxinus* and mollie *Poecilia latipinna*: an assessment of the fish micronucleus test. **Mutation Research**, v.467, p. 177-186, 2000.

BOLOGNESI, C. AND HAYASHI, M. Micronucleus Assay in Aquatic Animals. **Mutagenesis** 26:205-213. (2011).

BOMBAIL, V. et al. Application of the comet and micronucleus assays to butterflyfish (*Pholisgunnellus*) erythrocytes from the Firth of Forth, Scotland. **Chemosphere**, v. 44, n. 3, p. 383-392, 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA n.º 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, Seção 1, p. 58- 63, 2005.

BUENO, A. P. M. et al. **Teste de micronúcleos em peixes e parâmetros físico-químicos da água da represa Cocais, Minas Gerais**. 2017.

BUENO-KRAWCZYK, A. C. D. et al. **Multibiomarker in fish to evaluate a river used to water public supply**. 2015. **Chemosphere**, v. 135, p. 257-264.

CARRASCO, K.R.; TILBURY, K.L.; MYERS, M.S. Assessment of the piscine micronucleus test as na in situ biological indicator of chemical contaminant effects. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 47, p.2133-2136, 1990.

ÇAVAS, T. In vivo genotoxicity evaluation of atrazine and atrazine-based herbicide on fish *Carassius auratus* using the micronucleus test and the comet assay. 2011. **Food and Chemical Toxicology**, v.

DA SILVA, M. D. et al. Using multibiomarker approach as a tool to improve the management plan for a Private Reserve of Natural Heritage (RPPN). 2014. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 92, n. 5, p. 602–608.

DELCORSO, M. C. Alterações hepáticas e avaliação de potencial genotóxico como biomarcadores em ensaios de exposição de longo prazo e recuperação à atrazina em alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Dissertação (Mestrado). Campinas, SP. 2015.

DUARTE, I. D.; DIAS, M.C.; DAVID, J.A.O.; MATSUMOTO, S.T. A qualidade da água da Lagoa Jacuném (Espírito Santo, Brasil) em relação a aspectos genotóxicos e mutagênicos, mensurados respectivamente pelo ensaio do cometa e teste do micronúcleo em peixes da espécie *Oreochromis niloticus*. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v.10, n.2, p.211-219. abr./jun.2012.

GHISI, N. C.; RAMSDORF, W. A.; FERRARO, M. V. M.; ALMEIDA, M. I. M.; RIBEIRO, C. A. O.; CESTARI, M. M. **Evaluation of genotoxicity in *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes) after sub-chronic contamination with Fipronil**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 180, n. 1-4, p. 589-99, set 2011.

GHISI, N. D. C.; OLIVEIRA, E.D.C.; FÁVARO, L.F.; ASSIS, H.C.S.; PRIOLO, A.J. In Situ Assessment of a Neotropical Fish to Evaluate Pollution in a River Receiving Agricultural and Urban Wastewater. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 93, n. 6, p. 699–709, 2014.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, 2003, p. 153- 164.

LEAL, P.R. 2006. **Avaliação de Indicadores do estado trófico de uma lagoa costeira: Lagoa Jacuném (Serra/ES)**. Monografia (TCC - Oceanografia) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

MARCHESANI, E.; ZANELLA, R.; AVILA L.; CAMARGO E.; MACHADO, M. Rice herbicide monitoring in two brazilian rivers during the rice growing season. **Scientia Agricola** 64, 2007, 131-137.

MELO, G. L de. **Estudo da Qualidade da água no reservatório Itaparica localizado na Bacia do Rio São Francisco**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife, 2007.

MIRANDA, A. L. **Bioacumulação de poluentes organopersistentes (POP's) em traíras (*Hoplias malabaricus*) e seus efeitos in vitro em célula do sistema imune da carpa (*Cyprinus carpio*)**. 2006. Dissertação (Mestrado em biologia celular) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MOURA E SILVA, M. S. G. et al. Assessment of benthic macroinvertebrates at Nile tilapia production using artificial substrate samplers. **Brazilian Journal of Biology**, n. AHEAD, 2016.

RAMSDORF, W.A., VICARI, T., DE ALMEIDA, M.I., ARTONI, R.F. and CESTARI, M.M. Handling of *Astyanax* sp. for biomonitoring in Cangüiri Farm within a fountainhead (Iraí River Environment Preservation Area) through the use of genetic biomarkers. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2012.

RIVERO, C.L.G. Perfil da frequência de micronúcleos e de danos no dna de diferentes espécies de peixes do lago Paranoá, Brasília-DF, Brasil. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Patologia Molecular. Universidade de Brasília, 2007.

RUSSO A, CARDILE V, SANCHEZ F, TRONCOSO N, VANELLA A, GARBARINO JA 2004. Chilean própolis: antioxidant activity and antiproliferative action in human tumor cells lines. **Life Sci** 76: 545-558.

SANTOS, F.L.B. **Avaliação de biomarcadores bioquímicos e genotóxicos na espécie *Serrasalmus brandtii* (Lütken, 1965) capturada no Reservatório Itaparica – PE/BA.** Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia. Maceió, 2014.

SCHMID, W. The micronucleus test. **Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects**, v. 31, n. 1, p. 9-15, 1975.

SONDERGAARD, M.; JEPPESEN, E. J. Anthropogenic impacts on lake and stream ecosystems, and approaches to restoration. **Applied Ecology** 44, 2007, p. 1089–1094.

TAL, I.M. THOMPSON, A.P.A et al. Effect of cooling heat-stressed dairy cows during the dry period on insulin response. **J. Dairy Sci.**, 95- 2012.

VENTURA B, C., DE ANGELIS D. F., MARIN-MORALES M. A. - Mutagenic and genotoxic effects of the Atrazine herbicide in *Oreochromis niloticus* (Perciformes, Cichlidae) detected by the micronuclei test and the comet assay - **Pesticide Biochemistry and Physiology** 90 (2008) 42–51.

VILCHES, M. **Análise genotóxica do rio Cadeia/RS através do ensaio cometa e teste de micronúcleo e anormalidades nucleares utilizando peixes como bioindicadores.** Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Feevale, Novo Hamburgo-RS, 2009.

WACHTEL, C. C. **Utilização de biomarcadores genéticos para a avaliação do principal rio de abastecimento público da cidade de dois vizinhos, Paraná.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas. Dois Vizinhos, 2017.

## ANÁLISE DO DESEMPENHO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – ESTUDO DE CASO DE UMA AGROINDÚSTRIA

Data de aceite: 20/12/2019

### José Roberto Rasi

Universidade Federal de São Carlos – Mestrado em Estruturas e Construção Civil – São Carlos – SP

### Roberto Bernardo

Universidade Federal de São Carlos – Doutorando em Engenharia de Produção – São Carlos – SP

### Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Coordenadora do curso de Administração – Doutorado em Ciências

**RESUMO:** O objetivo deste artigo é analisar a remoção da carga orgânica de águas residuais de uma agroindústria de extração de óleos vegetais, por meio de lagoas de estabilização. Para tanto, especificamente, apresenta e verifica o funcionamento de duas lagoas de tratamento em série, sendo uma do tipo anaeróbia e a outra facultativa aerada. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso que faz uso de análise laboratorial para avaliação do material coletado e discussão dos resultados. Constata-se que a água residual das lagoas de estabilização analisadas, no caso específico estudado, apresenta desempenho eficaz, apontando para resultados superiores ao limite já especificado na literatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** lagoas de estabilização; efluente; estações de tratamento

**ABSTRACT:** The aim of this papers is to analyze the removal of organic matter through the performance of stabilization ponds of vegetable oil extraction industry. For that specifically it features and verify the operation of two stabilization ponds built in series, one of them an anaerobic type and the other a facultative aerated type. The research is characterized as a case study that use of laboratory analysis to evaluate the collected material and discussion of results. It appears that the residual water from the stabilization ponds analyzed in this specific case, presents an effective performance, pointing to superior results than the limit already specified in literature.

**KEYWORDS:** stabilization ponds; effluent; treatment plants

### 1 | INTRODUÇÃO

A industrialização de oleaginosas constitui-se atualmente em um dos mais importantes processos do sistema agroindustrial. Tal importância decorre da demanda por seus produtos e subprodutos nas indústrias de bioenergia, cosméticos e como matéria-prima no processamento de alimentos para o consumo humano e animal (MOISES, 2001).



Os óleos vegetais brutos são extraídos, por meio de solvente. De acordo com Cereto (2004), neste tipo de extração, o óleo é esgotado do material oleaginoso por meio do solvente comercial hexano (Figura 1). O equipamento que efetua esta operação é o extrator contínuo que deixa o material oleaginoso impregnado com o solvente.

Após a extração, o óleo forma uma mistura denominada miscela, da qual o solvente é recuperado por evaporação em circuito fechado, restando o óleo bruto, ainda ligeiramente contaminado com solvente.

O efluente gerado no processo de extração do óleo bruto de soja apresenta elevada concentração de matéria orgânica em termos de demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e óleos e graxas, o que pode causar impactos significativos se forem lançados em sua forma bruta, no meio ambiente.

O tratamento necessário destes efluentes, no intuito de diminuir a concentração de matéria orgânica até atingir os níveis exigidos pela legislação ambiental, para que, posteriormente, a água utilizada neste processo industrial de extração de óleo bruto de soja seja devolvida ao meio ambiente, foi composta de uma estação de tratamento composta por caixa de sedimentação, lagoas anaeróbias e lagoa facultativa aerada, instaladas em série. Os limites previstos na legislação ambiental serão apresentados neste artigo mais à frente.

Além da obrigatoriedade de seguir a legislação ambiental, as agroindústrias se deparam na atualidade com outra questão que afeta diretamente sua imagem – a responsabilidade socioambiental. Tal questão está diretamente ligada à imagem que os stakeholders têm daquela determinada organização. Desse modo a obrigatoriedade da legislação ambiental associada à preservação de uma imagem sustentável faz com que muitas organizações apostem em encontrar alternativas que mitiguem os efeitos nocivos ao meio ambiente.

Bernardo (2015) diz que no caso da agroindústria essa responsabilidade socioambiental torna-se ainda mais latente uma vez que a sua atividade produtiva impacta e é impactada diretamente pelo ambiente natural.

Para compreender alternativas que estão sendo utilizadas no sentido de mitigar esses efeitos nocivos ao ambiente natural, este artigo realizou uma pesquisa junto a uma agroindústria produtora de óleo de soja, localizada na região da Alta Paulista, no interior do Estado de São Paulo.

A Figura 1, a seguir, apresenta o fluxo pelo qual segue a extração de óleo por solvente, processo utilizado pela agroindústria analisada nesse estudo de caso. Percebe-se que da preparação até o processo final no qual a água residual é descartada há uma trajetória complexa que é composta por muitas etapas.

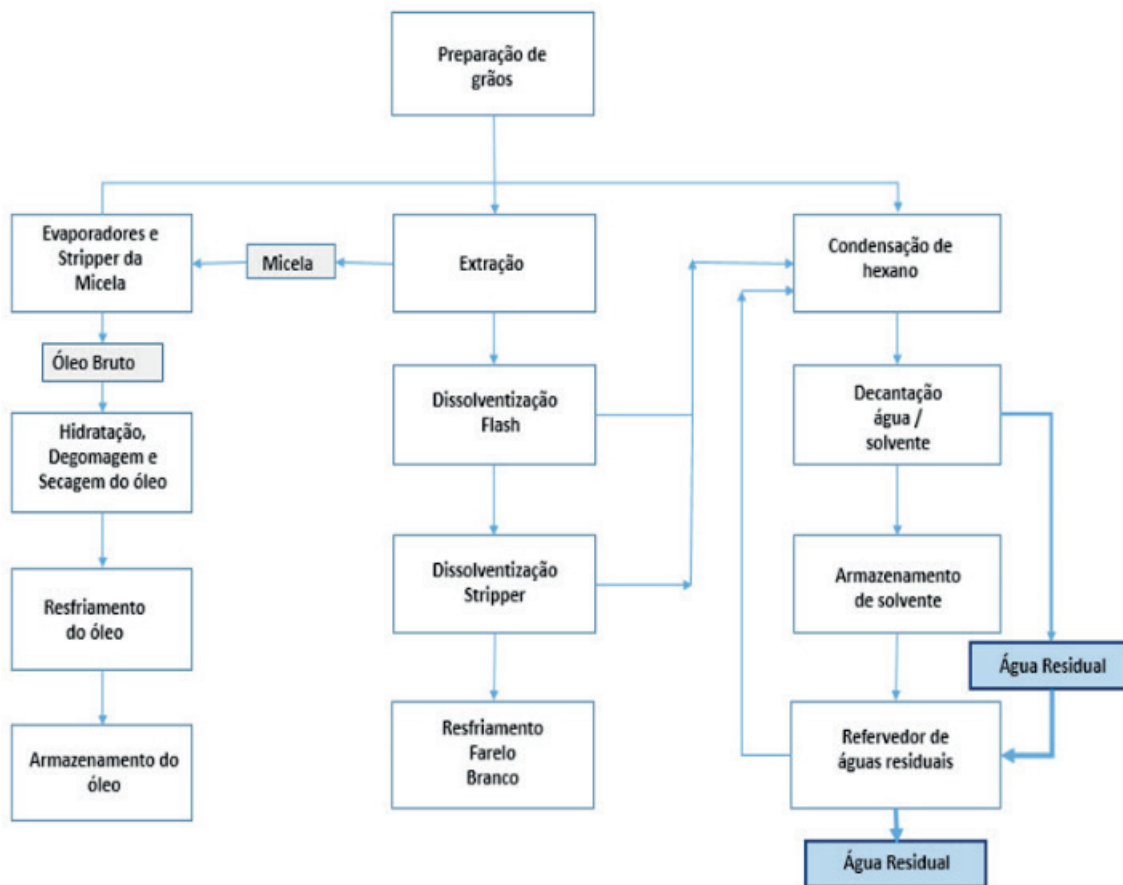


Figura 1 – Fluxograma da extração de óleo por solvente

Fonte: Os próprios autores, 2017

A prevenção e a redução da poluição causada pelas águas residuárias podem ser obtidas por meios diretos de reciclagem e reutilização destas ou pelo uso de diferentes tratamentos.

Segundo Miwa (2007), o tratamento biológico ou biotratamento de águas residuárias e resíduos sólidos emprega a ação conjunta de espécies diferentes de microrganismo em reatores que, operados sob determinadas condições, resultam na estabilização da matéria orgânica. Os sistemas biológicos de tratamento devem atender alguns aspectos importantes como a redução da matéria orgânica (redução de DBO) e fornecimento de efluentes em condições que não afetem o equilíbrio do sistema receptor final e atenda a legislação ambiental pertinente.

A operação seguida de monitoramento de sistemas biológicos de tratamento de águas residuárias devem ser balizadas pelas legislações específicas federais e estaduais.

O decreto estadual de São Paulo nº 8.468/1976, atualizada pelo decreto 54.487/2009, estabeleceu os padrões de emissão para efluentes de atividades diversas. O artigo 18 deste decreto estabelece limites quantitativos para lançamento de efluentes líquidos diretamente nas coleções de água.

Os principais limites previstos pelo decreto de 2009 e utilizados neste artigo estabelecem os indicadores padrão para emissão de efluentes e estão apresentados

no Quadro 1. Dentre os principais indicadores estão temperatura, o pH que indica o nível de acidez, neutralidade ou de alcalinidade de uma solução, a quantidade de sedimentos, a presença de óleos e graxas e o DBO de cinco dias.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| pH                      | 5,0 e 9,0   |
| Temperatura             | Inferior a 40°C   |
| Materiais sedimentáveis | Até 1,0 em teste de 1 hora em cone de Imhoff  |
| Óleos e graxas          | Ausência de óleo e graxas e concentração máxima de 100 mg/l de substâncias solúveis em hexano |
| DBO 5 dias              | 20°C no máximo de 60 mg/l (sessenta miligramas por litro).                                    |

Quadro 1 – Indicadores de padrão para emissão de efluentes

Fonte: elaborado pelos autores com base no Decreto 8.468/1976, atualizada pelo decreto 54.487/2009

As lagoas de estabilização já foram conceituadas por diversos autores, dentre os quais se destacam Silva e Mara (1979) e Uehara e Vidal (1989) como sendo grandes tanques que apresentam pequena profundidade e que têm como finalidade tratar águas residuárias brutas, utilizando para tanto, somente processos naturais.

Atualmente, como apresenta Silva Filho (2007), esse conceito está muito mais abrangente. Essas lagoas são basicamente biorreatores, de águas lânticas, relativamente rasas, construídas para armazenar resíduos específicos, como os domésticos e industriais, e devem resultar na estabilização da matéria orgânica através de processos biológicos. O tratamento biológico pode ocorrer em condições anaeróbias, facultativas ou aeróbias, de acordo com a disponibilidade de oxigênio dissolvido, da atividade biológica predominante, da carga orgânica afluyente, das características físicas de cada unidade destinadas a tratar águas residuárias brutas ou efluentes pré tratados, por processos naturais e artificiais.

Consideradas uma das principais técnicas utilizadas atualmente para tratamento de efluentes, por apresentarem menores custos e operações simples, as Lagoas de estabilização são sistemas nos quais os efluentes são tratados biologicamente por processos naturais envolvendo principalmente algas e bactérias. A estabilização de matéria orgânica é processada em taxas mais lentas, o que gera a necessidade de um período extenso de detenção hidráulica, geralmente, em torno de 20 dias. (SILVA FILHO, 2007).

As lagoas de estabilização, de acordo com Takeuti (2003), podem ainda ser distribuídas em quantidades e combinações diferentes, objetivando atingir o padrão de qualidade requisitado, podendo ser construídas em chicanas e profundidades menores

com eficiência, quando se tem como fim reduzir patógenos.

Segundo Rahman et al (2012), as lagoas de estabilização proporcionam uma solução ideal para tratamento de águas residuais em países em desenvolvimento e possuidores de áreas rurais.

De acordo com Silva Filho (2007) a classificação das lagoas de estabilização se dá em função da predominância da atividade metabólica na decomposição da matéria orgânica, dentre as quais estão às anaeróbias, as facultativas e de maturação ou aeróbias.

O principal objetivo das lagoas anaeróbias é a remoção do DBO e sólidos em suspensão. No Brasil, com as condições de temperatura apresentadas, alcançam-se eficiências de remoção de DBO dos esgotos na ordem de 50% até 70% (VON SPERLERLING, 2002).

A remoção de sólidos em suspensão chega a ter uma eficiência por volta dos 70% (ESPAÑA, 1991).

Silveira (2001) afirma que as lagoas anaeróbias têm sido utilizadas para o tratamento de esgotos domésticos e despejos industriais predominantemente orgânicos, com elevados valores de DBO. A lagoa anaeróbia construída de forma anteposta à lagoa facultativa objetiva a redução da carga orgânica do efluente bruto. Tal operação visa diminuição da área requerida na lagoa facultativa.

Para Fabreti (2006), as lagoas anaeróbias (Figura 2) apresentam escavações bastante profundas. A altura útil das lagoas anaeróbias varia na faixa de três a cinco metros e retém o efluente num período de quatro a seis dias. Dadas estas condições, pode-se garantir a anaerobiose, visto que a penetração de luz e a sobrevivência de algas só são possíveis e, ainda limitadamente, em uma estreita camada superficial.

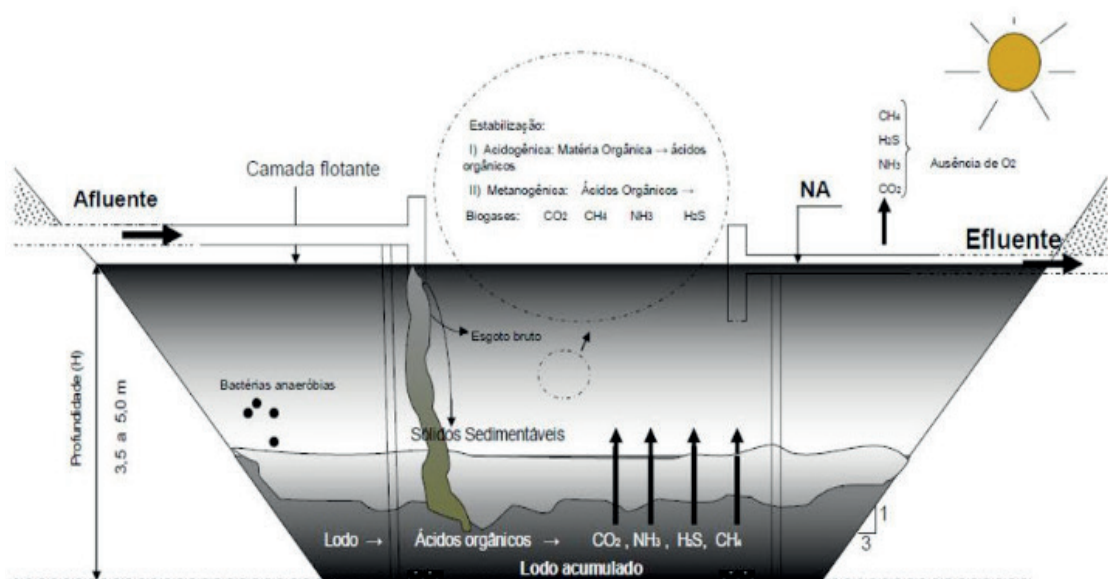


Figura 2 – Desenho esquemático de lagoa anaeróbia

Fonte: Silva Filho (2007)

Já as Lagoas facultativas (Figura 3) são aquelas que representam no seu perfil estratigráfico uma camada anaeróbia (próxima ao fundo) e outra aeróbia (próximo a superfície).

Em decorrência dessa estratificação, promovida pela profundidade da construção, a carga orgânica constante nos efluentes é removida por meio desses dois processos bioquímicos - a degradação aeróbia e anaeróbia (OLIVEIRA NETO, 2007, p.6).

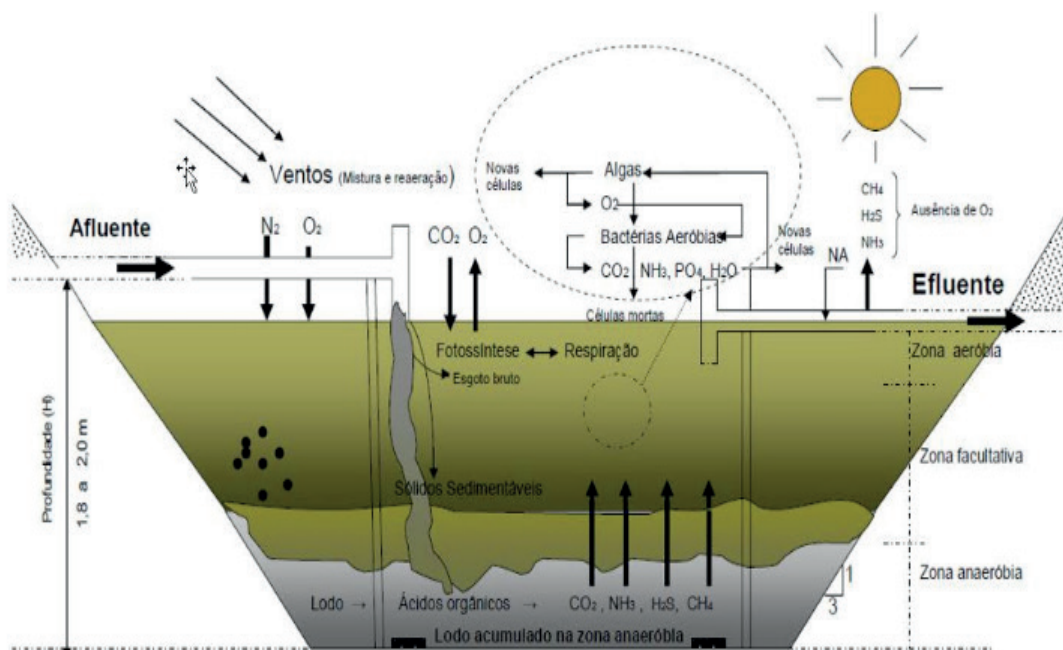


Figura 3 – Desenho esquemático de lagoa facultativa

Fonte: Silva Filho (2007)

Segundo Passos (2012), as principais reações biológicas que ocorrem nas lagoas de estabilização facultativas incluem a decomposição da matéria orgânica carbonácea por bactérias facultativas (DBO solúvel e finamente particulada); nitrificação da matéria orgânica nitrogenada por bactérias; produção de oxigênio na camada superior através da fotossíntese das microalgas e redução da matéria orgânica carbonácea (parte da DBO em suspensão que sedimenta) por bactérias anaeróbias no fundo da lagoa. De forma geral, existe um equilíbrio entre o oxigênio consumido na respiração das bactérias responsável pela degradação da matéria orgânica e o oxigênio produzido pelas algas.

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho é avaliar o desempenho da estação de tratamento de efluente líquido (Figura 4) de uma planta industrial de extração de óleo bruto de soja, composta de caixa de separação de areia, caixa de remoção de óleo, lagoa anaeróbia e lagoa facultativa, instalados em série (Figura 5), situada no interior do Estado de São Paulo.





Figura 4 – Vista geral da estação de Tratamento

Fonte: Os próprios autores, 2017

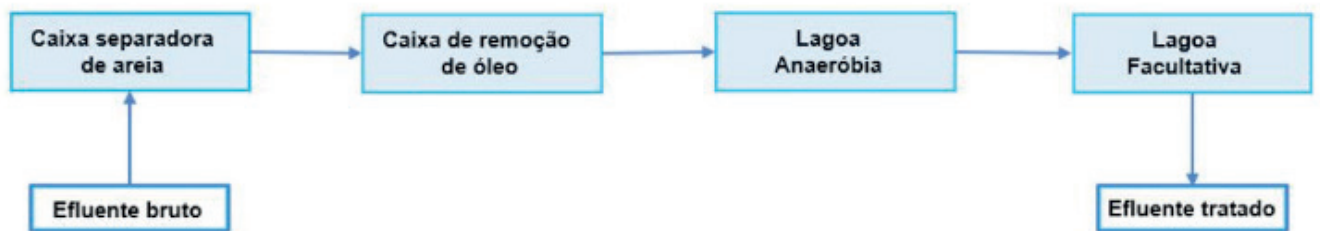


Figura 5 – Fluxograma da estação de Tratamento

Fonte: Os próprios autores, 2017

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste artigo é analisar a remoção da carga orgânica por meio de lagoas de estabilização de uma agroindústria de extração de óleos vegetais.

### 2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos pretendeu-se verificar o desempenho da lagoa de tratamento anaeróbia; verificar o desempenho da lagoa de tratamento facultativa aerada e medir o desempenho do sistema de tratamento em série e ambas as lagoas.

## 3 | METODOLOGIA DE PESQUISA E DE ANÁLISE

Para alcançar o objetivo proposto, utilizou-se como recurso metodológico, a pesquisa bibliográfica, realizada a partir da análise de materiais já publicados,



artigos científicos divulgados no meio eletrônico e análises laboratoriais dos efluentes líquidos, antes e depois da estação de tratamento, feitos por laboratório da UNAERP – Universidade de Ribeirão Preto.

As águas residuais utilizadas para pesquisa que deu origem a este artigo são provenientes de uma planta industrial de extração de óleo bruto de soja, de uma agroindústria localizada no Estado de São Paulo, região da Alta Paulista.

A agroindústria, em cujas lagoas de estabilização foram realizadas a pesquisa, processa diariamente 1.800 toneladas de soja, produzindo 315 toneladas de óleo bruto e 1.440 toneladas de farelo.

As águas residuais oriundas do processo produtivo são tratadas em um sistema constituído por tratamento preliminar que consiste no gradeamento e sedimentação dos sólidos em suspensão e na sequência em lagoas de estabilização sendo a primeira desta a lagoa anaeróbia e a segunda lagoa facultativa. No caso estudado, a lagoa anaeróbia apresenta volume útil de 3.840 m<sup>3</sup> e tempo de detenção de 20 dias e a lagoa facultativa apresenta volume útil de 4.800 m<sup>3</sup> e tempo de detenção de 25 dias. A profundidade média das lagoas é de 4,50 m.

Para a coleta das amostras foram seguidas as recomendações da NBR 9898/1987 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que fixa as condições para coleta e preservação de amostras e de efluentes líquidos tanto domésticos quanto industriais, assim como de amostras de água, sedimentos e organismos aquáticos.

## 4 | RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios anuais dos parâmetros físico-químicos de caracterização dos efluentes da planta industrial de extração de óleo bruto de soja (entrada) e do efluente tratado no sistema de lagoas de estabilização (anaeróbia e facultativa).

| Parâmetros            | Entrada | Saída |
|-----------------------|---------|-------|
| Sólidos totais (mg/l) | 1,8     | < 0,1 |
| pH                    | 7,7     | 7,1   |
| Temperatura (°C)      | 42      | 20    |
| Óleos e graxas (mg/l) | 430     | 24    |
| DQO (mg/l)            | 643     | 94    |
| DBO (mg/l)            | 325     | 22    |

Tabela 1 – Composição das águas residuárias

Fonte: elabora pelos autores

Os valores de pH do efluente do sistema de lagoas mantiveram-se na faixa de 6,9 a 7,3, com pH médio de 7,1, comprovando que as fases de acidogênese e metanogênese estão em equilíbrio.

A concentração de óleos e graxas para o efluente do sistema de lagoas foi de 24 mg/l, sendo grande parte retirado na caixa de sedimentação e separação de óleo.

O sistema de lagoas estudadas apresentou remoção média de DQO de 85,3% e a redução média de DBO de 93,2%, acima dos 70% previsto na literatura. Essa diferença pode estar associada com o grande volume da lagoa facultativa que apresentou tempo de detenção de 25 dias. (As análises de DQO – Demanda Química de Oxigênio, foram realizadas devido à solicitação da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).

## 5 | CONCLUSÕES

A partir das análises laboratoriais foi possível avaliar o desempenho do sistema de lagoas de estabilização instaladas em série e pôde-se constatar que apresentou um comportamento eficiente, visto que converteu o material orgânico e o efluente tratado com parâmetro físico-químico abaixo dos limites quantitativos regulamentados pela legislação.

Tal redução apresentou-se em termos de DQO, abaixo inclusive do que vem sendo registrado na literatura da área que aponta para 70% e no caso estudado chegou-se a 85,3%. A redução de DBO foi de 93,2%, na média.

Os resultados apresentados indicam que além do baixo custo de implantação das lagoas de estabilização, assim como a simplicidade no processo de operação, são fortes indicadores de que é uma solução bastante viável e eficiente para o tratamento de resíduos, tanto para o DQO quanto para o DBO.

Portanto, percebe-se que tanto na perspectiva da legislação ambiental, quanto no que se refere a imagem da organização, a agroindústria estudada apresenta ações positivas para mitigar os impactos negativos ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 9898. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. 1987.

BERNARDO, Cristiane Hengler Corrêa. **Comunicação e responsabilidade socioambiental nos agronegócios**. In: Queiroz, T.R; Zuin, L. F.. (Org.). *Agronegócio - Gestão, inovação e sustentabilidade*. 1ed. São Paulo: Saraiva, 2015, v. 1, p. 271-284.

CERETO, Aurélio Carlos. **Integração energética da rede de trocadores de calor em extração por solvente para produção de farelo branco de soja**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

ESPAÑA. Ministro de Obras Publicas y Transporte. **Depuración por lagunaje de águas residuales: manual de operadores**. España: MOPT, 1991

FABRETI, **Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização através de processo físico-químico**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

MIWA, Adriana Cristina Poli. **Avaliação do funcionamento do sistema de tratamento de esgotos de Cajati, Vale do Ribeira (SP), em diferentes épocas do ano.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

MOISÉS, Murilo Pereira. **Estudo do tratamento de efluentes de um complexo industrial com vistas a melhoria do sistema.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2011.

OLIVEIRA NETO, Gilberto Junior de & SANTOS, Harlen Inácio dos. **Análise de eficiência das lagoas facultativas da estação de tratamento de efluente municipal de Inhumas – Goiás.** Artigo técnico. Goiânia, 2007.

PASSOS, Ricardo Gomes. **Avaliação de desempenho de lagoas de estabilização por meios de dados monitoramento e modelagem fluidodinâmica computacional (CFD).** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

RAHMAN, Asif. **Bioremediation of domestic wastewater and production of bioproducts from microalgae using waste stabilization ponds.** Artigo Journal of Bioremediation & Biodegradation – OMICS International – ISSN 2155-6199, USA, 2012.

SILVA FILHO, Pedro Alves. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.

SILVA, S.A.; MARA, D.D. **Tratamento biológico de águas residuárias: lagoas de estabilização.** Rio de Janeiro: ABES, 1979.

SILVEIRA, Ana Gláucia Magalhães. **Análise de eficiência e confiabilidade em sistemas de baixo custo de tratamento de esgotos do tipo lagoas de estabilização.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SÃO PAULO (Estado). **Classificação dos corpos de água no Estado de S. Paulo** – Decreto n. 8.468, 1976 (aprovação e regulamentação da Lei n. 997 de 31 maio 1976) Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Legislativo, São Paulo, SP, 8 set. 1976.

SÃO PAULO (Estado). **Altera e incluem dispositivos e anexos na Lei 997 de 31 de maio de 1976** - Decreto n. 54.487 de 2009. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Legislativo, São Paulo, SP, 26 jun. 2009.

TAKEUTI, M.R.S. **Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização com chicanas.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2003.

UEHARA, M.Y.; VIDAL, W.L. (Org). **Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas.** São Paulo: CETESB, 1989.

VON SPERLING, Marcos. Lagoas de Estabilização. 2ed. **Rev. Atual:** Belo Horizonte, 2002.

## ANÁLISE DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DA REGIÃO DE LEIRIA, PORTUGAL

Data de aceite: 20/12/2019

### Gabriel Heiden de Moraes

Instituto Federal de Santa Catarina, Curso Técnico Integrado em Química Gaspar – Santa Catarina

### José Luis Vera

Instituto Superior de Engenharia do Porto, GRAQ – Grupo de Reações e Análises Químicas Porto – Portugal

### Valentina Fernandes Domingues

Instituto Superior de Engenharia do Porto, GRAQ – Grupo de Reações e Análises Químicas Porto – Portugal

### Cristina Delerue-Matos

Instituto Superior de Engenharia do Porto, GRAQ – Grupo de Reações e Análises Químicas Porto – Portugal

### Daniel Felipe J. Monteiro

Instituto Federal de Santa Catarina, Área de Química Gaspar – Santa Catarina

**RESUMO:** Os pesticidas são compostos utilizados para repelir, destruir ou controlar, qualquer peste. Esses podem ser classificados de acordo com suas características químicas, sendo organoclorados, organofosforados e piretróides três dessas diferentes categorias de

pesticidas. O objetivo do trabalho foi analisar 14 pesticidas organoclorados no Rio Lis e em duas ETAR's (Estação de Tratamento de Águas Residuais) que descarregam no mesmo rio, no concelho de Leiria em Portugal. Foi utilizado o método SPE (Extração em Fase Sólida) para extrair os analitos da amostra. A análise foi efetuada por GC-MS (Cromatógrafo Gasoso acoplado com Espectrômetro de Massa). A metodologia apresentou boa linearidade e nenhum pesticida foi detectado em quantidades significativas nas amostras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pesticidas; GC-MS; Rio Lis.

### ANALYZES OF ORGANOCHLORINES PESTICIDES IN SUPERFICIAL WATER OF LEIRIA REGION, PORTUGAL

**ABSTRACT:** The pesticides are compounds used to repel, to destroy or to control, any plague. They can be classified according to your chemical features, being organochlorides, organophosphorus or pyrethroids three of these different categories of pesticides. The objective of this work was analyzed 14 pesticides organochlorines in Lis River and in two WTP's (Wastewater Treatment Plant) that unload in the same river, in Leiria County in Portugal. It was utilized the SPE (Solid Phase Extraction) method to extract the analytes from the sample. The analyze was made for GC-MS

(Gas Chromatograph coupled in a Mass Spectrometer). The methodology showed a good linearity and any pesticides was detected in significative quantities in samples.

**KEYWORDS:** Pesticides; GC-MS; Lis River

## 1 | INTRODUÇÃO

O termo pesticida é definido pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) como qualquer substância ou mistura de substância de origem química ou biológica que tenha o objetivo de repelir, destruir ou controlar, qualquer peste, ou ainda regular o crescimento das plantas (NATIONS, 2014). Até a Segunda Guerra Mundial, as únicas formas de pesticidas eram inorgânicas, porém em 1939 o poder inseticida do DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis (p-clorofenil) etano) foi descoberto pelo químico Paul Muller. Após isso diversas indústrias químicas voltaram suas produções para compostos com ação inseticida, assim iniciou o uso dos organoclorados (MARTINS, 2016).

Os organoclorados são compostos que possuem carbono, hidrogênio e cloro, têm baixa solubilidade em água, são lipossolúveis, e difíceis de metabolizar, além disso são tóxicos (PAWLISZYN; MAGDIC, 1966). Estes compostos são classificados como POPs (Persistent Organic Pollutants) (JAYARAJ, 2016), são resistentes aos processos químicos, biológicos, e fotolíticos do meio ambiente, compostos como o DDT que foram proibidos na década de 70 ainda são encontrados em amostras ambientais (CHOPRA; SHARMA; CHAMOLI, 2010). Além disso essa classe de pesticidas é capaz de ser transportado através das membranas fosfolipídicas nos seres vivos, assim se tornam bioacumuláveis, são também biomagnificáveis o que significa que são passados de um organismo menor para outro maior, de maneira a ser observados grandes concentrações destes compostos em organismos que estão no topo da cadeia alimentar, com por exemplo seres humanos (ONGLEY, 1996). Estão também relacionados a doenças crônicas como câncer, problemas neurológicos, mal de Parkinson, defeitos de nascenças, dificuldades respiratórias, entre outras (CHOPRA; SHARMA; CHAMOLI, 2010).

No Brasil a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é responsável por aprovar ou não o uso de pesticidas, na União Europeia (UE) isso é definido pelo Parlamento Europeu e o Conselho Europeu baseado na Regulação (EC) N° 1107/2009. Dentre os pesticidas analisados por esse trabalho, todos tem seu uso proibido em Portugal e no Brasil. Além disso como são compostos persistentes é necessário regulamentar a quantidade existente em águas superficiais, no Brasil essa quantidade é controlada segundo a RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, e na UE é determinada através da Directiva n° 39, de 12 de agosto de 2013. Na Tabela 1 são apresentados os limites de concentrações dos organoclorados em águas superficiais no Brasil e na UE:

| Pesticida             | Quantidade limite em águas superficiais ( $\mu\text{g/l}$ ) |               |            |
|-----------------------|---|---------------|------------|
|                       | União Europeia [1]  |               | Brasil [2] |
|                       | NQA - MA  | NQA - CMA     |            |
| $\alpha$ -HCH         | 0,02  | 0,04          | -          |
| $\beta$ -HCH          |   |               |            |
| $\zeta$ -HCH          |   |               |            |
| $\gamma$ -HCH lindano |   |               | 0,02       |
| HCB                   | -   | 0,05          | 0,0065     |
| Aldrin                | 0,01  | não aplicável | 0,005      |
| Dieldrin              |   |               |            |
| Endrin                |   |               | 0,004      |
| Isodrin*              |   |               | -          |
| $\alpha$ -Endosulfan  | 0,005   | 0,01          | 0,056      |
| $\beta$ -Endosufan    |   |               |            |
| o,p'-DDT              | 0,025   | não aplicável | 0,002      |
| p,p'-DDT*             |   |               |            |
| p,p'-DDE              |   |               |            |
| p,p'-DDD              |   |               |            |
| Methoxicloro          | -   | -             | 0,03       |

Tabela 1 - Concentrações máximas permitidas dos compostos analisados por esse trabalho em águas superficiais no Brasil e na UE.

NQA: Normas de qualidade ambiental

MA: Média anual

CMA: Concentração máxima admissível

\*: Compostos não analisados neste trabalho

-: Não especificado na legislação

[1]: (UNIÃO EUROPEIA, 2013)

[2]: (CONAMA, 2005)

Este trabalho tem como objetivo analisar qualitativamente e quantitativamente 14 pesticidas organocloradospiretróide em águas superficiais do Rio Lis, e das ETAR's (Estação de Tratamento de Águas Residuais) Olhavas e Coimbra, ambas descarregam seus efluentes finais no Rio Lis.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Amostragem

As amostras foram coletadas em 5 pontos do Rio Lis e em 2 saídas de ETAR's (Estação de Tratamento de Água Residual) que tem descarga no Rio Lis, localizado em Portugal no distrito e no concelho de Leiria, sendo o principal Rio da região.



Os pontos de coleta do rio foram na nascente do rio, antes e depois de cada ETAR. A figura abaixo mostra os mapas identificando os pontos de coleta das amostras:

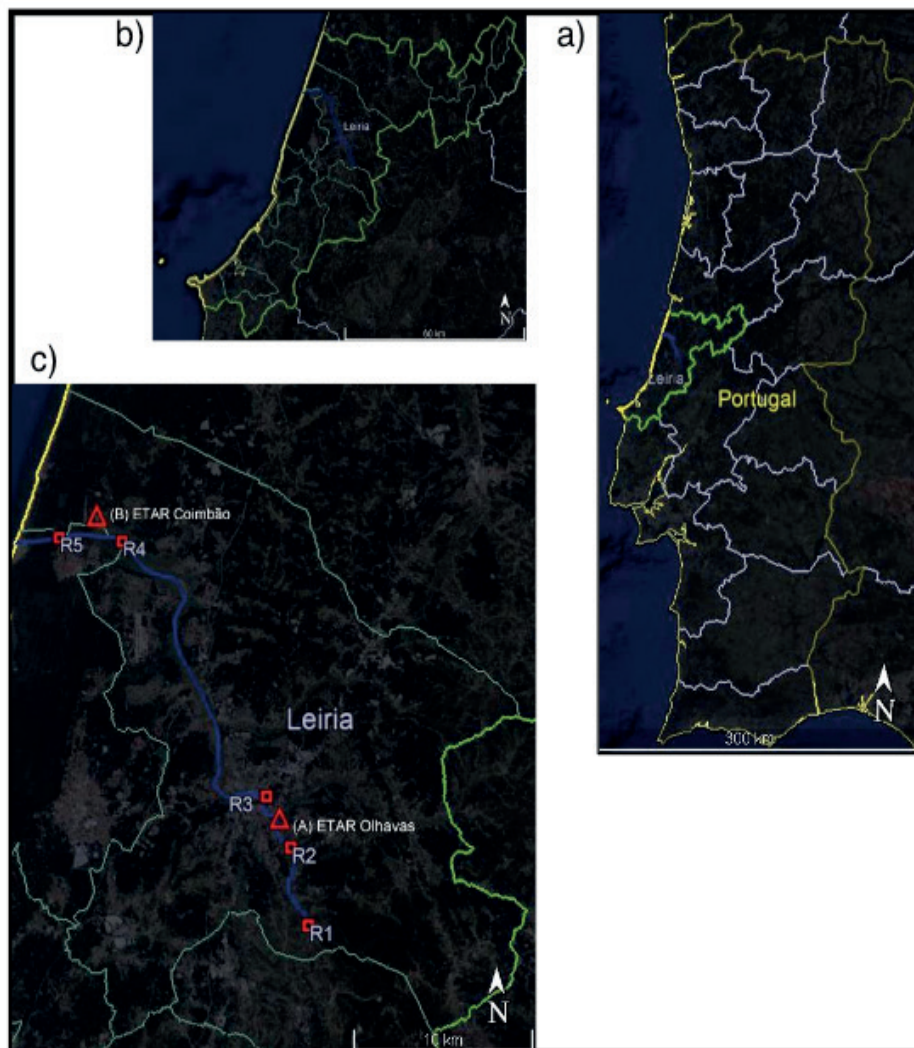


Figura 1-a) Portugal com as divisões dos distritos, com destaque no distrito de Leiria em verde e no Rio Lis em azul escuro; b) O distrito de Leiria com as divisões dos concelhos com destaque no Rio Lis em azul escuro; e c) O concelho de Leiria com destaque no Rio Lis em azul escuro, e identificando os pontos de coleta de rio com quadrados vermelhos e os pontos de coletas de ETAR's em triângulos vermelhos.

## 2.2 Preparação das amostras

Foram recolhidas amostras em duplicatas de 250 ml para os rios e de 100 ml para as ETAR. As amostras foram submetidas ao processo de filtração simples utilizando papel de filtro 0,17 mm e, em seguida, foram armazenadas no refrigerador.

A d5-Cypermotrina e o d8-DDT foram utilizados como padrões internos. Em cada balão foi adicionado 100  $\mu$ l de uma solução de d5-Cypermotrina com concentração 2000  $\mu$ g/l, e 100  $\mu$ l de uma solução de d8-DDT com concentração de 1000  $\mu$ g/l. Todo o líquido foi evaporado com gás nitrogênio. Então foi adicionado 1750  $\mu$ l de metanol nos balões de 250 ml, e 700  $\mu$ l nos balões de 100 ml. Completou-se o volume de cada balão com as amostradas previamente filtradas.

## 2.3 Extração em fase Sólida – SPE

Devido as concentrações das substâncias investigadas serem muito baixas foi necessário extrair e concentrar o analito da amostra, para isso foi utilizado o método SPE (Solid Phase Extraction). Tal técnica consiste em adsorver o analito em um cartucho e depois eluir, concentrando o analito em um solvente desejado. Comparado ao método de extração líquido-líquido, o SPE é mais barato, mais rápido e usa uma quantidade menor de solvente. Os sorventes C8 e C18 são os mais utilizados para amostras de água (ANTONIOD'ARCHIVIO, 2007).

Foram utilizados cartuchos Phenomenex C18-E para a extração da fase sólida. Eles foram condicionados com a passagem de 5 ml de metanol, 5 ml de acetonitrila, e 5 ml de água ultrapura (0,5% metanol). Depois disso a amostra foi passada pelos cartuchos, e o sistema foi lavado adicionando 10 ml da solução de água ultrapura (0,5% metanol) em cada balão, e deixou-se secar durante 2 horas na bomba de vácuo. Em seguida, o analito foi eluído para tubos de 20 ml com a passagem de 10 ml de Acetato de Etilo e 3 ml de n-hexano. Em cada tubo foi ainda adicionado 30 µl de protetor de analito (lactone 5 g/l em ACN / Água ultrapura (9:1)) e todo o líquido contido no tubo foi evaporado completamente em gás nitrogênio. No fim, os analitos estavam no estado sólido em tubos de 20 ml. Então adicionou-se 500 µl de n-hexano em cada tudo e após isso cada solução foi transferida para viais para serem injetados no GC-MS.

## 2.4 GC-MS

Para a determinação de organoclorados, frequentemente utiliza-se a técnica de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS) (BORREL, 2019; CRUZEIRO, 2016; WEI, 2004), pois é possível confirmar a presença dos compostos, o que não é possível em outros detectores como o ECD (Detector de captura de elétrons) (FRÍAS,2004) .

As amostras foram analisadas com um Cromatógrafo Gasoso da marca Thermo, modelo Trace GC Ultra, o qual possuía instalada uma coluna da marca Phenomenex, modelo ZB-5Msi, com 30 m de comprimento, e 0,25 mm de diâmetro interno. O GC foi acoplado a um detector de espectro de massa também da marca Thermo, modelo Polaris Q.

O injetor foi programado para injetar as amostras em 260°C, a temperatura do forno da coluna foi programada da seguinte forma:

| Forno   |                |                  |             |
|---------|----------------|------------------|-------------|
| Patamar | Rampa (°C/min) | Temperatura (°C) | Tempo (min) |
| Inicial | -              | 100              | 1           |
| 1       | 15             | 150              | 1           |
| 2       | 5              | 180              | 0,5         |
| 3       | 5              | 185              | 0,5         |
| 4       | 5              | 205              | 0,5         |

|   |   |     |   |
|---|---|-----|---|
| 5 | 5 | 225 | 1 |
| 6 | 5 | 270 | 8 |

Tabela 3 - Programa de temperaturas do forno da coluna

Todos os dados lidos pelo equipamento foram enviados para o computador e analisados com o programa Xcalibur.

## 2.5 Matriz

Afim de estudar o efeito de matriz na amostra foi preparada uma solução com uma mistura dos 5 pontos de coleta de água de rio, e outra com uma mistura dos 2 pontos de coleta de água das ETAR's. Todo o processo de preparo da amostra de SPE foi repetido 9 vezes, sendo uma das vezes para o branco e as outras 8 soluções foram fortificadas com diferentes concentrações dos padrões de pesticidas, a partir dos dados gerados é possível a criação de uma curva de calibração na matriz. Além disso foram preparadas soluções com as mesmas concentrações da curva de calibração na matriz, mas apenas com o solvente n-hexano. As duas curvas são comparadas e através de cálculos é possível determinar o efeito da matriz nas amostras.

## 3 | RESULTADOS

Após a realização dos experimentos descritos no procedimento metodológico, foi possível identificar os íons mais abundantes de cada composto e seus respectivos tempos de retenção. A Tabela 4 mostra cada composto, seus principais e o tempo de retenção (RT) de cada um deles.

| Pesticida             | íons                                   | RT (min) |
|-----------------------|--|----------|
| $\alpha$ -HCH         | 109, <b>181</b> , <b>183</b> , 219     | 11.05    |
| HCB                   | 142, <b>284</b> , 286                  | 11.34    |
| $\beta$ -HCH          | 109, <b>181</b> , <b>183</b> , 219     | 12.26    |
| $\gamma$ -HCH lindano | 109, <b>181</b> , <b>183</b> , 219     | 12.26    |
| $\zeta$ -HCH          | 109, <b>181</b> , <b>183</b> , 219     | 13.50    |
| aldrin                | 66, <b>263</b> , 293                   | 16.42    |
| $\alpha$ -endosulfan  | 195, 207, <b>241</b>                   | 19.53    |
| dieldrin              | 79, <b>263</b> , 277                   | 20.57    |
| p,p'-DDE              | 176, <b>246</b> , 318                  | 20.71    |
| endrin                | 81, <b>263</b> , 281, 345              | 21.41    |
| $\beta$ -endosulfan   | <b>195</b> , 207, 241                  | 21.81    |
| p,p'-DDD              | 165, <b>235</b> , 318                  | 22.46    |
| o,p'-DDT              | 165, <b>235</b> , 352                  | 22.46    |
| d8 - DDT              | 169, 170, 171, <b>243</b> , <b>245</b> | 23.89    |
| metoxicloro           | <b>227</b> , 237                       | 26.48    |

Tabela 4 - Lista de pesticidas organoclorados analisados, seus íons e tempos de retenção.

No intuito de reduzir os ruídos dos compostos presentes, mas que não são o foco da análise, elaborou-se um programa com método SIM (do inglês Selective Ion Monitoring), o qual possui diversos segmentos que procura por íons específicos de cada composto. A tabela 5 ilustra o método SIM otimizado para as análises.

| Segmento | Tempo inicial (min) | íons procurados                   | Pesticidas                        |
|----------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1        | 8,00                | 109, 142, 181, 183, 219, 284, 286 | HCH, HCB                          |
| 2        | 15,80               | 66, 263, 293                      | Aldrin                            |
| 3        | 18,00               | 195, 207, 241                     | $\alpha$ - Endosulfan             |
| 4        | 20,10               | 79, 176, 246, 263, 277, 318       | p, p' - DDE, Dieldrin             |
| 5        | 21,25               | 81, 195, 207, 241, 263, 281,345   | Endrin, $\beta$ - Endosulfan      |
| 6        | 22,10               | 165, 169, 170, 171, 235, 318, 352 | p, p' - DDD, o,p' - DDT, d8 - DDT |
| 7        | 25,00               | 227, 237                          | Metoxicloro                       |

Tabela 5 - Segmentos, tempos iniciais, íons e pesticidas procurados no método SIM otimizado.

Foi ainda otimizado três modos MSN (do inglês n steps for Mass Spectrometry), que possui alguns segmentos, mas em cada segmento apenas um íon é procurado, e esse íon é novamente atingido pelo eletromagnetismo do equipamento, sendo repartido outra vez. Os programas MSNs estão nas Tabelas 6, 7 e 8.

| Segmento | Tempo inicial (min) | Pesticida             | RT (min)                        | Íons procurados |
|----------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------|
| 1        | 8.00                | Isômeros HCH          | 11.05 / 12.26/<br>12.26 / 13.50 | 183             |
| 2        | 15.80               | aldrin                | 16.42                           | 263             |
| 3        | 18.00               | $\alpha$ – endosulfan | 19.53                           | 195             |
| 4        | 20.10               | p,p'DDE               | 20.71                           | 318             |
| 5        | 21.25               | $\beta$ – endosulfan  | 21.81                           | 195             |
| 6        | 22.10               | p,p'DDD / o,p'DDT     | 22.46                           | 235             |
| 7        | 25.00               | Metoxicloro           | 26.48                           | 227             |

Tabela 6 - Segmentos, tempos iniciais, pesticidas, tempos de retenção e íons procurados no método otimizado MSn-1

| Segmento | Tempo inicial (min) | Pesticida             | RT (min) | Íons procurados |
|----------|---------------------|-----------------------|----------|-----------------|
| 1        | 19.53               | $\alpha$ – endosulfan | 19.53    | 241             |
| 2        | 20.10               | dieldrin              | 20.57    | 263             |
| 3        | 21.25               | endrin                | 21.81    | 263             |
| 4        | 22.10               | p,p'DDD / o,p'DDT     | 22.46    | 235             |
| 5        | 25.00               | metoxicloro           | 26.48    | 227             |

Tabela 7- Segmentos, tempos iniciais, pesticidas, tempos de retenção e íons procurados no método otimizado MSn-2

| Segmento | Tempo inicial (min) | Pesticida             | RT (min) | Ións procurados |
|----------|---------------------|-----------------------|----------|-----------------|
| 1        | 8.00                | HCB                   | 11.34    | 284             |
| 3        | 18.00               | $\alpha$ – endosulfan | 19.53    | 241             |
| 4        | 20.10               | dieldrin              | 20.57    | 263             |
| 5        | 21.25               | endrin                | 21.41    | 263             |
| 6        | 22.10               | p,p'DDD / o,p'DDT     | 22.46    | 235             |
| 7        | 25.00               | metoxicloro           | 26.48    | 227             |

Tabela 8- Segmentos, tempos iniciais, pesticidas, tempos de retenção e ións procurados no método otimizado MSn-3

O programa MSN é utilizado para confirmação dos compostos, e o programa SIM para quantificação dos compostos, dessa forma a análise apresenta aspectos qualitativos e quantitativos (CRUZEIRO, 2015).

Para estudo da linearidade foram construídas curvas de calibração com oito concentrações, 15  $\mu\text{g/L}$ , 35  $\mu\text{g/L}$ , 75  $\mu\text{g/L}$ , 100  $\mu\text{g/L}$ , 200  $\mu\text{g/L}$ , 300  $\mu\text{g/L}$ , 400  $\mu\text{g/L}$  e 500  $\mu\text{g/L}$ . A linearidade pode ser avaliada pelo do coeficiente de correlação, sendo 1 o coeficiente de correlação máximo. Nas curvas esse coeficiente variou entre 0,9899 do  $\beta$ -Endosulfan e 0,9952 do Aldrin. De acordo com a ANVISA (2017), coeficientes de correlação acima de 0,990 são considerados lineares, dessa forma dos 14 compostos analisados, apenas o  $\beta$ -Endosulfan (0,9899) não apresentaram linearidade ótima, isso mostra que o método pode ser considerado linear.

Para fins de verificação do efeito da matriz as curvas de calibração foram realizadas em solvente e na matriz de água de rio e de água da ETAR. Como resultado, observou-se uma diminuição expressiva na faixa de trabalho dos isômeros de HCH na matriz de ETAR, onde as áreas das soluções com menores concentrações foram muito pequenas. Dessa maneira, não apresentavam linearidade na curva, o  $\zeta$  – HCH por exemplo apresentou apenas 3 pontos na curva de calibração da matriz de água de ETAR (Figura 2), e na curva de calibração no solvente (Figura 3) apresentou linearidade em todas as concentrações em que foi injetado.

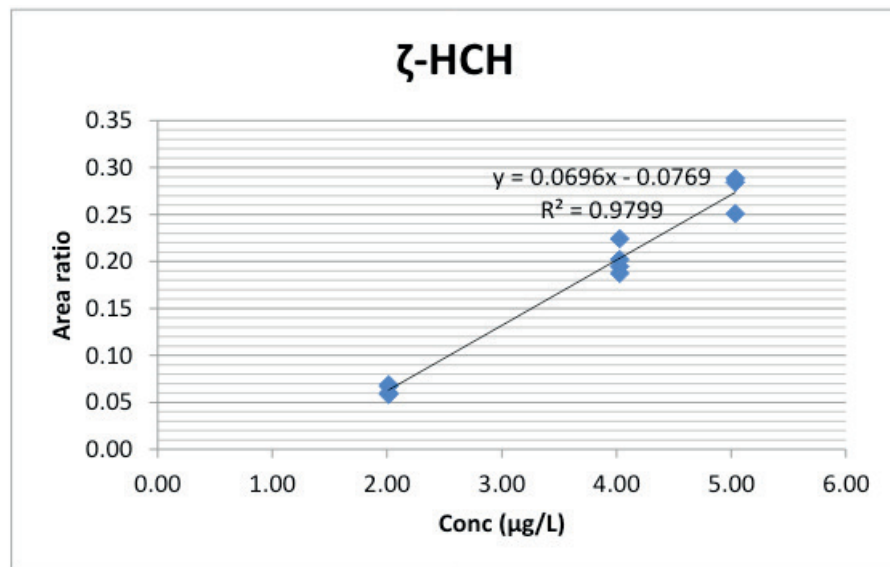


Figura 2 - Curva de calibração do ζ-HCH em Matriz de Água de ETAR.

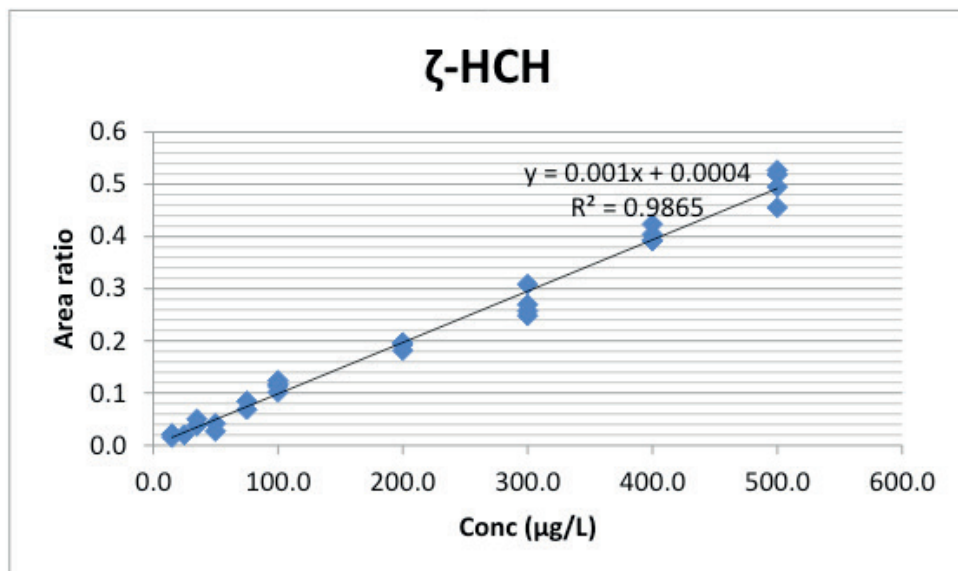


Figura 3 - Curva de calibração do ζ-HCH em Solvente.

Na matriz de água de rio aconteceu o mesmo com os isômeros α e ζ de HCH sendo, no entanto, de uma forma menos expressiva se comparado a matriz de água de ETAR.

Referente as amostras avaliadas, nenhum pesticida foi qualificado e, por isso, não foi quantificado. Nas amostras de água de ETAR e a partir do ponto de Coleta 2 da água de rio foi detectado um sinal de Metoxicloro, no entanto o sinal era muito baixo, assim não foi possível confirmar através do modo MSn.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após estudos, otimizações e análises não foi encontrado nenhum dos compostos pesquisados nas amostras. Tal resultado é positivo, sugerindo que o rio não se encontra contaminado com os pesticidas analisados. Após as otimizações feitas no método o



mesmo apresentou boa linearidade na faixa de trabalho. Ainda, é possível afirmar que, no que se refere aos compostos analisados, a qualidade da água do rio está dentro dos parâmetros estabelecidos pela Directiva nº 39, de 12 de agosto de 2013, que estabelece as concentrações máximas de pesticidas que podem ser encontrados nas águas superficiais dos países pertencentes à União Europeia.

## REFERÊNCIAS

ANTONIOD'ARCHIVIO, Angelo et al. Comparison of different sorbents for multiresidue solid-phase extraction of 16 pesticides from groundwater coupled with high-performance liquid chromatography. **Talanta**, [s.l.], v. 71, n. 1, p.25-30, jan. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.03.016>>. Acesso em: 17 maio 2019.

BORRELL, Asunción et al. Organochlorine concentrations in aquatic organisms from different trophic levels of the Sundarbans mangrove ecosystem and their implications for human consumption. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 251, p.681-688, ago. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.120>>. Acesso em: 03 out. 2019

CHOPRA, A. K.; SHARMA, Mukesh Kumar; CHAMOLI, Shikha. Bioaccumulation of organochlorine pesticides in aquatic system—an overview. **Environmental Monitoring And Assessment**, Haridwar, v. 173, n. 1-4, p.905-916, 23 mar. 2010. Semestral. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10661-010-1433-4>>. Acesso em: 06 maio 2019.

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Resolução Conama Nº 357, de 17 de Março de 2005**. Brasília, DF, 17 mar. 2005. Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2019.

CRUZEIRO, Catarina et al. Multi-matrix quantification and risk assessment of pesticides in the longest river of the Iberian peninsula. **Science Of The Total Environment**, [s.i.], v. 572, n. 1, p.263-272, dez. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.203>>. Acesso em: 17 maio 2019.

CRUZEIRO, Catarina et al. Uncovering seasonal patterns of 56 pesticides in surface coastal waters of the Ria Formosa lagoon (Portugal), using a GC-MS method. **International Journal Of Environmental Analytical Chemistry**, [s.l.], v. 95, n. 14, p.1370-1384, 27 out. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/03067319.2015.1100724>>. Acesso em: 27 maio 2019.

FRÍAS, Mercedes Moreno et al. Determination of organochlorine compounds in human biological samples by GC-MS/MS. **Biomedical Chromatography**, [s.l.], v. 18, n. 2, p.102-111, mar. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/bmc.300>>. Acesso em: 21 maio 2019.

JAYARAJ, Ravindran; MEGHA, Pankajshan; SREEDEV, Puthur. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. **Interdiscip Toxicol.**, Kerala, v. 9, n. 3-4, p.90-100, dez. 2016. Anual. Disponível em: <<https://doi.org/10.1515/intox-2016-0012>>. Acesso em: 06 maio 2019.

MARTINS, Nuno Miguel Costa. **Análise vestigial de pesticidas em azeite: aplicação de polímeros molecularmente impressos**. 2016. 346 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrárias, Universidade de Évora, Évora, 2016. Disponível em: <<http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/18216>>. Acesso em: 06 maio 2019.

NATIONS, Food And Agriculture Organization Of The United. **The International Code of Conduct on Pesticide Management**. Roma: Fao, 2014. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/Code/Code\\_ENG\\_2017updated.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/Code_ENG_2017updated.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2019.

ONGLEY, Edwin D.. **Control of water pollution from agriculture**. Burlington: Fao, 1996. 109 p.

Disponível em: <<http://www.fao.org/3/w2598e/w2598e00.htm#Contents>>. Acesso em: 06 maio 2019.

PAWLISZYN, Janusz B.; MAGDIC, Sonia. Analysis of organochlorine pesticides using solid-phase microextraction. **Journal Of Chromatography A**, Amsterdã, v. 723, n. 1, p.111-122, 02 fev. 1996. Semanal. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0021-9673\(95\)00857-8](https://doi.org/10.1016/0021-9673(95)00857-8)>. Acesso em: 06 maio 2019.

UNIÃO EUROPEIA. Diretiva nº 2013/39/UE, de 12 de agosto de 2013. **Diretivas**. Bruxelas, Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:226:0001:0017:PT:PDF>>. Acesso em: 07 out. 2019.

WEI, Xian-yong et al. Identification of organochlorines and organobromines in coals. **Fuel**, [s.l.], v. 83, n. 17-18, p.2435-2438, dez. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2004.06.018>>. Acesso em: 21 maio 2019.

## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AMBIENTAIS PARA REMOÇÃO DE ÓLEO DE AMBIENTES AQUÁTICOS

*Data de aceite: 20/12/2019*

**Elba Gomes dos Santos Leal**  
**Caio Ramos Valverde**  
**Ricardo Guilherme Kuentzer**

**RESUMO:** Durante a produção de petróleo e gás natural, uma grande quantidade de água também é produzida, a qual se encontra associada ao óleo dentro dos reservatórios. A água produzida encontra-se aprisionada nas formações rochosas e é trazida a superfície durante o processo de produção do petróleo. Os principais problemas causados pela água produzida residem na grande quantidade que é gerada nos campos produtores bem como a complexidade de sua composição. Dentre os processos de tratamento para a água produzida, tem-se a utilização de flotação a ar precedida da adição de produtos desmulsificantes, os hidrociclones, os coalescedores de leito e separadores gravitacionais. Entretanto, esses processos apresentam desvantagens, como o elevado tempo de residência requerido, a utilização de produtos químicos especiais e caros, a geração de resíduos sólidos e baixas eficiências. Entretanto, existem várias outras técnicas e equipamentos para tratamento de água produzida, como a utilização de materiais

adsorventes. Os adsorventes comerciais mais utilizados são os materiais sintéticos, feitos de polipropileno e poliuretano. Eles possuem características favoráveis como: baixa densidade, baixa sorção de água, boa resistência física e química e boa sorção de óleo, porém destaca-se a desvantagem de não serem biodegradáveis e muito caros. Desta forma, este trabalho tem como finalidade verificar a influência dos resíduos agrícolas como forma de remediação para derramamentos de óleos ambientes aquáticos. Os resíduos utilizados foram: palha, alecrim do mato, casca de coco licuri, casca de palmeira. Os resultados obtidos apontam para a viabilidade da utilização destes materiais, que dependendo das condições de uso, podem remover completamente o óleo.

**PALAVRAS-CHAVE:** adsorção, resíduos, petróleo.

**ABSTRACT:** During oil and natural gas production, a large amount of water is also produced, which is associated with oil within the reservoirs. The water produced is trapped in the rock formations and is brought to the surface during the oil production process. The main problems caused by the produced water lie in the large amount that is generated in the producing fields as well as the complexity of its composition. Among the treatment processes for the produced water, there is the use of

air flotation preceded by the addition of demulsifying products, hydrocyclones, bed coalizers and gravitational separators. However, these processes have disadvantages such as the high residence time required, the use of special and expensive chemicals, the generation of solid waste and low efficiencies. However, there are several other techniques and equipment for treating produced water, such as the use of adsorbent materials. The most commonly used commercial adsorbents are synthetic materials made of polypropylene and polyurethane. They have favorable characteristics such as: low density, low water sorption, good physical and chemical resistance and good oil sorption, but the disadvantage is that they are not biodegradable and very expensive. Thus, this work aims to verify the influence of agricultural waste as a remedy for spills of aquatic ambient oils. The residues used were: straw, bush rosemary, coconut licuri bark, palm bark. The results show the feasibility of using these materials, which depending on the conditions of use, can completely remove the oil.

**KEYWORDS:** adsorption, waste, petroleum.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos reservatórios de campos produtores, o petróleo é encontrado em fase líquida denominada de fase oleosa, juntamente com uma fase gasosa. Além destas duas fases, tem-se também a uma produção de água, geralmente devido a presença desta nos reservatórios ou devido aos processos de injeção para a recuperação do petróleo.

A água produzida juntamente com o óleo e o gás encontra-se aprisionada nas formações rochosas e é trazida a superfície durante o processo de produção do petróleo. Os principais problemas causados pela água produzida, reside na grande quantidade que é gerada nos campos produtores bem como a complexidade de sua composição. Estes dois fatores causam problemas ambientais e operacionais, aumentando assim os custos da produção de petróleo.

Segundo Brasil, Araujo & Sousa (2012), o tratamento da água produzida em uma instalação de processamento primário de petróleo depende da sua destinação final, os quais podem ser: descarte, injeção e reuso. Em todos os casos, há a necessidade de tratam específico a fim de atender as demandas ambientais, operacionais e da atividade produtiva a qual será utilizada.

A injeção de água tem sido um dos principais meios de recuperação secundária de campos de petróleo, porém, a fim de evitar comprometer os equipamentos e o reservatório, essa água necessita de tratamento adequado para redução do teor de óleo e remoção de H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub> dissolvidos, de forma a evitar a corrosão, sedimentação de componentes e tamponamento do reservatório.

O descarte da água só pode ser feito de acordo com a regulação do CONAMA e com os regulamentos estaduais e municipais aplicáveis. Embora a água produzida contenha diversos compostos químicos, a Resolução CONAMA 393/07 apenas limita o teor de óleos e graxas (TOG), cujo valor permitido deve ser de 29 mg/L para a média aritmética simples mensal e 42 mg/L para o valor máximo diário.

De acordo com Mota et al. (2013), a quantidade de água produzida representa a maior corrente de efluentes líquidos das atividades de produção de petróleo. Em 2011 o volume gerado foi de 260 milhões de barris por dia, em termos mundiais. No Brasil, a quantidade gerada por dia está em 3,8 milhões de barris.

Dentre os processos de tratamento para remoção de TOG para a utilização da água produzida para descarte ou rejeição, tem-se a utilização de flotação a ar precedida da adição de produtos desemulsificantes. Outros processos utilizados são os hidrociclones, os coalescedores de leite e separadores gravitacionais. Entretanto, esses processos apresentam desvantagens, como o elevado tempo de residência requerido, a utilização de produtos químicos especiais e caros, a geração de resíduos sólidos e baixas eficiências.

Além dos hidrocarbonetos, a água, o gás e materiais sólidos de natureza orgânica e inorgânica coexistem com o petróleo nos poros das rochas-reservatórios, e durante os processos de produção, este material pode ser transportado, associado ao óleo, na forma de emulsões estáveis e/ou suspensões (Mohamed et al., 2001; Sjöblom et al., 2002).

Segundo Stephenson (1991), a água gerada juntamente com o óleo e o gás natural recebe o nome de “água de produção” ou “água conata”, e representa grandes volumes de água produzida tanto nas operações “onshore” quanto nas operações “offshore”, durante os processos de exploração e produção de petróleo.

A quantidade de água produzida depende do campo de petróleo, ou seja, da natureza da formação rochosa, e também dos métodos de recuperação utilizados (Tellez et al., 2002; Toril et al., 1999; Sjöblom et al., 2002).

Os volumes de água produzida nas operações de exploração e produção de petróleo são maiores que a produção de óleo. Nas plataformas de óleo offshore, esta quantidade varia entre 2000 a 40000 m<sup>3</sup>/dia. Nas plataformas de gás, esta quantidade se encontra geralmente entre 2 a 30 m<sup>3</sup>/dia.

Geralmente, pouco mais de 1,0 barril de água é produzido para cada barril de óleo. Em alguns casos, esta quantidade representa 50 % nos estágios iniciais de produção e 90% na maturidade do poço. Deste volume produzido, aproximadamente 65% desta água é beneficiada para a injeção primária em reservatórios de petróleo para a manutenção da pressão. O restante deste efluente é descartado na superfície, entre as quais se incluem as vias costeiras, os balneários, lagos, etc. (Mendonça, et al., 2004).

Os efluentes aquosos que fazem parte da produção de petróleo incluem em sua composição não só a água de formação, ou seja, a água produzida juntamente com o óleo, mas também a salmoura, que é extraída durante as etapas de produção; a água de injeção, que é utilizada para manter a pressão no reservatório durante a produção e serve para empurrar o óleo e outros efluentes líquidos que, dependendo do tratamento, são adicionados nos vários estágios de tratamento dos processos; além dos produtos dos fluidos de perfuração que contaminam a água produzida que é descartada no mar.

Dentre estes produtos, têm-se também os inibidores de corrosão, os desmulsificantes e os biocidas (Monteiro et al., 2004; Duarte et al., 2004).

A água de produção contém, em sua composição, muitos constituintes diferentes. Cada um destes constituintes pode causar um impacto diferente ao meio ambiente.

Normalmente estão presentes na água de produção sais dissolvidos, compostos orgânicos e uma grande variedade de metais pesados, tais como bário, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, prata e zinco, além de muitas outras substâncias (Stephenson, 1991).

Estes materiais são componentes da água de formação do próprio reservatório ou utilizados durante os processos de extração e produção de petróleo. Além disso, a água produzida pode se misturar com o óleo extraído, o gás ou com a própria água de injeção dos poços (Scholten et al., 2000).

A água produzida contém ainda uma grande variedade de hidrocarbonetos, que são encontrados na forma de componentes solúveis e insolúveis, dependendo das características do campo de petróleo (Senn e. Johnson, apud TelLez et al., 2002).

Os compostos orgânicos provenientes do petróleo são bastante prejudiciais ao homem e ao meio ambiente, de modo que as grandes companhias procuram reduzir ao máximo as alterações causadas nos ecossistemas, tornando assim compatíveis todas as atividades realizadas pela indústria do petróleo, de forma a garantir a preservação do meio ambiente, a segurança das pessoas e das instalações e a melhoria da qualidade de vida.

Praticamente durante todos os estágios da produção de petróleo tanto “offshore” quanto “onshore” são acompanhados pela descarga indesejável de efluentes líquidos e gasosos, como também de resíduos sólidos, cujas quantidades variam de produção para produção. Apenas, como exemplo, sabe-se que a quantidade de água produzida aumenta, à medida que ocorre o esgotamento do óleo no reservatório.

Efluentes oleosos e emulsões do tipo água/óleo são os dois tipos mais comuns de poluentes descartados no meio ambiente (Gryta et al., 2001; Chang et al., 2001; Lorain et al., 2001).

A produção de efluentes aquosos do tipo óleo/água traz uma série de inconvenientes, principalmente durante a operação de produção de petróleo. Para processar toda a água produzida juntamente com o petróleo, é necessário o superdimensionamento das instalações de coleta e armazenamento, incluindo bombas, linhas e tanques. Além disso, a presença da água, juntamente com alguns sais dissolvidos, acelera os processos de corrosão e formação de incrustações (Triggia, et al., 2001).

Para a produção de petróleo em ambiente marinho, o processamento da água produzida pode ser bastante complicado. As plataformas geralmente são equipadas para a separação água/óleo, mas dependendo da quantidade de água gerada durante as operações, esta é descartada no mar ou reinjetada ou muitas vezes transportada para as estações de tratamento “onshore”.

A água de produção, quando descartada sem um tratamento prévio, causa uma



série de danos ambientais, provocando inclusive a morte de vários animais, além de contaminar áreas de recreação, pesca e comerciais, produzindo rejeição do efluente (Page et al., 2000).

As indústrias de extração e produção de petróleo já empregam vários processos de separação dos componentes, a fim de melhorar a qualidade dos efluentes gerados e contaminados com produtos orgânicos. Estes devem obedecer a padrões de natureza física, química e biológica de forma que não acarretem alterações indesejáveis à qualidade da água, impedindo assim o seu descarte ou mesmo reutilização (Bernado, 1993).

Os métodos de tratamento das águas produzidas, juntamente com o petróleo, dependem de muitos fatores, os quais incluem o volume produzido, a constituição da água, a localização do campo e a legislação ambiental vigente. Para serem viáveis, as tecnologias de tratamento empregadas devem apresentar baixo custo operacional e elevada eficiência. Para o caso das instalações “offshore”, estas tecnologias necessitam serem compactas devido às restrições de espaço e ao peso. Desta forma, a água de produção termina sendo descartada na superfície em rios, lagos, balneários, oceanos e áreas costeiras.

Os métodos de tratamento da água de produção tradicionalmente mais utilizados pelas indústrias visam remover primeiramente o óleo e os sólidos dispersos, incluindo os metais pesados. O tratamento secundário remove as gotículas de óleo, incluindo também, alguns tratamentos mecânicos que podem ser por flotação a gás, hidrociclones, centrifugação, filtração e a tecnologia de separação por membranas. O tratamento biológico utiliza carvão ativo e lagoas aeróbicas e anaeróbicas. O tratamento terciário remove óleo e sólidos dissolvidos como carvão ativo entre outros. Para remoção de metais, utiliza-se geralmente a precipitação e a troca iônica. (Gryta, et al., 2001; Karakulski, et al., 1995; Lorain et al., 2001; Chang et al., 2001).

Além dos métodos citados anteriormente, as Estações de Tratamento de Efluentes utilizam ainda outros processos de tratamento para os efluentes gerados e contaminados com produtos orgânicos. Entre estes têm-se: a eletrofloculação, os processos de oxidação biológica e a adsorção.

Os processos de separação que utilizam a adsorção têm despertado uma grande atenção em vários pesquisadores, principalmente por ser um processo que apresenta uma elevada seletividade, em nível molecular, permitindo a separação de vários componentes e, também por apresentar um baixo custo energético, características bastante importante nos dias atuais.

Atualmente, existem várias técnicas e equipamentos remediar um derramamento de óleo no mar. Para isso, processos físicos e biológicos podem ser utilizados. Dentre estes processos tem-se a utilização de adsorventes, barreiras flutuantes, recuperação mecânica por escumadeira (skimer), queima “in situ”, dispersão, entre outros. Segundo Lopes, Milanelli e Poffo (2007) é importante destacar que quase todos os métodos de limpeza disponíveis, provocam algum tipo de impacto adicional específico ao

meio ambiente. Em muitos casos, os danos causados pelo procedimento são tão ou mais graves que os gerados pelo próprio óleo, podendo causar a total supressão da comunidade biológica que existe no ambiente, dilatando significativamente o tempo de recuperação do ecossistema atingido.

Os adsorventes sintéticos são produtos quimicamente inertes, produzidos na forma de flanelas, mantas ou travesseiros, utilizados para a limpeza e absorção de petróleo, derivados e produtos químicos. Além de não reagirem na presença de fluidos perigosos, tem como principal característica não absorver água, apenas o produto derramado. São resistentes a chamas e a ação biológica (Cardoso, 2007).

A remoção do óleo por materiais adsorventes é uma das técnicas de remediação de derramamentos mais utilizadas. Os materiais adsorventes podem estar disponíveis na forma de particulados secos ou empacotados na forma de barreiras, travesseiros, mantas e almofadas (Annunciado, 2005).

Os materiais adsorventes agregam o óleo, facilitando a sua posterior retirada do ambiente, sendo a sua maior eficiência em pequenas quantidades de óleo, por isso são indicados para uso em etapas posteriores ao recolhimento mecânico ou eventualmente integrado a elas (Cerqueira, 2010).

Desta forma, nos últimos anos uma nova classe de materiais adsorventes tem atraído a atenção de pesquisadores do mundo todo, são os adsorventes naturais. Eles merecem destaque por serem biodegradáveis, serem provenientes de fontes renováveis e possuírem baixo custo de aquisição (Sudha e Abraham, 2013).

Resultados obtidos por Santos et al., (2007) apontaram a viabilidade da utilização das resíduos para a adsorção de contaminantes orgânicos e alguns metais pesados presentes nos efluentes de petróleo.

Os materiais adsorventes agregam o óleo, facilitando a sua posterior retirada do ambiente, sendo a sua maior eficiência em pequenas quantidades de óleo, por isso são indicados para uso em etapas posteriores ao recolhimento mecânico ou eventualmente integrado a elas Cardoso (2007) e Brandão (2006).

Desta forma, o presente trabalho de pesquisa, tem como objetivo verificar a eficiência dos resíduos ambientais: alecrim do mato, casca de palmeira, casca de coco licuri e palha, na remoção de óleo proveniente de derramamentos de petróleo em ambientes aquáticos, de forma a contribuir com a remediação de áreas afetadas utilizando um material adsorvente de baixo custo industrial.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODO

Os resíduos ambientais selecionadas para o desenvolvimento deste trabalho foram: palha, casca do coco licuri, alecrim do mato e casca de palmeira, adquiridos no IFBA, campus Simões Filho.

Foram utilizados secos, em pedaços pequenos, da forma que foram colhidos.

Antes da utilização de cada resíduo era lavado com água destilada suficiente

para encharcar o material, em um funil de separação, sob agitação manual por 10 minutos, segundo a metodologia de Santos et al., (2007). Este procedimento permitiu a remoção de materiais indesejáveis, tais como açúcares, taninos, lignina, entre outros, que de alguma forma possam prejudicar os resultados experimentais. Logo em seguida, o material adsorvente foi submetido à secagem em temperatura ambiente. Os resíduos utilizados no trabalho estão ilustrados na Figura 1.



(a) casca de licuri.



(b) alecrim do mato.



(c) casca de palmeira.



(d) palha.

Figura 1. Resíduos utilizados nos experimentos: (a) casca de licuri, (b) alecrim do mato e (c) casca de palmeira e (d) palha. (Fonte: autor).

Em um recipiente de vidro foi colocado 1 L de água juntamente com a quantidade de óleo (diesel) e resíduos, determinados para cada experimento, como ilustrada na Tabela 1. Após o tempo de contato selecionado, as amostras eram filtradas em um funil de porcelana para a separação dos resíduos e a mistura água/óleo era colocada

em um funil de separação.

Após o tempo de decantação do óleo, o mesmo era medido em uma proveta e a quantidade adsorvida calculada, através da subtração entre a quantidade inicial e a quantidade final de óleo.

Testes com amostras apenas de água e óleo foram realizadas de forma a verificar as perdas e estas foram desprezíveis.

A Figura 2 ilustra o procedimento experimental utilizado.

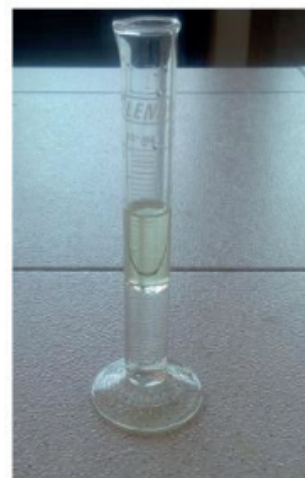
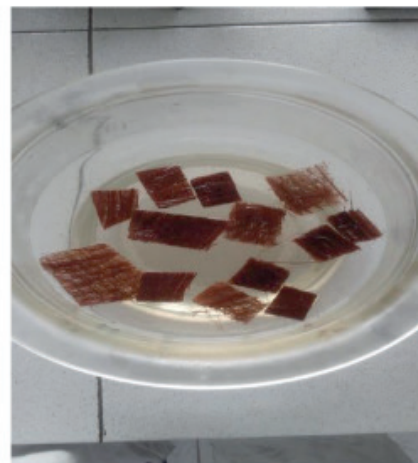
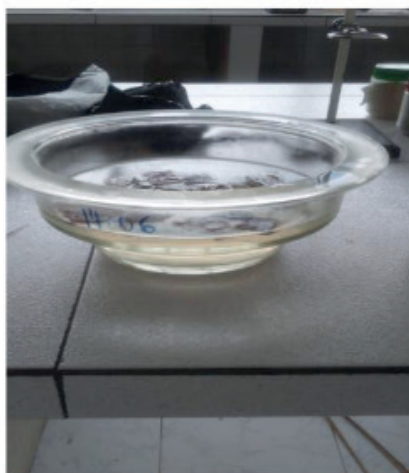


Figura 2. Metodologia do procedimento experimental utilizado.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho estão ilustrados nas Figuras 3, 4 e 5. Estas figuras ilustram variações da quantidade de óleo, da quantidade de resíduo e do tempo de contato sobre a capacidade de adsorção dos materiais utilizados: palha, casca de coco licuri, casca de palmeira e alecrim do mato. Os resultados obtidos foram comparados com os valores obtidos utilizando carvão ativo como adsorvente.

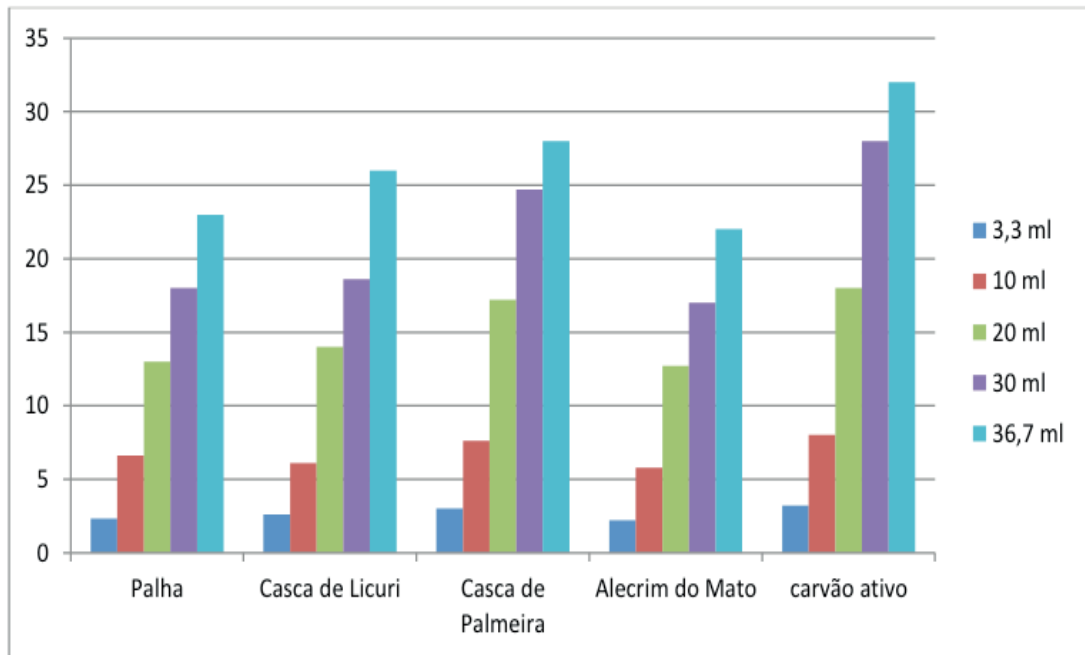


Figura 3. Variações da quantidade de diesel (mL) com 2g de resíduo e 2h de tempo de contato

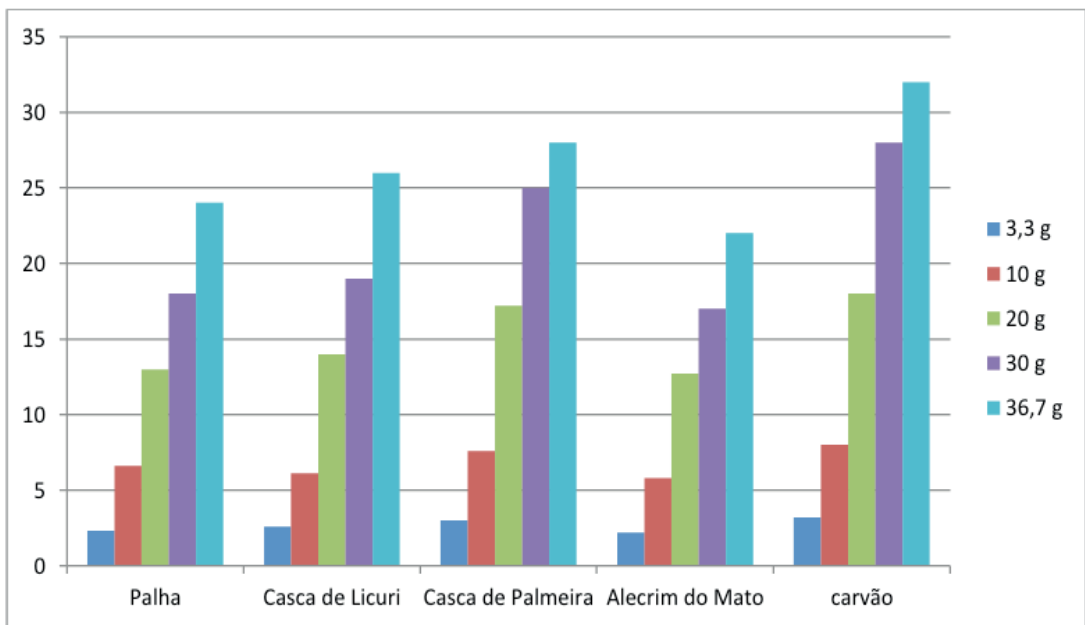


Figura 4. Variações da quantidade de resíduos (g) com 30 mL de óleo e 2h de tempo de contato



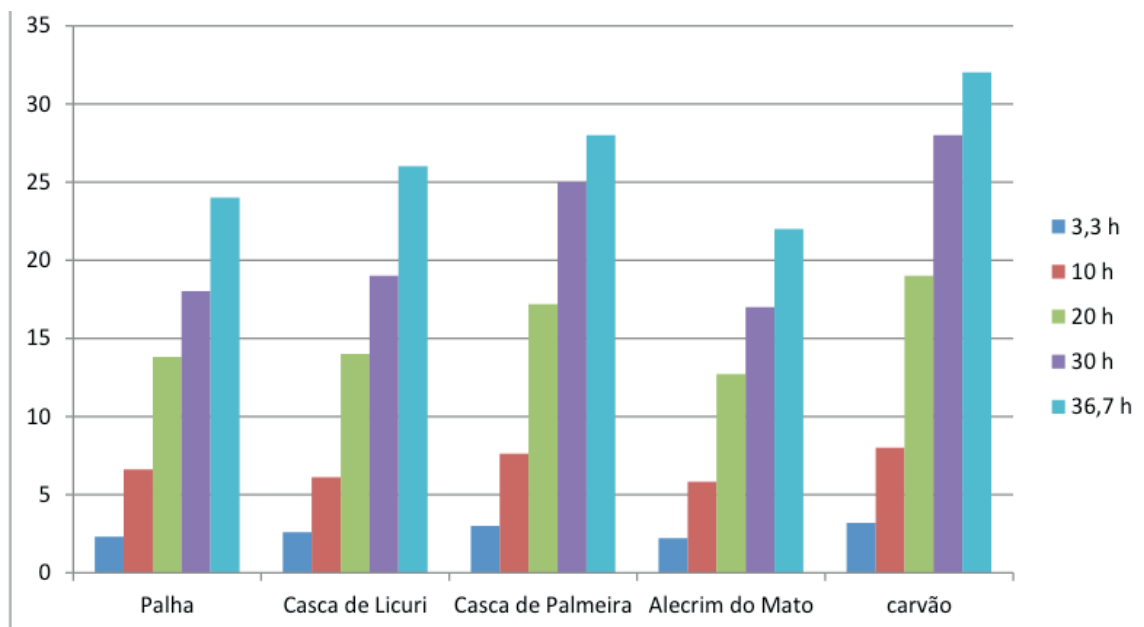


Figura 5. Variações do tempo de contato (horas) com 2 g de resíduo e 30 mL de diesel

A Figura 3 foi obtida utilizando valores variáveis de quantidade de diesel (mL), com a quantidade fixa de resíduo de 2g e tempo de contato de 2 horas. Pode-se observar, nesta figura que quanto menor a quantidade de óleo, 0,33 mL, maior a quantidade adsorvida pelo resíduo. Utilizando casca de palmeira e uma quantidade de diesel de 36,7mL, verificou-se uma remoção de 28mL, enquanto o alecrim do mato removeu apenas 22mL.

Figura 4 ilustra os experimentos realizados com quantidades variáveis de resíduos (g) e quantidades fixas de óleo e tempo de contato de 30 mL e 2 horas, respectivamente. Observou-se que 36,7g de casca de palmeira removeu 29 mL de óleo, ou seja, um % de remoção de 97%. Os demais % de remoção foram 83% para a palha, 93% para a casca de coco licuri e 79% para o alecrim do mato.

Na Figura 5 verificou-se variações do tempo de contato nos experimentos, utilizando uma quantidade de diesel de 30 mL e uma quantidade de biomassa 20g. Observa-se nesta figura que a casca de palmeira removeu 29 mL de óleo.

Durante a realização dos experimentos foi observado que a casca de palmeira adsorve o óleo muito rápido, em comparação com os demais resíduos estudados. Outra característica também verificada na casca de palmeira é que a mesma atinge a o tempo de saturação muito rápido e após esse tempo, o óleo começa a se desprender do resíduo, ilustrando em alguns experimentos valores de capacidade de adsorção menores que o esperado para esse material.

#### 4 | CONCLUSÃO

Através dos ensaios realizados neste trabalho foi possível obter os valores de capacidade de adsorção de óleo nos materiais adsorventes: casca de coco licuri, casca



de palmeira, alecrim do mato e palha, verificando variações na: quantidades de óleo utilizadas, quantidades de resíduo e tempo de contato na capacidade de adsorção destes materiais.

Os resultados obtidos ilustram um aumento dos valores de capacidade de adsorção de óleos com o aumento da concentração deste parâmetro no efluente. Também observa-se uma diminuição na capacidade de adsorção com a diminuição da quantidade de adsorvente no sistema.

Comportamento de acordo com o esperado uma vez que a quantidade adsorvida apresenta uma relação entre a concentração de óleos e a quantidade de adsorvente utilizada em g de óleo /g de adsorvente.

Dos materiais pesquisados, a casca de palmeira foi a que apresentou melhores valores de capacidade de adsorção para o óleo.

## REFERÊNCIAS

ANNUNCIADO, T. R.; SYDENSTRICKER, T. H. D.; AMICO, S. C. **Avaliação da capacidade de sorção de óleo cru de diferentes fibras vegetais**. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2005.

BERNARDO, L. D., **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**, Volume I, Rio de Janeiro: ABES, 1993.

BRANDÃO, P. C. **Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Engenharia Química, Departamento de Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

BRASIL, N, I.; ARAUJO, M, A, S.; SOUSA, E, C, M.; **Processamento de petróleo e Gás**. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2012.

CARDOSO, A. M. **Sistema de informações para planejamento e resposta a incidentes de poluição marítima por derramamento de petróleo e derivados**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

CERQUEIRA, P. R. O. **Proteção e limpeza de ambientes costeiros da Ilha de Boipeba contaminados por petróleo: o uso alternativo da fibra de coco 98 como barreiras e sorventes naturais**. Dissertação (Mestrado). Salvador: Universidade Católica de Salvador, 2010.

CHANG, I. S., CHUNG, C. M., HAN, S. H.; **Treatment of Oily Wastewater by Ultrafiltration and Ozone**. Desalination, Vol 133, pp. 255-232, 2001.

DUARTE, C. L., GERALDO L. L., AQUINO, O. P. J., BORRELY, S. I., SATO I. M, SAMPA M. H. O.; **Treatment of efluents from petroleum production by electron beam irradiation**. Radiation Physics and Chemistry. Vol 71, pp 443 – 447, 2004.

GRYTA, M., KARAKULSKI, K., MORAWSKI, A. W.; **Purification of Oily Wastewater by Hybrid UF/MD**. Water Research, Vol 35, No 15, pp 3665-3669, 2001.

KARAKULSKI, A., KOZLOWSKI, A., MORAWSKI, A. W.; **Purification of Oily Wastewater by Ultrafiltration**. Separations Technology, Vol 05, pp. 197-205, 1995.

LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; POFFO, I. R. F. **Ambientes costeiros contaminados por óleo:**

**procedimentos de limpeza - manual de orientação.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007.

MENDONÇA, M.B., CAMMAROTA, M. C., FREIRE, D.D.C., EHRLICH, M.; **A New Procedure for Treatment of Oily Slurry Using Geotextile Filters.** Journal of Hazardous Materials. Vol. 110, pp 113 – 118, 2004.

MOHAMED, R. S., RAMOS, A. C. S.; LOH, W.; **Comportamento Interfacial dos Asfaltenos em Petróleos Brasileiros: Estabilização de Emulsões do Tipo A/O e Adsorção sobre Superfícies Sólidas.** XVI Congresso de Engenharia Mecânica – COBEM 2001.

MONTEIRO, S. N., VIEIRA, C. M. F.; **Effect of Oily Waste Addition to Clay Ceramic.** Ceramics International, article in press, 2004.

MOTA, A, R, P.; BORGES, C. P.; KIPERSTOK, A.; ESQUERRE, K, P.; ARAUJO, P, M.; BRANCO, L, P, N.; **Tratamento de Água Produzida de Petróleo para Remoção de Óleo por Processo de Separação por Membranas:** Revisão. Eng. Sanit. Ambient, Vol 18, Nº 1, 2013.

PAGE, C., et al., **Behavior of a Chemically-Dispersed Oil and a Whole Oil on a Near-Shore Environment.** Water Research, Vol 34, No 09, pp. 2507-2516, 2000.

Resolução CONAMA 393/07. Ministério Do Meio Ambiente Conselho Nacional Do Meio Ambiente - Conama. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res07/res39307.pdf>, 2018.

SANTOS, E.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, F. L. H. **Desempenho de biomassas na adsorção de hidrocarbonetos leves em efluentes aquosos.** Química Nova, v. 30, Nº. 2, p. 327-331, 2007.

SCHOLTEN, M. C. T., KARMAN, C. C., HUWER, S.; **Ecotoxicological Risk Assessment Related to Chemicals and Pollutants in Off-Shore Oil Production.** Toxicology Letters, Vol 112 –113, pp 283 – 288, 2000.

SILVA, P. R. **Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira: estrutura e implicações ambientais.** Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

SJÖBLOM, J.; et al., **Our Current Understanding of Water-in-Crude oil Emulsions. Recent Characterization Techniques and High Pressure Performance.** Advances in Colloid and Interface Science, pp 1-76, 2002.

STEPHENSON, M. T.; **Components of Produced Water: A Compilation of Results from Several Industry Studies.** Society Petroleum Engineers, 1991.

SUDHA, B. R.; ABRAHAM, T. E.; **Studies on chromium(VI) adsorption–desorption using immobilized fungal biomass.** Bioresource Technology, 2013.

TELLEZ, G.T.; NIRMALAKHANDAN, N.; GARDEA-TORRESDEY, J. L.; **Performance Evaluation of an Activated Sludge System for Removing Petroleum Hydrocarbons from Oilfield Produced Water.** Advances in Environmental Research. Vol. 06, pp 455-470, 2002.

TORRIL, I., UTIVIK, R.; **Chemical Characterization of Produced Water from Offshore Oil Production Platforms in the North Sea.** Chemosphere, Vol 39, No. 15, pp 2593-2606, 1999.

TRIGGIA, A. A., et al.; **Fundamentos de Engenharia do Petróleo,** Editora Interciência, PETROBRAS, Rio de Janeiro, 2001

## SÍNTESE HIDROTERMAL DE MAGHEMITA DE REJEITO DE LAVAGEM DE BAUXITA DA REGIÃO AMAZÔNICA

Data de aceite: 20/12/2019

### Renata de Sousa Nascimento

Universidade Federal do Oeste do Pará,  
Programa de Pós-Graduação em Sociedade,  
Ambiente e Qualidade de Vida, Santarém-PA

### Bruno Apolo Miranda Figueira

Universidade Federal do Oeste do Pará,  
Programa de Pós-Graduação em Sociedade,  
Ambiente e Qualidade de Vida, Santarém-PA

### Oscar Jesus Choque Fernandez

Instituto Federal do Pará, Campus Belém, Pará.

### Marcondes Lima da Costa

Universidade Federal do Pará, Belém-PA

**RESUMO:** Neste trabalho é proposta a síntese e caracterização de óxido de ferro com estrutura maghemita a partir de rejeitos de lavagem de bauxita da Amazônia. O processo de transformação envolveu dissolução ácida do rejeito, tratamento hidrotermal e método de precipitação. Os resultados revelaram que os rejeitos de bauxita foram transformados com sucesso em maghemita com tamanho médio de cristalito em torno de 15 nm, estabilidade termal acima de 800 °C e morfologia em placas.

**PALAVRAS-CHAVE:** rejeitos, bauxita, Amazônia, maghemita.

### HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF MAGHEMITE-TYPE MATERIAL EMPLOYING BAUXITE WASHING RESIDUES FROM AMAZON REGION

**ABSTRACT:** This work proposes the synthesis and characterization of iron oxide with maghemite-type structure using bauxite washing tailings from the Amazon. The transformation process involved acid tail dissolution, hydrothermal treatment and precipitation method. The results revealed that bauxite tailings were successfully transformed into maghemite with average crystallite size around 15 nm, thermal stability above 800 °C and plate morphology.

**KEYWORDS:** tailings, bauxite, Amazon, maghemite

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo o 8º anuário mineral do Pará, o estado do Pará possui um enorme potencial para se tornar um dos maiores centros mineradores do mundo devido sua grande diversidade de bens minerais como: ferro, cobre, níquel, ouro, manganês, caulim e bauxita. Em relação a mineração de bauxita, as exportações da indústria de mineração entre 2017/2018 exportou cerca de 8,394 milhões de

tonelada deste minério e rendeu para o estado um saldo de 13,725 bilhões de dólares (Simineral, 2019), mostrando assim a importância deste setor indústria para a região.

Paralelamente as grandes produções da indústria mineral, há a intensificação dos estudos com ênfase no aproveitamento dos resíduos minerais gerados por ela, pois segundo as suas propriedades físico-química, eles podem gerar produtos de grande relevância econômica tais como nanomateriais, aditivos para construção civil, geopolímeros, adsorventes, catalizadores, dentre outros. Além de ser uma solução interessante para a proteção do meio ambiente (Xiao et al., 2009, Ribeiro, 2011, Bitencourt et al., 2012).

Como exemplo do aproveitamento de resíduo de bauxita: Cunha & Corrêa (2011) utilizaram o resíduo lama vermelha para sintetizar estruturas em camadas, conhecida como (HDL); Santiago et al.,(2018) aplicaram o resíduo de lavagem de bauxita na produção de cimento sustentável para ser aplicado na construção civil; Nascimento et al.,(2019) sintetizaram e caracterizaram nano-piroaurita a partir do resíduo de lavagem de bauxita da região Amazônica.

O objetivo da referida pesquisa trata-se da caracterização de resíduos de lavagem de bauxita da região Oeste do estado do Pará e sua transformação em maghemita ( $\gamma\text{-Fe}_3\text{O}_4$ ), e assim desenvolver um trabalho futuro com possível aplicação em áreas tecnológicas. Haja vista que a maghemita, assim como a magnetita e hematita vêm chamando cada vez mais atenção por possuírem propriedades magnéticas únicas que os tornam materiais promissor com aplicação em engenharia mecânica, bioengenharia, indústria eletrônica e área biomédica (Múzquiz-Ramos et al., 2015).

## 2 | METODOLOGIA

As amostras de rejeitos foram coletadas nos meses de setembro, outubro e novembro de 2012, sempre na primeira e na terceira semana de cada mês, totalizando 6 amostragens codificadas como JUR-1, JUR-2, JUR-3, JUR-4, JUR-5 e JUR-6. Todas as amostras foram misturadas, nomeada como (RBAU) e caracterizadas. A caracterização mineralógica foi realizada por difratometria de raios-X (DRX) em um difratômetro D2-phaser (Bruker), tubo de Cu ( $1,5406 \text{ \AA}$ ), faixa de  $5$  a  $75^\circ$  ( $2\theta$ ) com tensão de 30 kV e 10mA. A caracterização química foi obtida em espectrômetro de Fluorescência de raios-X (FRX) Sequencial (Axios Minerals, da Panalytical), equipado com tubo de raios-x cerâmico anodo de Rh. A análise por espectroscopia de infravermelho foi obtida por pastilha prensada a vácuo contendo 0,200 g de KBr e 0,0013 g de amostra um espectrômetro de absorção molecular na região de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) (Bruker, Vertex 70).

Para a transformação do resíduo de lavagem de bauxita em maghemita, utilizou-se cerca de um 4g do rejeito (RBAU) que foi dissolvido em uma solução ácida sob rigoroso aquecimento, com o objetivo de liberar em solução o  $\text{Fe}^{3+}$  contido no rejeito.

Após este tratamento ácido obteve-se uma solução amarelada que foi denominada de solução A. Posteriormente, uma proporção de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+} = 1:1$ ) foi adicionado em 60mL da solução A. Uma segunda solução (solução B) foi preparada em 50mL de água deionizada como 3 mol.L<sup>-1</sup> de NaOH, que foi lentamente gotejada sobre a solução A resultando na formação de um precipitado preto.

A solução resultante foi submetida a um tratamento hidrotermal a 80°C por 2 dias. Após o tratamento hidrotermal o precipitado passou por lavagem com água deionizada, filtragem e secagem. Estudou-se a variação razão ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ) para a formação da maghemite e o comportamento térmico (TG/DSC) da mesma foi analisado por num termoanalisador Stanton Redcroft que tem um forno cilíndrico vertical, com conversor digital acoplado a um microcomputador e sua morfologia por um microscopia eletrônica de varredura (MEV) da marca LEO-Zeiss, 430 Vp, em condições de análise utilizando imagens secundárias obtidas a 20 KV, com distância de trabalho de 11 mm.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Resíduo de lavagem de bauxita

A Figura 1 ilustra os padrões de DRX das fases cristalinas presentes nas amostras de rejeitos. Todas amostras revelaram composição mineralógica similar com a presença dos minerais caulinita (PDF 029-1488), hematita (PDF 013-0534), gibbsita (PDF 029-0041), anatásio (00-021-1272) e quartzo (00-046-1045). Vale ressaltar que a mineralogia encontrada nestes rejeitos foi a mesma do seu produto comercial (Costa et al.,2014), o que sugere que o processo de beneficiamento da bauxita não afeta a mineralogia dos mesmos.

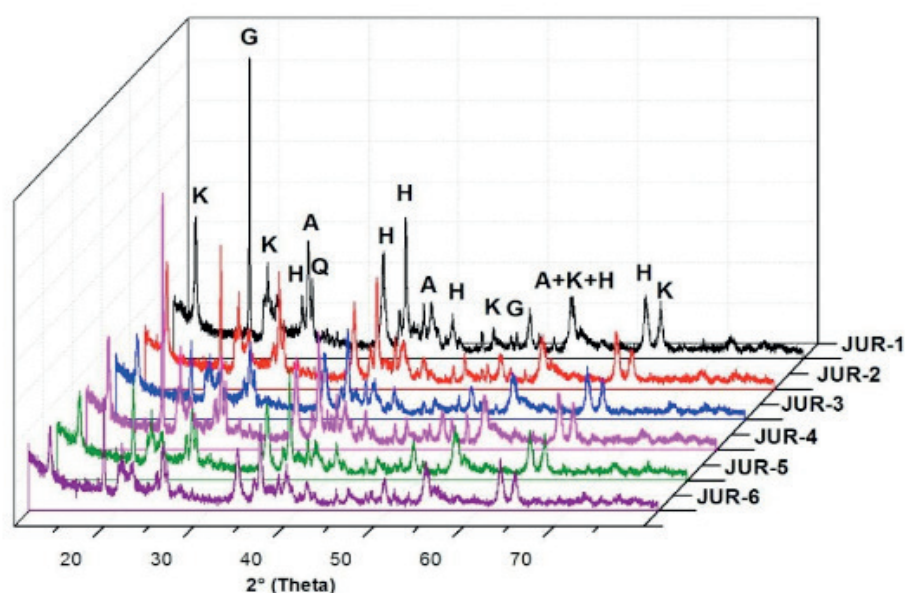


Figura 1. Padrões de DRX das amostras de rejeitos.. (K = caulinita; G = gibbsita; H= Hematita; A = anatásio; Q = quartzo).

A composição química da amostra (RBAU) dos rejeitos estudados neste trabalho é apresentada na tabela 1. Conforme observado, há um predomínio de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> com média em torno de 62%, que pode ser relacionada ao mineral hematita, já descrito anteriormente. Em seguida, pode-se identificar o SiO<sub>2</sub> com média de 15% com maior concentração, no qual está relacionado as fases do quartzo e caulinita. Outro elemento que também se destaca é o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> com um percentual de 13% em média referente aos minerais gibbsita e caulinita. E finalmente, o TiO<sub>2</sub> com média de 7%, correspondente ao mineral anatásio.

| Elementos                      | RBAU (%) peso |
|--------------------------------|---------------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,939        |
| SiO <sub>2</sub>               | 15,190        |
| TiO <sub>2</sub>               | 7,419         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 62,704        |
| CaO                            | 0,162         |
| K <sub>2</sub> O               | 0,065         |
| MgO                            | n.d           |
| Na <sub>2</sub> O              | n.d           |
| P.F                            | n.d           |

Tabela 1: Composição química das amostras RBAU por análise de FRX.

A figura 2 ilustra os espectros de infravermelho (FT-IR) das amostras JUR-1 e JUR-3 (as outras amostras apresentaram os mesmos resultados e foram omitidas por conveniência). Bandas de estiramento em torno de 3690, 3650 e 3620 cm<sup>-1</sup> relacionadas as vibrações Al-OH da estrutura da caulinita puderam ser identificadas para ambas as amostras. O estiramento em torno de 3520 e 3380 cm<sup>-1</sup> pôde ser assinalado ao estiramento Al-OH da gibbsita (Balan et al., 2005), enquanto que as bandas em torno de 1650 e 1630 cm<sup>-1</sup> foram das vibrações O-H tanto da caulinita, quanto da gibbsita. Já as bandas de 1200-400 cm<sup>-1</sup> são das vibrações metal-oxigênio ou não-metal-oxigênio, como por exemplo, bandas de vibração Fe-O de hematita em 750 e 539 cm<sup>-1</sup> ; Si-O do quartzo e de caulinita em 1200, 1102 e 471 e bandas de vibrações Ti-O para anatásio em 748 e 540 cm<sup>-1</sup> (Tinti et al., 2015).



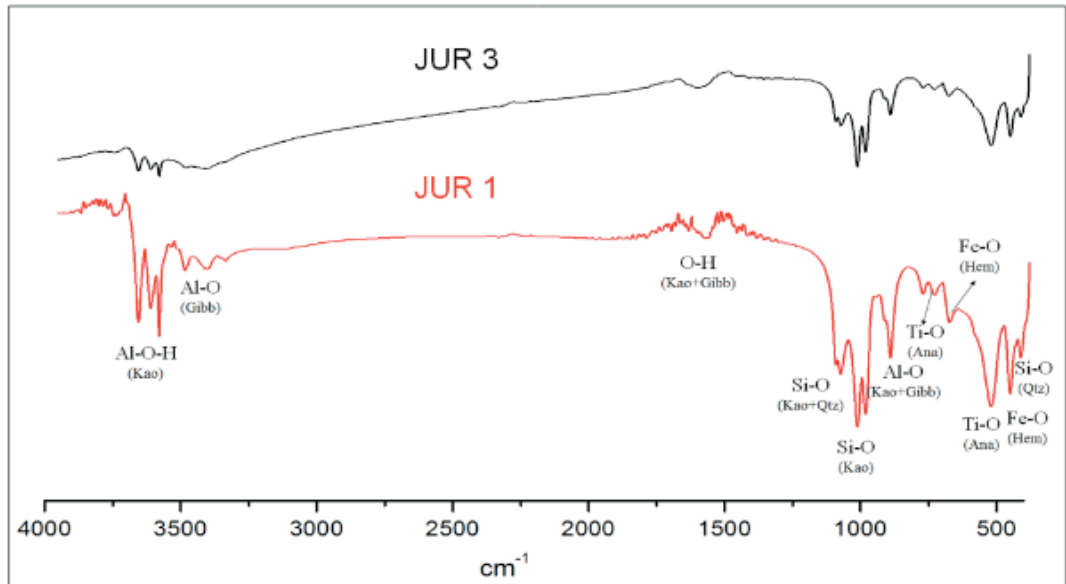


Figura 2. Espectros de FT-IR das amostras JUR-1 e JUR-3.

### 3.2 Transformação do rejeito em maghemita

Na figura 3 conforme pôde ser identificado, o óxido de ferro do tipo maghemita já pode ser sintetizada utilizando como material de partida o resíduo de bauxita, através da presença dos picos a 18.29; 30.10; 35.46; 43.09; 53.46; 57.00 e 62.60° (2 $\theta$ ), que correspondem aos planos cristalográficos (111), (220), (311), (400), (422), (511) e (440) (PDF 00-039-1346), encontrada em todas as razões (Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>) estudadas. Este óxido de ferro é pertencente ao sistema cristalino cubico e grupo espacial P4132, sendo  $a = b = c = 8.351 \text{ \AA}$  e volume de celula unitária  $V = 582,50 \text{ \AA}^3$ .

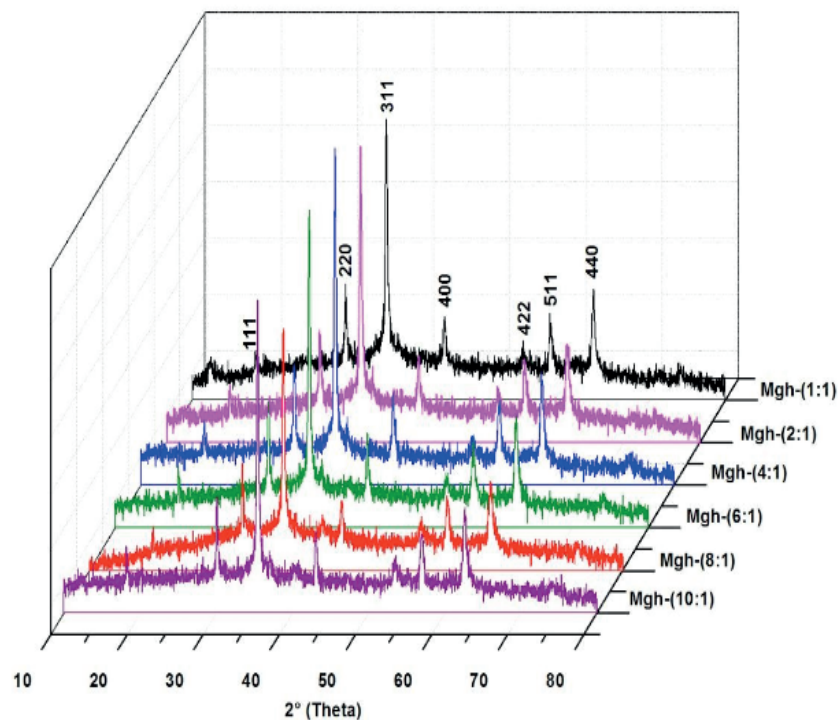


Figura 3: Pradões de DRX da maghemita nas razões Mgh-(1:1) a Mgh-(10:1).

A tabela 2, contém as informações de parâmetro de cela unitária, tamanho médio de cristalito e FWHM de todas as razões (Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>) analisadas, notou-se que o menor tamanho médio de cristalito foi de aproximadamente 15nm e o maior valor obtido foi de 18nm. As amostras Mgh-(6:1), Mgh-(8:1) e Mgh-(4:1) apresentaram tamanho médio em torno de 15.07nm, 15.25nm e 15.85nm respectivamente. Quanto que as amostra, cuja razões foram Mgh-(1:1) e Mgh-(10:1) tiveram tamanho médio dos cristais de 16.57nm e 16.85nm, respectivamente. No que diz respeito a amostra Mgh-(2:1), que apresentou o maior tamanho médio dos cristais de 18.21nm, Nurdin et al.,(2014) e Múzquiz-Ramos et al.,(2015), também sintetizaram maghemita nesta mesma razão de (Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>), a partir de reagentes comerciais, e obtiveram tamanho médio dos cristais bem inferior, comparado com os obtida nesta pesquisa, de 9.4 nm e 12.5 nm, respectivamente.

| Amostras   | Parâmetro de cela unitária (Å) |                          | Equação de Scherrer |
|------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
|            | a = b = c                      | Volume (Å <sup>3</sup> ) | Cristalito (nm)     |
| Mgh-(1:1)  | 8.391                          | 590.73                   | 16.57               |
| Mgh-(2:1)  | 8.388                          | 590.31                   | 18.21               |
| Mgh-(4:1)  | 8.381                          | 588.66                   | 15.85               |
| Mgh-(6:1)  | 8.389                          | 590.43                   | 15.07               |
| Mgh-(8:1)  | 8.382                          | 588.89                   | 15.25               |
| Mgh-(10:1) | 8.386                          | 589.68                   | 16.85               |

Tabela 2: Informações de parâmetro de cela unitária e tamanho médio dos cristais da maghemita nas razões Mgh-(1:1) a Mgh-(10:1).

O espectro de FTIR da amostras Mgh-(2:1), ilustrado na figura 4, mostrou bandas de absorção características de maghemite a 570 e 440 cm<sup>-1</sup> para os modos (u<sub>1</sub>) e (u<sub>2</sub>) correspondentes aos estiramento Fe-O dos sítios tetraedrais e octaedrais, enquanto que a banda vibracional a 892 cm<sup>-1</sup> pode ser atribuída a vibração de alongamento da ligação Fe-O-H (Nazari et al., 2014; Stoia et al., 2016). E as bandas de absorção na região 3430 e 1633 cm<sup>-1</sup> são características do alongamento do grupo O-H e H-O-H atribuída à água adsorvida na amostra, porém a banda em 2360 cm<sup>-1</sup> relaciona-se ao estiramento de CO<sub>2</sub> presente no ar atmosférico (Predoi et al., 2010; Aliahmad & Moghaddam, 2013). A banda registrada em 993 cm<sup>-1</sup> se diferencia dos trabalhos citados nessa seção, devido ao uso de sulfato de ferro II nesta metodologia e portanto pode está relacionada ao modo de estiramento de Fe-S conforme relatada por Alpers et al., (2000) e Wu et al., (2010).

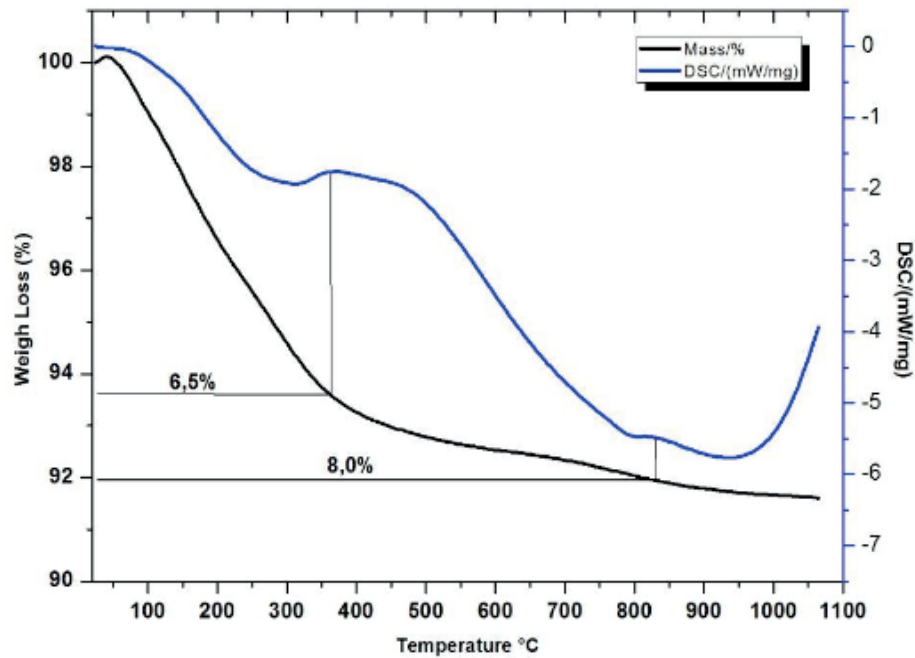


Figura 4: Espectro de FT-IR da maghemita ( $\gamma\text{-Fe}_3+2\text{O}_3$ ).

A figura 5 ilustra o comportamento térmico (TG-DSC) da maghemita Mgh-(2:1) e este pode ser dividido em duas etapas principais de decomposição. A primeira está relacionado à perda da água fisicamente adsorvida na superfície do óxido de ferro, com uma perda de peso  $\sim 6,5\%$ , no intervalo de temperatura até  $360^\circ\text{C}$ . O último efeito exotérmico de DSC correspondente a  $830^\circ\text{C}$  está possivelmente relacionado a decomposição da maghemita ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) para Hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), com perda de peso aproximadamente  $8\%$  (Aliahmad et al., 2013; Lee et al., 2016).

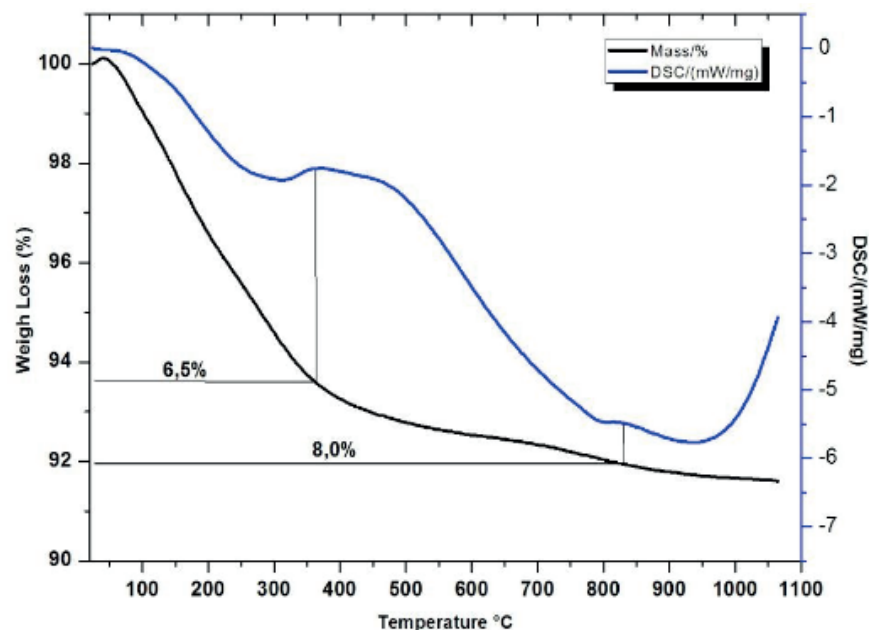


Figura 5: Curvas TG-DTA da maghemita ( $\gamma\text{-Fe}_3+2\text{O}_3$ ).

Quanto a morfologia da Mgh-(2:1), a figura 6 ilustra partículas magnéticas na

forma de placas esféricas com tamanho médio menores que  $0,5 \mu\text{m}$ . A análise semi-quantitativa por EDS revelou elevadas concentrações de O e Fe em torno de 44% e 36%, respectivamente, demonstrando a formação de óxido de ferro do tipo maghemita com razão atômica O/Fe de  $\sim 1.69$  que está de acordo com a fórmula ideal do mineral (Karami 2009; Islam et al.,2014).

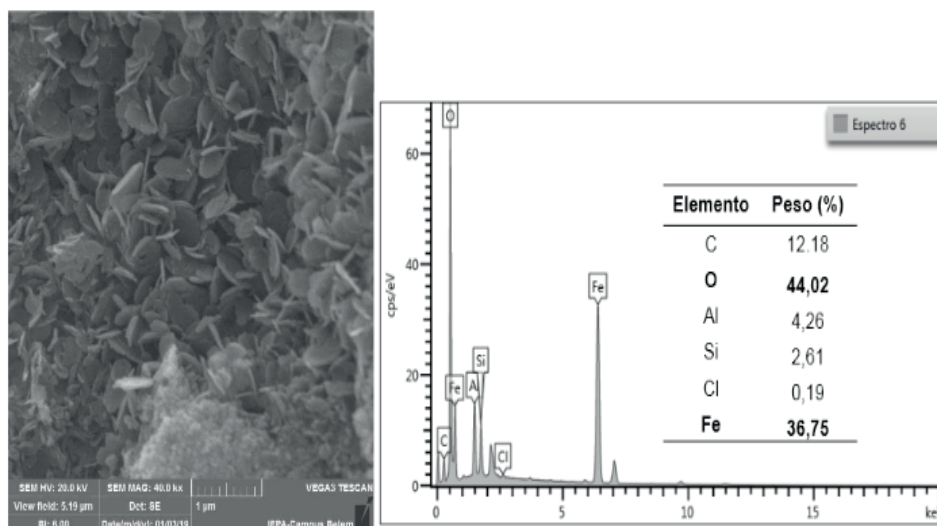


Figura 6: Morfologia da maghemita por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e EDS.

## 4 | CONCLUSÃO

Baseado nos resultados apresentado neste trabalho, pode-se concluir que os resíduos de lavagem de bauxita da região Amazônica são constituídos por caulinita, gibbsita, hematita, anatásio e quartzo e teor levado de ferro. Este resíduo mostrou-se como excelente matéria prima para a produção de óxido de ferro com estrutura maghemita, tamanho médio de cristalito em torno de 18 nm, podendo ser considerada como nanopartículas magnéticas de maghemita.

## REFERÊNCIAS

- ALIAHMAD, M; MOGHADDAM, N. N. **Synthesis of maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) nanoparticles by thermal-decomposition of magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) nanoparticles**. Materials Science-Poland, vol. 31, N° 2, pp. 264-268. 2013.
- ALPERS, C.N; JAMBOR, J.L. **Sulfate Minerals, Crystallography, geochemistry and environmental significance**. In. Reviews in mineralogy and geochemistry. vol 40. 2000.
- Balan E, M Lazzeri, Saitta AM, Allard T,Y Fuchs, Mauri F. **Estudo dos primeiros princípios dos modos de alongamento OH em caulinita, dickite e nacrite**. Am Mineral 90: 50–60. 2005.
- BITENCOURT, C. S.; TEIDER, B. H, GALLO, J.B., PANDOLFELLI, V. C. **A geopolimerização como técnica para a aplicação do resíduo de bauxita**. Revista Cerâmica, 58, 20-28, 2012.
- COSTA , M, L. et al. **On the geology, mineralogy and geochemistry of the bauxite-bearing regolith in the lower Amazon basin: Evidence of genetic relationships**. Journal of Geochemical Exploration. 2014.

CUNHA.; M.; V.; P.; O & CORRÊA.; J.; A.; M. **Síntese e Caracterização de Hidróxido duplos a partir da lama vermelha**. Revista Cerâmica. v. 67. 2011.

Islam, M.D.S; Khan, A; Rahman, G.M.S; Aftab, H; Kusumoto, Y. Simple **Hydrothermal Synthesis and Morphological Study of Magnetic Nanoparticles**. Journal of NanoScience, NanoEngineering & Applications, vol. 4. 2014.

Karami, H. **Synthesis and Characterization of Iron Oxide Nanoparticles by Solid State Chemical Reaction Method**. J Clust Sci, vol. 21, pp.11–20. 2010.

LEE, S; XU, H. **Size-Dependent Phase Map and Phase Transformation Kinetics for Nanometric Iron(III) Oxides ( $\gamma$  -  $\epsilon$  -  $\alpha$  Pathway)**. J. Phys. Chem. C, 2016.

Múzquiz-Ramos, E.M; Guerrero-Chávez, V; Macías-Martínez, B.I; López-Badillo, C.M; García-Cerda, L.A. **Synthesis and characterization of maghemite nanoparticles for hyperthermia applications**. Ceramics International, vol. 41 ,pp. 397–402. 2015.

NASCIMENTO, R.S; FIGUEIRA, B.A.M; SILVA, L.N. Da; CALLEJAS, P; TELLES, G.C; LAVRA, T.C; MERCURY, J.M.R. **Synthesis of nanopyroaurite using bauxite-washing residues as low cost starting material**. Materials Letters. vol. 235, pp 246-249. 2019.

Nazari, M; Ghasemi, N; Maddah, H; Motlagh, M.M. **Synthesis and characterization of maghemite nanopowders by chemical precipitation method**. J Nanostruct Chem, 4:99, pp. 1-5. 2014.

Nurdin, I; Johan, M. R; Yaacob, I. I; Ang, B. C; Andriyana, A. **Synthesis, characterisation and stability of superparamagnetic maghemite nanoparticle suspension**. Materials Research Innovations, vol 18. 2014.

PREDOI, D., ANDRONESCU, E; RADU, M; MUNTEANU, M. C; DINISCHIOTU, A. **Synthesis and characterization of bio-compatible maghemite nanoparticles**. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, vol. 5, Nº 3, pp. 779-786. 2010.

RIBEIRO, W. S. **Reaproveitamento dos rejeitos de quartzito na elaboração de cerâmica vermelha da região de Seridó-Pb**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Relatório de PIBIC/CETEM). 2011.

SANTIAGO, E. N; CHOQUE F. O. J; FIGUEIRA, B. A. M; GOMES, L. G. **Rejeito de bauxita e sua aplicação em materiais de construção**. Bomgeam. vol. 5, Nº 1. 2018.

SIMINERAL – Sindicato das Indústrias Mineraias do Estado do Pará. **8º Anuário de mineração do Pará**. Nº 01. 2019.

STOIA, M; TAMAŞ, A; RUSU, G; MOROŞANU, J. **Synthesis of magnetic iron oxides from ferrous sulfate and substitutes amines**. STUDIA UBB CHEMIA, LXI, vol. 4, pp. 147 - 162. 2016.

TINTI, A; TUGNOLI, V. BONORA, S. FRANCIOSO, O. **Recent applications of vibrational mid-Infrared (IR) spectroscopy for studying soil components: a review**. Journal of Central European Agriculture, vol. 16, Nº 1, pp.1-22. 2015

XIAO, B., LIU, W., YANG, J., **Review on treatment and utilization residues in China**. Int. J. Miner. Process. Vol, 93, p. 220-230, 2009.

Wu, W; Xiao, X. H; Zhang, S. F; Peng, T. C; Zhou, J; Ren, F; Jiang, C. Z. **Synthesis and Magnetic Properties of Maghemite ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Short-Nanotubes**. Nanoscale Res Lett, vol. 5, pp. 1474–1479. 2010

## OS REJEITOS DE MN DA AMAZÔNIA COMO MATÉRIA PRIMA PARA PRODUÇÃO DE NANOMATERIAL COM ESTRUTURA EM CAMADA

*Data de aceite: 20/12/2019*

**Leidiane A. da Silva**  
**Cícero W. B. Brito**  
**Gricirene S. Correia**  
**Kauany F. Bastos**  
**Henrique Ismael Gomes**  
**Maria Heloiza dos S. Lemos**  
**Bruno A. M. Figueira**

### INTRODUÇÃO

Óxidos de Mn são compostos inorgânicos de grande relevância científica e tecnológica, sendo formado por mais de 30 fases minerais na natureza com estruturas em camada (similares aos argilominerais) e túneis (similares as zeólitas). Sua ocorrência se dá em diversos ambientes tais como depósitos minerais de Mn, sedimentos, nódulos do fundo oceânico e solos (CHING et al., 1997, Post, 1999). No caso dos óxidos com estrutura em camada, sua importância tecnológica se destaca em áreas estratégicas como baterias, pilhas, trocadores iônicos, adsorventes e catalisadores.

No Brasil esses óxidos de Mn são de grande importância em corpos de minério de alto valor econômico na região Amazônica em minas como Urucum no Mato Grosso do Sul

e Província mineral de Carajás (Pará), mais especificamente na mina do Azul. Durante o processo de beneficiamento do minério de Mn, um grande volume de rejeitos (COSTA et al., 2005).

No caso dos rejeitos da mina do azul, atualmente eles estão presentes em duas barragens a saber: Kalunga, desativada desde 1997 e a atual barragem azul (COSTA et al., 2005). De acordo com Figueira et al. (2013a e b), os rejeitos da mina Azul podem ser matéria prima para a produção de compostos lamelares de óxidos de Mn com estrutura birnessita.

Birnessita é um dos principais minerais de óxidos de manganês. Sua estrutura sintética é conhecida como OL-1 (octahedral layer) e é formado pelo compartilhamento de octaedros  $MnO_6$  pelas arestas, tendo valência mista do estado de oxidação do manganês, com cátions e moléculas de água entre as camadas (CAI E SUIB, 2002). À distância interlamelar na birnessita é tipicamente de 7Å. Há muitas rotas para preparar a estrutura tipo birnessita, geralmente com a presença de cátions alcalinos e alcalinos terrosos entre as camadas. Dentre os vários métodos, pode-se destacar: hidrotermal (CHEN et al., 1996), refluxo (DEGUZMAN et al., 1994), sol-gel (CHING et al., 1997).

Neste trabalho, propõe-se a produção de



nanomaterial com estrutura em camada a partir de rejeitos de Mn da barragem do Kalunga através de processo de tratamento hidrotermal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais de partida para obtenção da birnessita de Kalunga foram coletados manualmente em trabalhos de campo. Após a coleta, o rejeito foi lavado, seco a temperatura ambiente por um dia e pulverizado em moinhos de discos ou manualmente em grau de ágata.

Para obtenção da birnessita do Kalunga foi usado uma quantidade de rejeito de minério da bacia do Kalunga-PA em um béquer de 250 mL e adicionou 100mL de ácido clorídrico concentrado (HClconc), foi colocado em uma chapa a 90°C por 2h, filtrou e obteve a solução fonte de  $Mn^{2+}$ , descartando o precipitado.

O material lamelar de óxido de manganês do tipo de Na-birnessita (Na-bir-RK) foi preparado pelo método de precipitação com modificações descrito na literatura (FENG et al., 1998) com a solução fonte de  $Mn^{2+}$  e a adição de NaOH [5M] e [1M]  $H_2O_2$ , seguida de repouso por 24 h, lavagem até atingir pH=7 e secagem em estufa. O tratamento hidrotermal foi submetido com solução de NaOH (5,5M) por 24 horas a 170°C para obter o material (FENG et al., 1998) usando reator e forno apresentado na Figura 1. O mesmo procedimento foi realizado para obtenção de K-birnessita (K-BIR-RBK), porém com o uso de KOH ao invés de NaOH.



Figura 1: Reator e forno para tratamento hidrotermal convencional. Fonte: Autora

## Caracterização dos Sólidos Obtidos

Os difratogramas das birnessitas sódica e potássica foram obtidos pelo Difratorômetro X'Pert PRO (MPD PW 3040/60) da PANalytical, com geometria Theta/Theta e com um detector Pixel 1 D, radiação monocromática  $K\alpha(\lambda= 1,540598 \text{ \AA})$  do

tubo de cobre. Os registros foram coletados no intervalo angular 10-70° (2θ) com um passo de 0,02° (2θ) e um tempo de contagem de 2s. Para a identificação das fases cristalinas utilizou-se o software HighScore Plus e a base de dados JCPDS-ICDD versão 2.4 para identificação de fases e medição da distância interplanar basal do material.

As características texturais das amostras foram avaliadas com o Microscópio Eletrônico de Transmissão, Jeol, modelo JEM-2100. Para execução desta análise, as amostras foram dispersas em álcool isopropílico e colocadas em um ultrassom durante 5 minutos para a dispersão das partículas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o padrão de raios-X dos rejeitos de Mn da barragem do Kalunga.

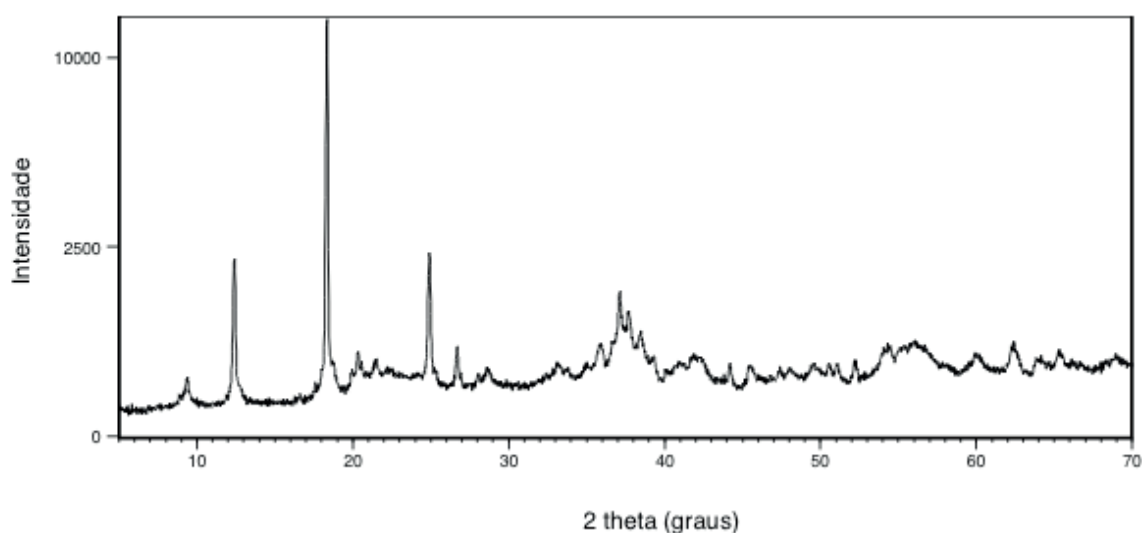


Figura 1: Padrão difratométrico da amostra de rejeitos de Mn do Kalunga.

Conforme pode ser observado, os rejeitos são caracterizados por picos próximos a 9 e 18 ° (2 theta), que correspondem aos minerais de Mn lithiophorita e todorokita. O pico em 12,5 e 25 ° (2 theta) são de minerais em folhas birnessita e do argilomineral caulinita (aluminossilicato). O pico em 22 ° (2 theta) corresponde a fase nsutita. A presença de mineral de alumínio, gibbissita, e de ferro hematita.

Os padrões de DRX das amostras Na-BIR-RBK e K-BIR-RBK são mostrados na Fig. 2.

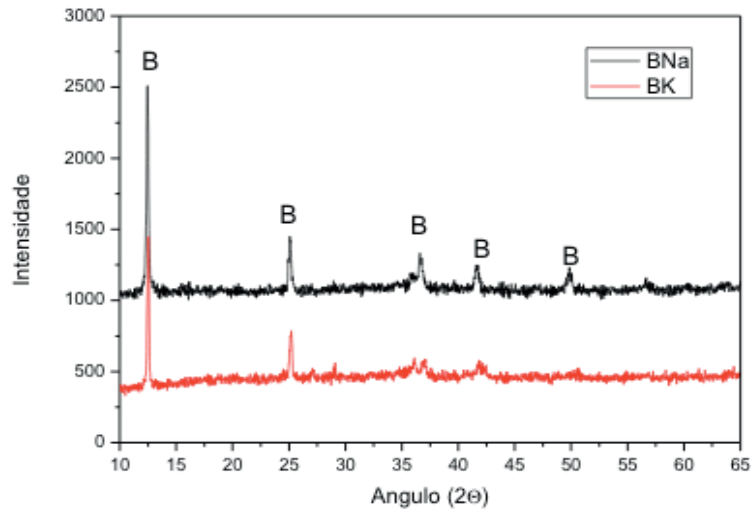


Figura 2: Padrão DRX das amostras Na-BIR-RBK e K-BIR-RBK a partir de rejeito de minério da bacia do Kalunga.

Os picos característicos de óxido de Mn com estrutura em camada foram identificados em ambas as amostras e estão em 12,5 e 25 ° (2 theta) (Kuma et al., 1994; Figueira, 2008; Feng, 1998). Estes picos são referentes aos planos basais (001) e (002) com distancia interlamelar de 7,14 Å (Na-BIR-RBK) e 7,08 Å (K-BIR-RBK). O tamanho de cristalito calculado pela equação de Scherrer foi em torno de 45 e 65 nm para as amostras Na-BIR-RBK e K-BIR-RBK, respectivamente. Os produtos apresentam boa cristalinidade com ausência de fases secundárias. As reflexões que identificam a obtenção da fase são observadas nos ângulos de acordo a Tabela 1. Tais valores foram extraídos a partir da ficha ICDD (código de referência: 00-043-1456).

| Birnessita<br>(PDF 43-1456) |   |    |         | BNa-RBK |         | BK-RBK |         |        |
|-----------------------------|---|----|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| h                           | k | l  | d [Å]   | I/I     | d [Å]   | I/I    | d [Å]   | I/I    |
| 0                           | 0 | 1  | 7,14400 | 100,00  | 7,10473 | 100,00 | 7,06607 | 100,00 |
| 0                           | 0 | 2  | 3,57200 | 27,00   | 3,55025 | 24,09  | 3,53877 | 29,90  |
| 2                           | 0 | 0  | 2,51900 | 14,00   | 2,50188 | 2,06   | -       | -      |
| 1                           | 1 | -1 | 2,42900 | 13,0    | 2,45419 | 15,16  | 2,43191 | 7,61   |
| 1                           | 1 | -2 | 2,15400 | 7,0     | 2,16879 | 10,90  | 2,15055 | 4,28   |
| 1                           | 1 | -3 | 1,82310 | 4,0     | 1,82981 | 7,81   | -       | -      |
| 1                           | 1 | 3  | 1,62880 | 2,0     | 1,63077 | 1,21   | -       | -      |

Tabela 1: Dados de difração de raios X das (Na e K)-birnessita PDF e BNa-RBK e BK-RBK.

A morfologia dos rejeitos e dos produtos lamelares obtidos pode ser observados na Figura 3.

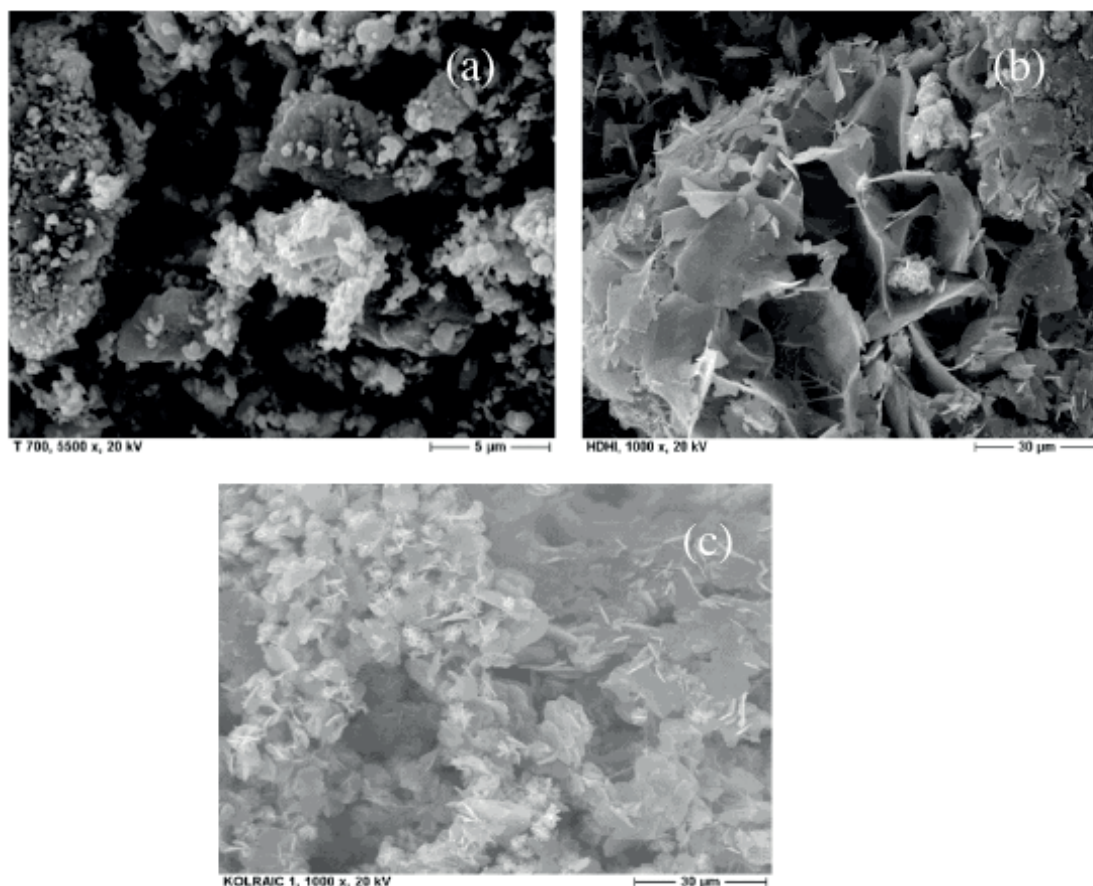


Figura 3: Fotomicrografias de microscopia eletrônica de varredura de (a) rejeitos de Mn; (b) BNa-RBK; (c) BK-RBK.

Em relação aos rejeitos (Figura 3a), uma morfologia em agregados dispersos aleatoriamente foi verificada, podendo ser relacionada a presença de várias fases minerais de óxidos de Mn, Al e Fe. Para as amostras contendo os produtos lamelares (Figura 3b e c), observou-se uma notável mudança de morfologia, que se mostrou em agregados bem definidos de folhas em média de 5 a 10  $\mu\text{m}$ . Esta morfologia em folhas já é bem conhecida destes materiais obtidos de reagentes comerciais (Figueira et. al, 2008; Zhang et al., 2014; CUI et al, 2009).

Uma investigação por microscopia eletrônica de transmissão (MET) também foi realizada e os resultados mostrados na Figura 4.

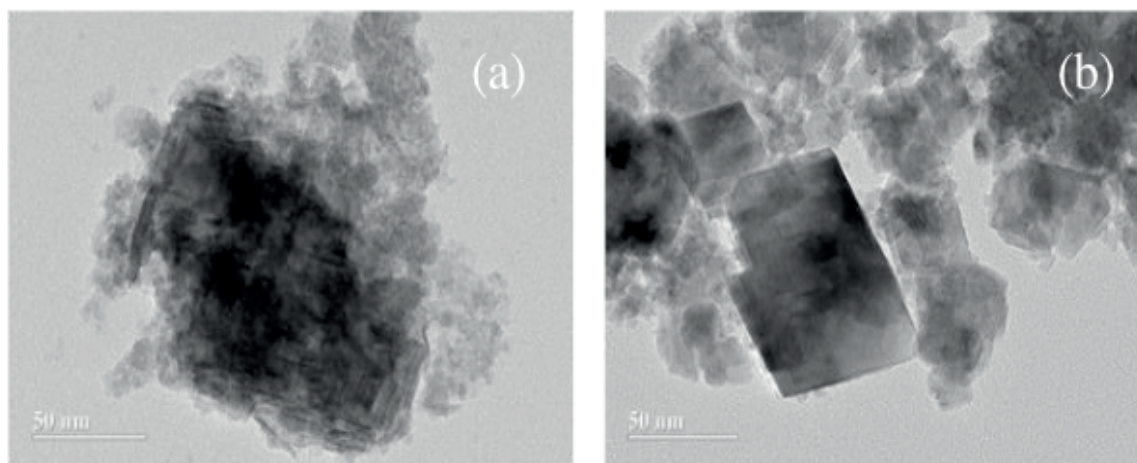


Figura 4: Fotomicrografias de microscopia eletrônica de transmissão (a) BNa-RBK e (b) BK-RBK.

Conforme se pode observar na Figura 4a, a amostra de birnessita sódica (BNa-RBK) se apresentou em forma de cristais lamelares sobrepostos com tamanho de cristal em torno de 40 nm, estando próximo do valor estimado pela equação de Scherrer. Para a birnessita potássica (BK-RBK), ficou bem nítida a presença de placas tabulares de tamanho de 50 nm, valor também próximo ao calculado para este material pela equação de Scherrer e estando de acordo com a literatura (Zhang et al., 2014; CUI et al, 2009).

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados descritos neste trabalho, pode-se propor que os rejeitos de Mn da antiga barragem do Kalunga formados por lithioforita, todorokita, birnessita, gibbisita e hematita podem ser uma interessante fonte de baixo custo para a produção de nanomateriais de óxidos de Mn com estrutura em camada através de processo hidrotermal.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFMA – Universidade Federal do Maranhão, ao IFMA – Instituto Federal do Maranhão, a UFOPA- Universidade Federal Oeste do Pará e a FAPEMA - Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão pelo apoio financeiro. Os autores também agradecem o suporte financeiro do CNPQ (Universal n. 420169) e Capes (No. 88881.160695) e aos professor Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (UFPA) e Romulo Angelica (UFPA) pelo suporte técnico.



## REFERENCIAS

- CAI, J. SUIB, S. L. Preparation of layer structure birnessite by air oxidation: synthetic factors and framework dopant effects. **Inorganic Chemistry Communications**. V.4. p. 493-495, 2002.
- COSTA, M. L., FERNANDEZ, O. J. C., RIQUELME, M. E. R. O depósito de Manganês do azul, Carajás: estratigrafia, mineralogia, geoquímica e evolução geológica. Disponível em: [www.adimb.com.br/site/publicacoes\\_amazonia/indice/Cap\\_V.pdf](http://www.adimb.com.br/site/publicacoes_amazonia/indice/Cap_V.pdf). Acessado: 20 de setembro de 2015.
- CUI, H., QIU, G., FENG, X., TAN, W., LIU, F. Birnessites with different average manganese oxidation states synthesized, characterized, and transformed to todorokite at atmospheric pressure. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 57, No. 6, 715–724, 2009.
- CHEN, R., ZAVALIJ, P., WHITTINGHAM, M. S. Hydrothermal synthesis and characterization of  $K_xMnO_2 \cdot yH_2O$ . *Chem. Mater.* V. 8, p. 1275-1280, 1996.
- CHING, S., PETROVAY, D.J., JORGENSEN, M. T., SUIB, S. L. Sol-gel synthesis of layered birnessite-type manganese oxides. **Inorganic Chemistry** 36, 883-890, 1997.
- CORNELL, R. M.; GIOVANOLLI, R.; Transformation of hausmannite into birnessite in alkaline media, *Clay and Clay Minerals*, v. 36, p. 249, 1988.
- DEGUZMAN, R.N.; SHEN, Y.-F.; NETH, E.J.; SUIB, S.L.; O'YOUNG, C.-L.; LEVINE, S.; NEWSAM, J.M.; "Synthesis and Characterization of Octahedral Molecular Sieves (OMS-2) Having the Hollandite Structure", *Chem. Mater.*, v.6, p.815-821, 1994.
- FIGUEIRA, B. A. M., ANGELICA, R. S., da COSTA, M. L., PÖLLMANN, H., SCHENZEL, K. Conversion of different Brazilian Manganese Ores and Residues into K-birnessite. *Applied Clay Science*, v. 86, p. 54-58, 2013.
- FIGUEIRA, B. A. M.; ANGÉLICA, R. S. ; COSTA, M. L. ; PÖLLMANN, H ; MERCURY, J. M. R. Comportamento térmico e evolução das fases de óxidos de Mn com estrutura hollandita da região Amazônica. *Cerâmica* (São Paulo. Impresso), v. 59, p. 78, 2013
- FENG, Q.; KANO, H.; OOI K. Manganese Oxide Porous Crystals. *J. Mater. Chem.*, v. 9, p. 319- 333, 1998.
- FIGUEIRA, B. A. M.; ANGÉLICA, R. S.; SCHELLER, T. Síntese e caracterização de óxido hidróxido de manganês do tipo manganita ( $\gamma$ -MnOOH). **Cerâmica**, Vol.54, p.193-197, 2008.
- KUMA, K.; USUI, A.; PALAWSKY, W.; GEDULIN, B. ; ARRHENIUS, G. "Crystal structure of synthetic 7 Å and 10 Å manganates substituted by mono- and divalent cations". **Miner. Mag.**, Vol. 58, p. 425-447, 1994.
- MA, Y.; LUO, J.; SUIB, S. L. Syntheses of birnessites using alcohols as reducing reagents: effects of synthesis parameters on the formation of birnessites. *Chem. Mat.*, v.11, p. 1972-1979, 1999.
- POST, J. E. Manganese oxide minerals: crystal structures and economic and. Environment significance. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v. 96, p. 3447-3454, 1999.
- YANG, D. S.; WANG, M. K. Syntheses and characterization of well-crystallized birnessite. *Chem. Mat.*, v. 13, p. 2589-2594, 2001.
- ZHANG, X.; SUN, X.; ZHANG, H.; CHEN, L.; MA, Y.; Comparative performance of birnessite-type  $MnO_2$  nanoplates and octahedral molecular sieve (OMS-5) nanobelts of manganese dioxides as electrode materials for supercapacitor application. *Electrochimica Acta*, Vol. 132, p. 315–322, 2014.



Data de aceite: 20/12/2019

### **Emmanoella Costa Guaraná Araujo**

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <https://orcid.org/0000-0002-4493-904X>

### **Gabriel Mendes Santana**

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <http://lattes.cnpq.br/3562459219621852>

### **Tarcila Rosa da Silva Lins**

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <http://lattes.cnpq.br/4578029240501706>

### **Iací Dandara Santos Brasil**

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, PR, <http://lattes.cnpq.br/7574592329626300>

### **Vinícius Costa Martins**

Universidade Federal do Paraná, Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <http://lattes.cnpq.br/9788086305347600>

### **André Luís Berti**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Florestal,  
Dois Vizinhos, PR, <http://lattes.cnpq.br/3630020565620990>

### **Marks Melo Moura**

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <http://lattes.cnpq.br/1435106974331306>

### **Guilherme Bronner Ternes**

Universidade Federal do Paraná, Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <http://lattes.cnpq.br/4384125459053210>

### **Ernandes Macedo da Cunha Neto**

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <https://orcid.org/0000-0001-6775-0365>

### **Letícia Siqueira Walter**

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <https://orcid.org/0000-0001-9352-3369>

### **Ana Paula Dalla Corte**

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <http://lattes.cnpq.br/9528175326712747>

### **Carlos Roberto Sanquetta**

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, PR, <http://lattes.cnpq.br/9641517111540508>

**RESUMO:** As mudanças no uso e ocupação do solo contribuem com a liberação de gases do efeito estufa, que cooperam com as alterações climáticas ocorridas ao longo dos anos. No entanto, o manejo da produção vegetal pode fornecer o aumento de carbono estocado no sistema edáfico. A biomassa possui a capacidade de reter carbono, entretanto, o processo de decomposição acelera seu retorno para atmosfera. Uma forma de reduzir a velocidade de liberação é utilizar o processo de

pirólise, para estabilizar termicamente o carbono presente no material. Sua utilização não só contribui com a estocagem de carbono, como traz benefícios de resistência física e química em longo prazo. As contribuições principais do biocarvão para o solo são: retenção de água, aumento da porosidade, liberação lenta de nutrientes e estoque de carbono no sistema. A produção do material ocorre em baixa temperatura e pouca ou nenhuma presença de oxigênio e a matéria prima bem como as condições de preparo interferem no comportamento do produto final. Sendo assim, é preciso desenvolver estudos em diferentes condições de sítio e vegetação para entender o comportamento do biocarvão no ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa, pirólise, solo.

## BIOCHAR IN AGRICULTURE

**ABSTRACT:** Changes in land use and occupation contribute to the release of greenhouse gases, which cooperate with climate change over the years. However, the management of crop production may provide the carbon stock increase in the edaphic system. Biomass has the ability to retain carbon, however the decomposition process accelerates its return to the atmosphere. One way to reduce the release rate is to use the pyrolysis process to thermally stabilize the carbon in the material. Its use not only contributes to carbon storage, but also brings long-term physical and chemical strength benefits. The main contributions of biochar to the soil are: water retention, increased porosity, slow nutrient release and carbon stock in the system. Production of the material occurs at low temperature and little or no oxygen and the raw material as well as the preparation conditions interfere with the behavior of the final product. Thus it is necessary to develop studies in different conditions of site and vegetation to understand the behavior of biochar in the environment.

**KEYWORDS:** Biomass, pyrolysis, soil

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento natural das é influenciado pela absorção de carbono atmosférico, na forma de CO<sub>2</sub>, para produção de biomassa por meio do processo de fotossíntese. De forma inversa, na decomposição o carbono armazenado é liberado, voltando a aumentar os níveis de CO<sub>2</sub> no ambiente.

Uma forma de reduzir a velocidade de decomposição da biomassa se dá por meio da técnica de pirólise, a qual o material passa por queima controlada, em pouca ou nula presença de oxigênio, formando uma substância com baixa granulometria, alta porosidade, alta relação Carbono/Nitrogênio (C/N), e longa permanência de tempo no solo (HERRMANN et al., 2019)but its use as a soil amendment to improve soil fertility and crop yields is still a contentious subject. In North East (NE, pois o carbono estocado passa a apresentar uma forma mais estável e inativa.

O produto deste processo é chamado de biocarvão ou biochar, que vem sendo considerado um material promissor, por ser capaz de oferecer respostas a uma gama

de desafios como por exemplo; a degradação do solo, mudanças climáticas, gestão de resíduos e geração de energia (Figura1) (LEHMANN; JOSEPH, 2009).

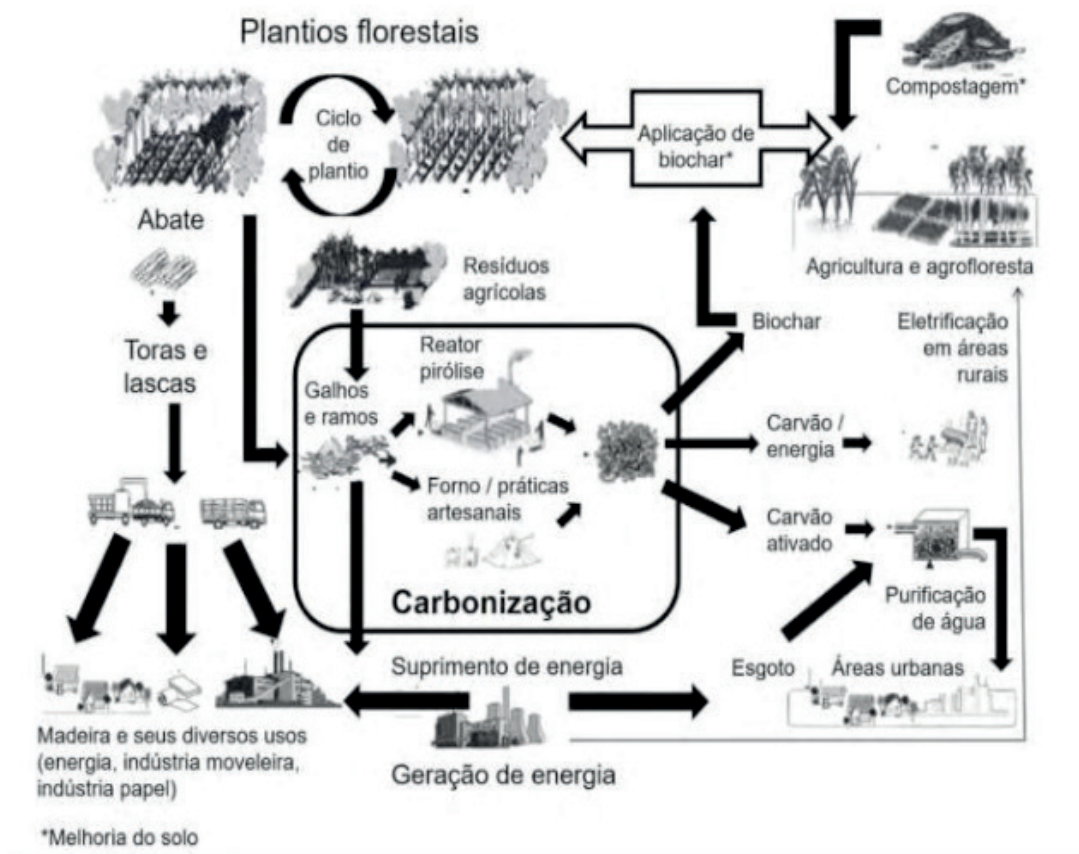


Figura 1. Esquema exemplificando a fixação do carbono pelos plantios florestais, as aplicações que o biocarbono pode ser destinado e o seu processo de produção.

Fonte: Ogawa e Okimori (2010) apud Farias Neto et al. (2019).

O biocarvão produzido a partir de resíduos de culturas agrícolas vem sendo utilizado em larga escala para melhoria da qualidade física e química dos solos (LEHMANN et al., 2011) e diversos estudos tem avaliado as contribuições deste material para biota edáfica (CHINTALA et al., 2016; ANDRÉS et al., 2019; HARDY et al., 2019; HERRMANN et al., 2019; PALANSOORIYA et al., 2019).

Os solos com a presença do biocarvão são associados àqueles de origem antropogênica, ou os chamados “Terra Preta de Índio”, existentes na região amazônica, que são solos altamente férteis e com altos teores de matéria orgânica, provenientes de restos de animais e plantas deixados em locais onde índios nômades habitavam (TRAZZI et al., 2018).

Utilizado como opção de captura e armazenamento de carbono nos solos, o biocarvão é uma boa opção para mitigar as concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera (MCCORMACK et al., 2019), ressaltando a importância no desenvolvimento de constantes pesquisas na área.

## 2 | PRODUÇÃO DO BIOCHAR

Vários tipos de biomassa podem ser utilizadas para a produção do biocarvão, desde resíduos urbanos, agrícolas, industriais, bem como materiais de origem animal, como dejetos (MANGRICH; MAIA; NOVOTNY, 2011). Sendo assim, também há contribuição para o reaproveitamento de biossólidos, que outrora teriam descarte inadequado, como incineração, despejo no oceano e aterros. O tipo de material utilizado para produção do biocarvão vai determinar as características do produto final.

O processo de produção ocorre por meio da pirólise, com temperatura controlada em baixas quantidades ou ausência ou de oxigênio. Assim, a matéria orgânica é capaz de reter mais de 50% do carbono contido na biomassa, sendo um resultado mais eficiente que a combustão, onde produto final apresenta um alto teor de cinzas, com apenas de 2 a 3% do carbono inicial (MANGRICH; MAIA; NOVOTNY, 2011).

Quando se realiza a pirólise em temperaturas relativamente baixas de combustão (300°C a 500°C), são formadas estruturas mais resistentes à degradação pelos microrganismos, devido às alterações químicas que o carbono é acometido. Esse processo faz com que o material seja muito mais estável, degradando lentamente e mantendo o carbono estocado no solo por mais tempo (MANGRICH; MAIA; NOVOTNY, 2011; RÓZ et al., 2015).

Quanto as alterações no solo provocadas pelo material, estas devem ser analisadas de acordo com suas propriedades agronômicas e ambientais. Para realizar tais análises uma série de procedimentos, guiados por comunidades científicas americanas e europeias, estabeleceram diretrizes para padronização dos métodos, permitindo comparações seguras (EBC, 2012, 2014; IBI, 2014).

Além dos recomendados pelo Europe Biochar Certificate (EBC) e International Biochar Initiative (IBI), outros testes são necessários (CHENG et al., 2006; FIDEL; LAIRD; THOMPSON, 2013). Esses testes complementares são imprescindíveis para se levar em conta o teor de cinzas e o efeito desejado do biocarvão no solo, uma vez que a temperatura e quantidade de oxigênio consumidos no processo interferem nos resultados, além da matéria prima (NOVOTNY et al., 2015).

## 3 | IMPORTÂNCIA DO BIOCHAR PARA O SISTEMA EDÁFICO

Para manutenção e/ou melhoria da fertilidade e estoque de carbono no sistema edáfico, é imprescindível a incorporação da matéria orgânica nos solos (MOS). No entanto, a depender da relação C/N do material, a decomposição é acelerada, fazendo com que os nutrientes e carbono não permaneçam no sistema por muito tempo.

Em locais de produção, sobretudo onde há grande exportação de biomassa pós-colheita, é indispensável não só incorporar, mas manter estes níveis de MOS, em especial quando há uma alta taxa de decomposição. Uma forma de estabilizar este material ocorre por meio da incorporação de resíduo orgânico carbonizado, que

além de desacelerar o processo de decomposição retém os nutrientes, regulando sua liberação (GONZAGA et al., 2018).

O biocarvão possui vários benefícios, dentre esses, destaca-se a sua contribuição para melhorar a textura, porosidade e estrutura do solo, o que facilita a penetração das raízes e melhorando a absorção de água. O solo também se torna mais fértil, visto que disponibiliza componentes inorgânicos que se ligam a sua estrutura, promove a retenção de água nos períodos chuvosos, fazendo com que tenha uma reserva para os períodos secos (MANGRICH; MAIA; NOVOTNY, 2011; RÓZ et al., 2015).

Estudos mostram potencial do biocarvão em aumentar a produtividade em solos tropicais intemperizados (GLASER; LEHMANN; ZECH, 2002; LEHMANN et al., 2003; STEINER et al., 2007; MAJOR et al., 2010; PETTER et al., 2012;) Porém, ainda é incerto por quanto tempo os efeitos da aplicação do biocarvão no solo dura e se esse efeito é variável de acordo com a cultura em que é aplicado (JEFFERY et al., 2011), sendo ainda necessário mais estudos relacionados ao potencial do biocarvão quanto as propriedades químicas e físicas do solo e sua interação com as culturas em que é aplicado.

O biocarvão também pode ser utilizado para aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, entretanto, sua influência vai depender principalmente da biomassa e da temperatura utilizada na pirólise (ANDRADE, 2015). Por essas vantagens, o biocarvão foi indicado também como um meio sustentável de promover a recuperação de áreas degradadas (HOUBEN; EVRARD; SONNET, 2013) 5% and 10%, mass fraction

Estudos também relatam a potencial capacidade de supressão do biocarvão nas emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (RONDON, 2006; ATKINSON; FITZGERALD; HIPPS, 2010; CAYUELA et al., 2010; LEHMANN; GAUNT; SOHI et al., 2010; SPOKAS et al., 2009; ZHANG et al., 2010) Novotny et al. (2015) afirmam que a redução na densidade do solo, o aumento da aeração e possível imobilização de Nitrogênio (N) estão entre as causas para fluxos reduzidos de N<sub>2</sub>O.

Fato é que as interações existentes entre o biocarvão e o fluxo de N<sub>2</sub>O está relacionado não só com a textura do solo ou tipo de biocarvão, mas principalmente as variações no estado de umidade do solo, sendo portanto, necessário uma investigação mais aprofundada a respeito da relação entre esses dois componentes, e até mesmo, sobre como o biocarvão se relaciona com a fertilização de N e seus efeitos nos fluxos de N<sub>2</sub>O nos sistemas de cultivo.

Clough; Condrón (2010) estudando a relação entre nitrogênio do solo e uso do biocarvão, afirmaram que o biocarvão tem influência nas taxas de ciclagem de N, afetando diretamente taxas de nitrificação e adsorção de amônia. Tal processo e propriedades do biocarvão no solo, pode resultar em implicações adicionais, como por exemplo a redução da lixiviação de nitrato e conseqüentemente diminuição de potentes gases do efeito estuda, como o óxido nitroso, se tornando alvo de pesquisas



mais recentes por diversos autores.

O tipo de biocarvão, o tipo de solo, a cultura, quantidade de biocarvão aplicada e o tempo após a incorporação de biocarvão no solo, são fatores relevantes para o efeito nas propriedades do solo e produção vegetal (GLASER; LEHMANN; ZECH, 2002). No entanto, para Kookana et al. (2011), a interação do biocarvão com o solo pode causar intemperismo no processo, mudando sua aparência e alterando as características químicas, processo conhecido como “envelhecimento”, não ocasionando em resultados como descritos anteriormente.

Para Glaser; Lehmann; Zech, (2002), o nível físico e a composição química da madeira do biocarvão, pode aumentar a capacidade de retenção de água e afetar de forma positiva as propriedades químicas do solo. Quanto ao aumento da retenção de água no solo, o efeito positivo é relacionado à estrutura porosa do biocarvão, que se comporta como capilares adicionais, favorecendo a retenção de água. Além disso, o pH alcalino do biocarvão pode diminuir a acidez do solo. Biocarvões com alto teor de cinza podem reduzir a acidez do solo segundo Deenik et al. (2011) e Deal et al. (2012), que ainda afirmam que tal característica no biocarvão aumenta o pH do solo e a concentração de elementos essenciais como Ca, Mg e K além de diminuir a disponibilidade de Al.

É preciso realizar estudos locais para definir a quantidade exata do produto a ser adicionado ao solo, analisando as variáveis teor de umidade, cinzas e carbono de acordo com o tipo de solo. Por exemplo, as cinzas normalmente são ricas em óxidos de potássio, cálcio e magnésio, assim o biocarvão pode ser aplicado para corrigir a acidez ao invés do calcário, que custa mais caro (MANGRICH; MAIA; NOVOTNY, 2011).

Em estudo realizado por Petter et al. (2012) para avaliar a quantidade ideal de biocarvão para a produção de alface, foi constatado que 15% deve ser adicionado ao substrato comercial Germinar® para que as mudas possam bom desempenho. As concentrações acima desse valor que foram testadas prejudicaram a produção de alface.

De acordo com Novotny et al., (2015), a eficácia dos biocarvões no solo é diversificada, muito devido à grande variedade de tipos de biocarvão resultante das diferentes fontes de matéria prima e processos de pirólise. Lehmann (2007) afirma que quanto mais alta a temperatura da pirólise, maior a superfície, pH e capacidade de troca do biocarvão, porém, menor sua capacidade de recuperação de carbono. Essa maior área de superfície do biocarvão pode melhorar a capacidade de retenção de água no solo (GRAY et al., 2014) 500°C, and 620°C.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A matéria orgânica ajuda a reter carbono e aumenta a fertilidade do solo, por esse motivo, cientistas buscam informações para replicar essa característica por meio



de um produto que tenham as mesmas propriedades. Além das funções anteriormente citadas, vale ressaltar também a capacidade do biocarvão de reduzir a emissão de outros gases que podem intensificar o efeito estufa, como por exemplo o óxido nitroso que pode ser cerca de 300 vezes mais danoso que o dióxido de carbono

Assim, o biocarvão possibilita além de melhorias nos solos, uma agricultura mais orgânica, sem contar no benefício da redução de CO<sub>2</sub>, gás que contribui com os efeitos das mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, Z. et al. A critical review of mechanisms involved in the adsorption of organic and inorganic contaminants through biochar. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 11, n. 16, 2018.

AHMAD, M. et al. Speciation and phytoavailability of lead and antimony in a small arms range soil amended with mussel shell, cow bone and biochar: EXAFS spectroscopy and chemical extractions. **Chemosphere**, v. 95, p. 433–441, 2014.

ANDRÉS, P. et al. Belowground biota responses to maize biochar addition to the soil of a Mediterranean vineyard. **Science of the Total Environment**, v. 660, p. 1522–1532, 2019.

ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. **Plant and Soil**, v. 337, n. 1, p. 1–18, 2010.

CAYUELA, M. L. et al. Bioenergy by-products as soil amendments? Implications for carbon sequestration and greenhouse gas emissions. **GCB Bioenergy**, v. 2, p. 201–213, 2010.

CHENG, C.-H. et al. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. **Organical Geochemistry**, v. 37, p. 1477–1477, 2006.

CHINTALA, R. et al. **Examining Biochar Impacts on Soil Abiotic and Biotic Processes and Exploring the Potential for Pyrosequencing Analysis**. [s.l.] Elsevier Inc., 2016.

CLOUGH, T. J.; CONDRON, L. M. Biochar and the nitrogen cycle: introduction. **Journal of Environmental Quality**, v. 39, p. 1218–1223, 2010.

DA RÓZ, A. L. et al. Maximização do teor de carbono fixo em biocarvão aplicado ao sequestro de carbono. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 810–814, 2015.

DEAL, C. et al. Comparison of kiln-derived and gasifier-derived biochars as soil amendments in the humid tropics. **Biomass and Bioenergy**, v. 37, p. 161–168, 2012.

DEENIK, J. L. et al. Charcoal ash and volatile matter effects on soil properties and plant growth in an acid Ultisol. **Soil Science**, v. 176, p. 336–345, 2011.

EBC, E. B. C. Guidelines for a sustainable production of biochar. In: **European Biochar Foundation (EBC)**. [s.l.: s.n.].

EBC, E. B. C. Comparison of European Biochar Certificate Version 4.8 and IBI Biochar Standards Version 2.0. In: [s.l.: s.n.].

FARIAS NETO, A. et al. **Embrapa Agrossilvipastoril - Primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável**. [s.l.: s.n.].

- FIDEL, R. B.; LAIRD, D. A.; THOMPSON, M. L. Evaluation of modified Boehm titration methods for use with biochars. **Journal of Environmental Quality**, v. 42, p. 1771–1778, 2013.
- GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - A review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 4, p. 219–230, 2002.
- GONZAGA, M. I. S. et al. BIOCÁRVÃO DE LODO DE ESGOTO E SEU EFEITO NO CRESCIMENTO E NAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE MUDAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 687, 2018.
- GRAY, M. et al. Water uptake in biochars: The roles of porosity and hydrophobicity. **Biomass and Bioenergy**, v. 61, p. 196–205, 2014.
- HARDY, B. et al. The Long-Term Effect of Biochar on Soil Microbial Abundance, Activity and Community Structure Is Overwritten by Land Management. **Frontiers in Environmental Science**, v. 7, n. July, p. 1–14, 2019.
- HERRMANN, L. et al. Impact of biochar application dose on soil microbial communities associated with rubber trees in North East Thailand. **Science of the Total Environment**, v. 689, p. 970–979, 2019.
- HOUBEN, D.; EVRARD, L.; SONNET, P. Beneficial effects of biochar application to contaminated soils on the bioavailability of Cd, Pb and Zn and the biomass production of rapeseed (*Brassica napus* L.). **Biomass and Bioenergy**, v. 57, p. 196–204, 2013.
- IBI, I. B. I. **Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil.**
- IPPOLITO, J. A. et al. **Biochar for Mine-land Reclamation.** [s.l: s.n.].
- JEFFERY, S. et al. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture Ecosystem Environment**, v. 144, p. 175–187, 2011.
- KOOKANA, R. S. et al. Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. **Advances Agronomy**, v. 112, p. 103–143, 2011.
- LEHMANN, J. et al. <Lehmann Char nutrient 2003.pdf>. **Plant and Soil**, v. 249, p. 343–357, 2003.
- LEHMANN, J. A handful of carbon. **Nature**, v. 447, p. 143–144, 2007.
- LEHMANN, J. et al. Biochar effects on soil biota - A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 9, p. 1812–1836, 2011.
- LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - A review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 11, n. 2, p. 403–427, 2006.
- LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for Environmental Management: Science and technology.** London: Earthscan, 2009.
- MAJOR, J. et al. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna Oxisol. **Plant and Soil**, v. 333, p. 117–128, 2010.
- MANGRICH, A. S.; MAIA, C. M. B. F.; NOVOTNY, E. H. Biocarvão - As terras pretas de índios e o sequestro de carbono. **Ciência Hoje**, v. 47, p. 48–52, 2011.

MCCORMACK, S. A. et al. Soil biota, carbon cycling and crop plant biomass responses to biochar in a temperate mesocosm experiment. **Plant and Soil**, p. 341–356, 2019.

NOVOTNY, E. H. et al. Biochar: Carbono pirogênico para uso agrícola - Uma revisão crítica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 321–344, 2015.

PALANSOORIYA, K. N. et al. Response of microbial communities to biochar-amended soils: a critical review. **Biochar**, v. 1, n. 1, p. 3–22, 2019.

PETTER, F. A. et al. Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 5, p. 699–706, 2012.

SOHI, S. P. et al. A review of biochar and its use and function in soil. In: Sparks DL, editor. Advances in agronomy. **Academic Press**, v. 105, p. 47–82, 2010.

SPOKAS, K. A. et al. Impacts of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicides in a Minnesota soil. **Chemosphere**, v. 77, p. 574–581, 2009.

STEINER, C. et al. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. **Plant and Soil**, v. 291, n. 1–2, p. 275–290, 2007.

TRAZZI, P. A. et al. Paulo André Trazzi Antonio Rioyei Higa Jeferson Dieckow Antonio Salvio Mangrich Rosana Clara Vitoria Higa. **Ciência Florestal**, v. 2, p. 227–249, 2018.

ZHANG, A. et al. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. **Agriculture Ecosystem Environment**, v. 139, p. 469–475, 2010.

## MOVIMENTOS DE MORADIA, AUTOGESTÃO E POLÍTICA HABITACIONAL NO BRASIL: ESTUDOS DE CASOS

*Data de aceite: 20/12/2019*

### **Camila Danubia Gonçalves de Carvalho**

Universidade Federal de São Carlos  
São Carlos, SP

### **Luiz Antonio Nigro Falcoski**

Universidade Federal de São Carlos  
São Carlos, SP

**RESUMO:** O presente trabalho objetiva compreender a política habitacional e a dinâmica dos movimentos de moradia em estudos de casos selecionados no Brasil. Busca-se compreender os processos e como a parceria pública com a sociedade organizada beneficiou milhares de pessoas através da construção de novas habitações, projetos de urbanização de favelas e recuperação de imóveis encortiçados. O Programa de Construção de Unidades Habitacionais em Mutirão e Autogestão, instituído na cidade de São Paulo em 1989, se tornou o início do processo de renovação da Política Nacional de Habitação - até então conduzida pelo Sistema Financeiro de Habitação, BNH e Cohab's, redefinindo diretrizes e propondo programas inovadores para solucionar o problema da habitação social e suprir o déficit habitacional, influenciadas por experiências anteriores. Foram construídos

conjuntos habitacionais de diversas tipologias como sobrados geminados e blocos de apartamentos de três a cinco pavimentos. Este último representou um grande avanço pois viabilizou a implantação em regiões metropolitanas onde o alto custo dos terrenos inviabiliza ocupações horizontais.

Os resultados alcançados incluem excelente qualidade de construção, participação popular, alta produtividade, baixo custo (economia de até 50% comparado às empreiteiras), baixo desperdício e diversidade de soluções arquitetônicas, além do desenvolvimento social com atividades comunitárias como cursos de alfabetização, creches, ações culturais e atividades de recreação, firmando-se como uma experiência bem sucedida de política habitacional por meio de autogestão e nova governança entre os atores intervenientes, com grande qualidade do processo e resultados em todo o ciclo de produção habitacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Autogestão. Habitação. Planejamento Urbano.

### MOVEMENTS OF HOUSING, SELF-MANAGEMENT AND HOUSING POLICY IN BRAZIL: CASE STUDIES

**ABSTRACT:** This paper aims to understand the housing policy and the dynamics of housing movements in selected case studies in Brazil. It seeks to understand the processes and how the

public partnership with organized society has benefited thousands of people through the construction of new housing, favela urbanization projects and recovery of corked real estate.

The Program for the Construction of Housing Units in Mutirão and Self-management, established in the city of São Paulo in 1989, became the beginning of the process of renewal of the National Housing Policy - hitherto conducted by the Housing Finance System, BNH and Cohab's, redefining guidelines and proposing innovative programs to solve the problem of social housing and to fill the housing deficit, influenced by previous experiences. Housing complexes of various types were built as twin townhouses and three to five storey apartment blocks. This last one represented a great advance because it makes possible the implantation in metropolitan regions where the high cost of the land makes unfeasible horizontal occupations.

The results achieved include excellent construction quality, popular participation, high productivity, low cost (savings of up to 50% compared to contractors), low waste and diversity of architectural solutions, as well as social development with community activities such as literacy courses, cultural activities and recreation activities, establishing itself as a successful experience of housing policy through self-management and new governance among stakeholders, with great process quality and results throughout the housing production cycle.

**KEYWORDS:** Self-management. Housing. Urban planning.

## 1 | INTRODUÇÃO

A massiva ocupação dos espaços urbanos desencadeou múltiplos problemas que atualmente constituem desafios para as cidades, especialmente diante dos novos processos e tecnologias que precisam ser consideradas e aplicadas à concepção e gestão do espaço urbano.

Nesse contexto, faz-se necessário analisar como se orienta o planejamento, concepção e produção da cidade e dos sistemas urbanos atualmente, a fim de introduzir bases conceituais capazes de (re)vincular a cidade à arquitetura, plano e projeto, arquitetura e urbanismo. Esta necessidade decorre do fato de todos estes objetos pertencerem a um mesmo campo disciplinar: a arquitetura.

No passado, tudo representava arquitetura, plano e projeto, cidade e edifícios. A separação entre arquitetura e urbanismo manifestou-se com o desenvolvimento do urbanismo moderno, no século XX, que introduziu a separação disciplinar, de objetivos e objeto de trabalho entre o arquiteto e o urbanista.

“O desenho urbano e o desenho de edifícios representam, em última instância, diferentes níveis, momentos e processos de produção do espaço, conduzido pela transcendência e autonomia disciplinar da arquitetura, e cujo objetivo comum entre plano e projeto, planejador, urbanista e construtor, seria o domínio da forma territorial da cidade e de suas estruturas físicas e ambientais.”

FALCOSKI, (1997. p.125)

A cidade é resultado da prática de arquitetura, da soma de objetos construídos ao longo do tempo, que qualificam o espaço e relacionam-se histórica e socialmente com o local. Deste modo, o “espaço urbano” representa a parte física da cidade, enquanto o “ambiente urbano” compõe-se do psico-físico, associando à arquitetura relações psicológicas estabelecidas no local.

A “projeção urbana” qualificaria, conforme explica Retto Junior, não tanto como “disciplina” isolada ou como “técnica” específica, mas como tema que tem por objeto a cidade e a sua definição física e formal.

A cidade é, portanto, como o objeto, o fim último da projeção urbana, que pode usar como instrumentos, de um lado, o Plano (como estratégia de re-ordenação espacial, funcional, econômica...), e do outro, a arquitetura (como técnica de intervenção direta na construção da cidade). Todavia – em considerações não somente dimensional mas também de gestão –, foi eliminada toda e qualquer ilusão utópica de “cidade como um todo arquitetônico” ou mesmo de um “controle da forma urbana operada globalmente com os instrumentos da arquitetura”.

RETTO JUNIOR (2007, p.5)

“A arquitetura é considerada um fenômeno urbano e tem todas as prerrogativas e o dever para intervir a favor da definição física da cidade” (Aymonino, 1975). Isto não significa substituir ou sobrepor as técnicas da arquitetura àquelas do plano; mas identificar um papel cognitivo preciso e propositivo para a arquitetura na projeção da cidade reconhecendo que “uma das características essenciais da arquitetura como fenômeno urbano é aquele de se colocar, de quando em quando, ‘em relação à’ (a outras arquiteturas existentes, à uma determinada paisagem, a um sistema de infraestrutura, etc.); de ser parte completa de um processo em contínuo desenvolvimento...”.

Muitos processos e instrumentos podem ser considerados influenciadores do planejamento relacionado à revalorização do desenho urbano, principalmente a partir dos anos 60, com a codificação da Carta de Atenas e a proposição de uma substituição radical do modelo de cidade existente.

O processo de projeto participativo vem sendo amplamente estudado e a questão da qualidade ganha destaque ao revelar o modo como cada etapa é realizada durante o processo e, principalmente, definir as etapas seguintes. Podemos definir as fases de análise da qualidade na seguinte ordem:

- Qualidade na Solução do Projeto (com Plano)
- Qualidade na Descrição do Projeto
- Qualidade na Elaboração do Projeto
- Tais Elementos envolvem a compreensão dos aspectos intervenientes:
- Níveis de satisfação dos Atores e agentes sociais
- Nível de Governança e Gestão Participativa do Processo, em nível de auto-



gestão e cooperação.

## 2 | OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva compreender a política habitacional e a dinâmica dos movimentos de moradia em estudos de casos selecionados no Brasil. Busca-se compreender os processos e como a parceria pública com a sociedade organizada beneficiou milhares de pessoas através da construção de novas habitações, projetos de urbanização de favelas e recuperação de imóveis encortiçados.

## 3 | METODOLOGIA

Buscou-se compreender e analisar os estudos de caso selecionados através de uma pesquisa exploratória-descritiva, de abordagem qualitativa-quantitativa que utilizou como estratégias o estudo de caso, levantamento de dados e adotou como referências bibliográficas alguns estudos, pesquisas e trabalhos desenvolvidos anteriormente sobre o tema.

## 4 | RESULTADOS

Durante a administração Luiza Erundina (1989-1992) a cidade de São Paulo passou por uma inovadora política habitacional e dinâmica dos movimentos de moradia, onde a Secretaria da Habitação – HABI buscou viabilizar políticas e programas de moradia popular que se opuseram ao ideário da cidade funcional e segregacionista através da adoção de uma variedade de soluções formais e construtivas dos projetos urbanísticos e habitacionais.

O Programa de Construção de Unidades Habitacionais em Mutirão e Autogestão, instituído em 1989, se tornou o início do processo de renovação da Política Nacional de Habitação - até então conduzida pelo Sistema Financeiro de Habitação, BNH e Cohab's, redefinindo diretrizes e propondo programas inovadores para solucionar o problema da habitação social e suprir o déficit habitacional. Tratou-se de uma parceria pública com a sociedade organizada e beneficiou mais de 60 mil pessoas num sistema denominado gestão pública não-estatal, através da construção de 11 mil novas habitações, 19 projetos de urbanização de favelas e 4 de recuperação de imóveis encortiçados.

As principais influências para implementação do programa foram algumas experiências-piloto de produção de habitação com mutirão e autogestão realizadas entre 1983 e 1988 (assessoradas por técnicos independentes do poder público), bem como as Cooperativas de Viviendas por Ajuda-Mutua uruguaianas.

Foram construídos conjuntos habitacionais de diversas tipologias como sobrados geminados e blocos de apartamentos de três a cinco pavimentos. Este último

representou um grande avanço pois viabilizou a implantação em regiões metropolitanas onde o alto custo dos terrenos inviabiliza ocupações horizontais, com destaque para os projetos Jardim São Francisco, Conjunto Pires do Rio e Conjunto Apuanã.



Figura 1: Sobrados geminados no Jardim São Francisco I: projetos adequados ao meio físico (Projeto AD)

Fonte: BONDUKI (1997)



Figura 2: Conjunto Pires do Rio: recriando vilas habitacionais (Projeto AD)

Fonte: BONDUKI (1997)



Figura 3: Conjunto Pires do Rio: recriando vilas habitacionais

Fonte: BONDUKI (1997)



Figura 4: Arquitetura e Mutirão: projeto vencedor do concurso de anteprojetos de habitação popular (Projeto Cooperativa)

Fonte: BONDUKI (1997)



Figura 5: Canteiro de obras/Centro Comunitário do Jardim São Francisco 8

Fonte: BONDUKI (1997)

Os resultados alcançados incluem excelente qualidade de construção, participação popular, alta produtividade, baixo custo (economia de até 50% comparado às empreiteiras), baixo desperdício e diversidade de soluções arquitetônicas, além do desenvolvimento social com atividades comunitárias como cursos de alfabetização, creches, ações culturais e atividades de recreação, firmando-se como uma experiência bem sucedida de política habitacional por meio de autogestão e nova governança entre os atores intervenientes, com grande qualidade do processo e resultados em todo o ciclo de produção habitacional.

No que concerne à crítica ao processo de Planejamento, Projeto e Gestão Participativa da Habitação Social (Arq. Nabil Bonduki: Habitação Social em São Paulo 1989-1992) e PROJETO MORADIA (2001) e FNRU, ao abordar os aspectos a serem consolidados na qualidade do processo de Projeto, Produção e Gestão solidária e coletiva de Moradias de Interesse Social, apresenta alguns princípios essenciais:

- a. **Direito à terra:** posse
- b. **Diversidade de Intervenções:** leque de programas (kit do Projeto Moradia: cohousing, aluguel, retrofit/reuso, etc.);
- c. **Reconhecimento da Cidade Real:** urbanização e reurbanização de assentamentos;
- d. **Direito ao Centro:** romper a segregação urbana (requalificação-retrofit)
- e. **Direito à Cidadania:** canais e instrumentos participativos na formulação de programas e projetos;
- f. **Autogestão e Cogestão:** novas formas de gestão de empreendimentos e compartilhamento (crítica do FNRU ao MCMV);
- g. **Melhoria da Qualidade sem elevação de Custos:** bons projetos funcionais e construtivos;
- h. **Direito à Arquitetura:** valorização da qualidade do projeto arquitetônico e urbanístico (críticas às diretrizes da Caixa e Projetos Privados de Operadoras, onde o Poder Público não participa ou participa de forma secundária no processo, apenas nas diretrizes de uso do solo).

Dentro deste Programa Habitacional, outros arquitetos atuaram, onde nota-se nos projetos uma busca pela ruptura dos padrões segregacionistas estabelecidos por paradigmas racionalistas-funcionalistas, que segregaram espaços públicos, moradias, áreas verdes e caracterizaram uma “aridez arquitetônica”.

“Os projetos habitacionais de Padovano e Vigliecca evidenciam uma busca de retomar a articulação entre edifício e espaço público. “a qualidade formal dos conjuntos se exprime menos através da arquitetura dos edifícios e mais através da articulação dos espaços de uso público, tais como ruas, calçadas, esquinas, praças públicas e semi-públicas, passagens, etc., que constituem os palcos nos quais se desenvolve a trama (ou drama) da vida urbana”. Os projetos valorizam a racionalidade do uso do solo, multiplicidade de usos e atividades e redução dos custos de infraestrutura e equipamentos com a morfologia adotada.”

FALCOSKI (1997)



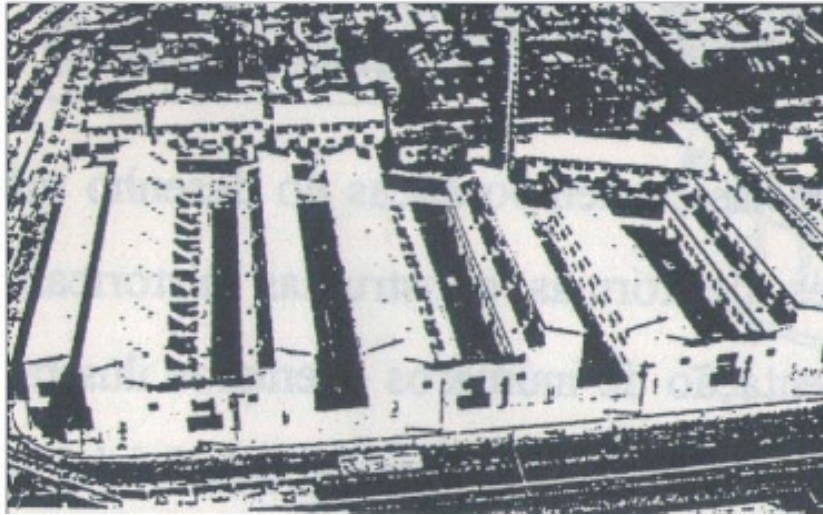


Figura 6: Conj. Habitacional de Rincão – Vista do conjunto construído e entorno – Arq. Padovano e Vigliecca Associados

Fonte: FALCOSKI (1997)



Figura 7: Rincão: pátios internos com ruas de pedestres de acesso às edificações e “continuum” de espaços abertos.

Fonte: FALCOSKI (1997)

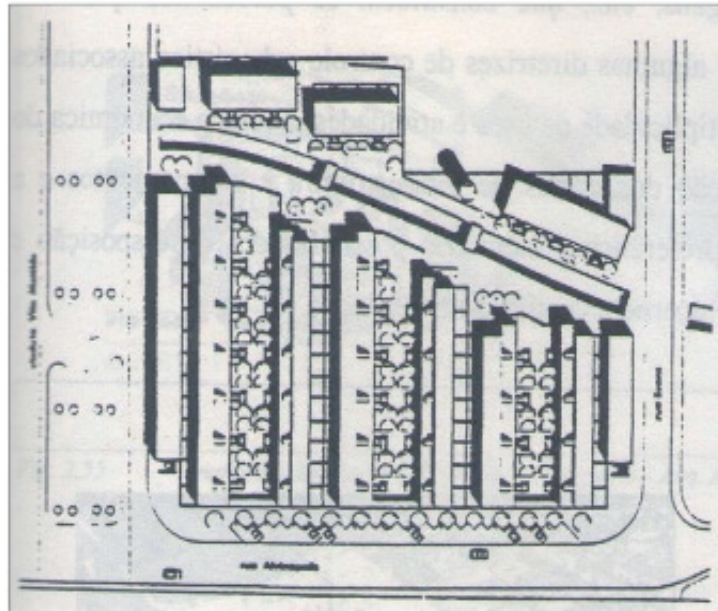


Figura 8: Implantação Conj. Habitacional de Rincão – São Paulo – Arq. Padovano/Viglicca  
 Fonte: FALCOSKI (1997)

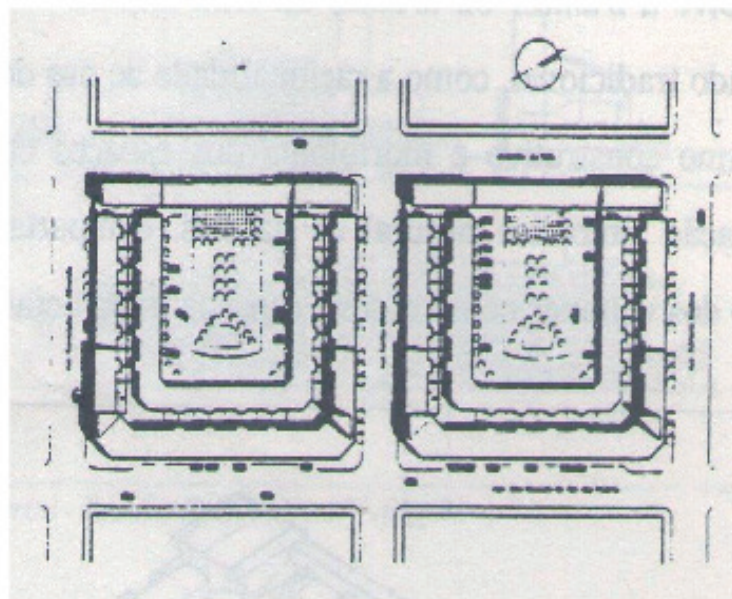


Figura 9: Implantação e Fachada Vila Mara – São Paulo – Arq. Padovano e Viglicca  
 Fonte: FALCOSKI (1997)



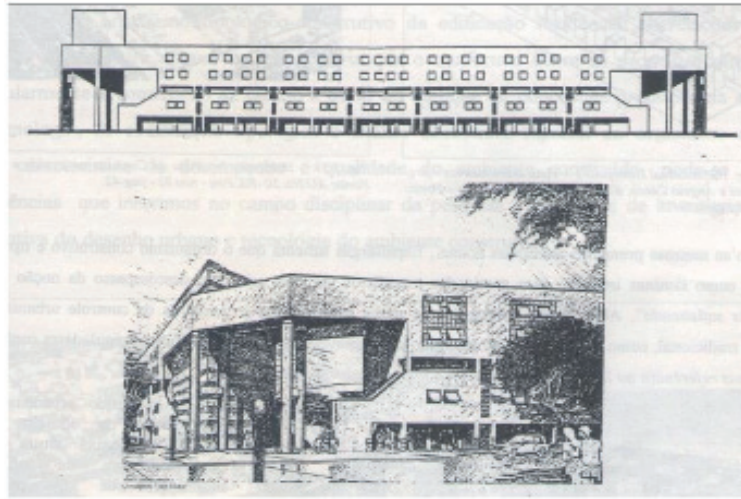


Figura 10: Conjunto Vila Mara – Vista da Articulação – Praça de acessos horizontais-verticais de pedestres – São Paulo – Arq. Padovano e Vigliecca

Fonte: FALCOSKI (1997)

O Conjunto Habitacional do Brás apresenta uma praça central de uso semi-público, cercada por edifícios de quatro pavimentos (baixa altura e alta densidade). A solução arquitetônica adotada foi o uso misto dos edifícios, ao prever lojas comerciais nos pavimentos térreos, de frente para a rua, e residencial nos demais pavimentos.

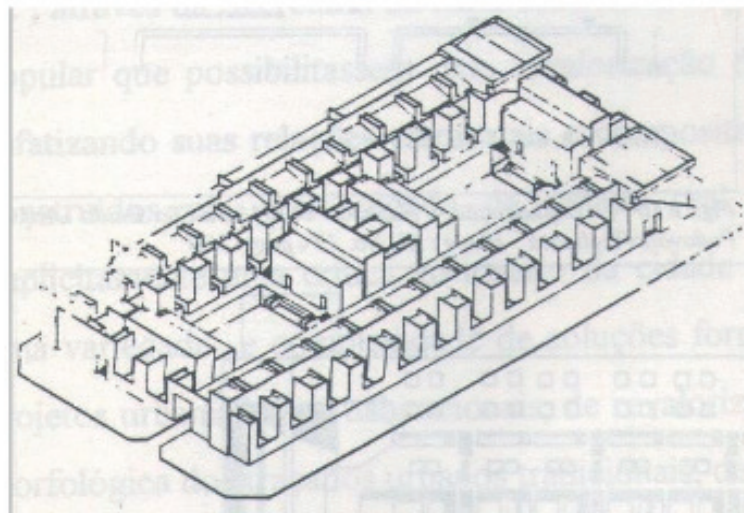


Figura 11: Conj. Habitacional Heliópolis I – Vista axonométrica – Arq. Luís Espallargas e Ângelo Cecco, Edna Nagle e Rose Borges

Fonte: FALCOSKI (1997)

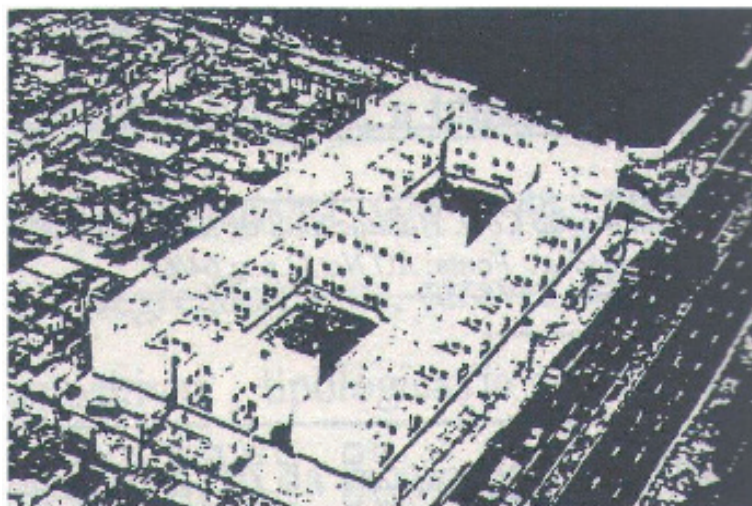


Figura 12: Heliópolis I – Vista do Conjunto construído e entorno  
Fonte: FALCOSKI (1997)



Figura 13: Perspectiva do Conj. Habitacional Brás – Proposta Finalista – Arq. Aflalo e Gasperini  
Fonte: FALCOSKI (1997)

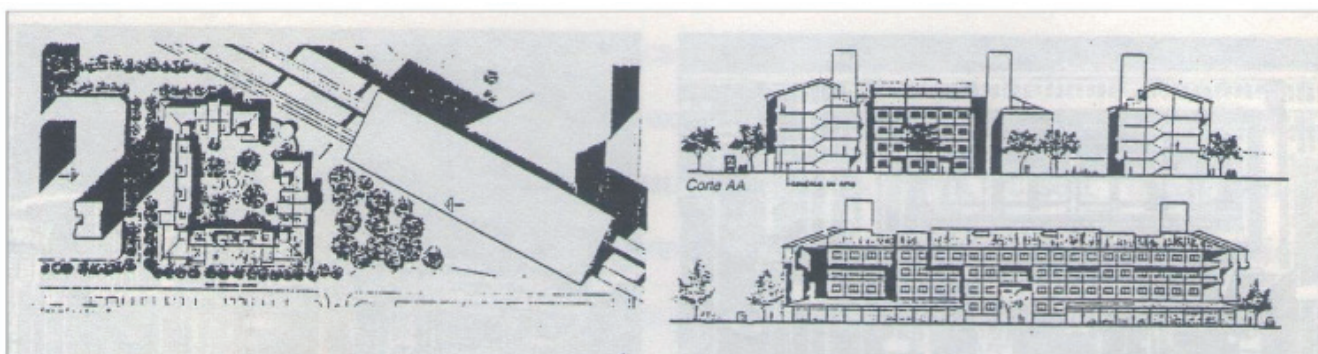


Figura 14: Implantação, Corte e Elevação do Conjunto – Arq. Aflalo e Gasperini  
Fonte: FALCOSKI (1997)



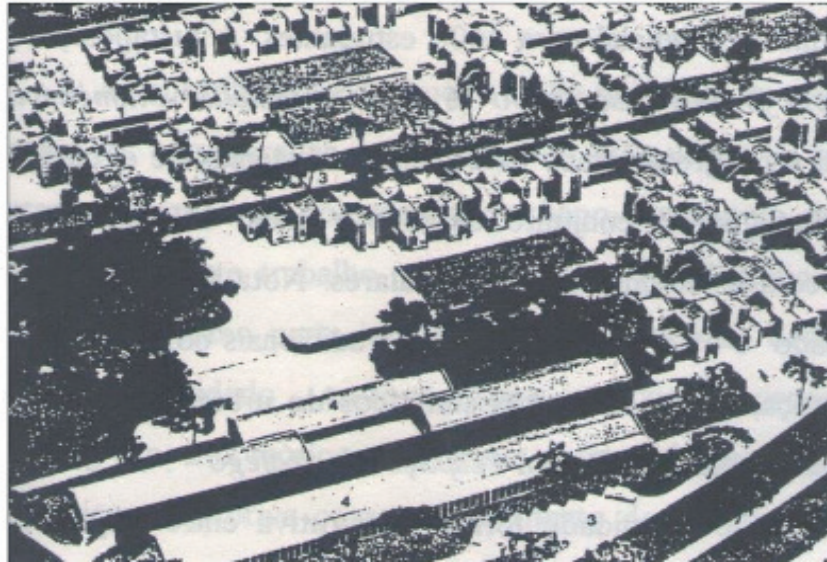


Figura 15: Projeto de Moradia Estudantil – UNICAMP. Vista em Perspectiva da praça-pátio de convívio, centro comunitário e comercial, sala de estudos, ruas de pedestres e unidades residenciais – Arq. Joan Villà

Fonte: FALCOSKI (1997)

A produção habitacional através da autogestão e mutirão decorre da luta dos movimentos sociais por uma solução coletiva que garanta o direito à moradia.

A autogestão, ao mesmo tempo que cobra uma política pública que resolva o problema do déficit habitacional, recusa a intervenção do aparelho estatal como agente implementador por não concordar com o processo decisional (de cima para baixo) e buscar um processo participativo na tomada de decisões de todo o processo (diretrizes, projeto e até execução).

Os mutirões autogeridos da administração de Luiza Erundina na prefeitura de São Paulo (1989-1992) foi um marco neste tipo de produção habitacional como política pública no Brasil, decorrente da “abertura democrática associada à crise do desenvolvimento e à intervenção direta de organismos multilaterais, como FMI, a ONU e o Banco Mundial, que inesperadamente começam a verificar ‘virtudes’ na capacidade dos pobres de se responsabilizarem por sua própria reprodução social”.

Com o crescimento da esquerda e suas organizações após a ditadura militar e a chegada do PT ao poder em diversas esferas políticas, o Estado passou a incentivar a autogestão como “boas práticas”, num quadro de aparente desresponsabilização do Estado em relação aos custos de reprodução da classe trabalhadora e caracterizando a autogestão como “velha política da luta de classes”.

“Caso o movimento não invista numa formação política ampla, capaz de exercitar em cada militante sua capacidade de compreensão crítica dos conflitos que está vivendo no dia-a-dia, a oscilação entre combate e integração, entre resistência e assimilação pode pender para um único lado. Ao mesmo tempo, se essa disputa decisiva com o Estado não se travar, voltamos ao mundo da auto-construção, da poupança própria e do mercado.”

USINA (2008, p.54)

A assessoria técnica que apoia o movimento tem um papel importantíssimo e extremamente delicado de preservar o conhecimento técnico e, ao mesmo tempo, coletivizar seu saber diante de um público que, em sua maioria, não teve educação básica (o que implica dificuldades com questões construtivas que envolvem lógica, matemática, física, geometria e etc). Trata-se, portanto, de uma aliança entre técnicos com formação universitária e povo organizado, numa busca por experimentação de novas formas, meios de produção e produtos.

A USINA é uma assessoria que busca o diálogo através da prática da autogestão, caracterizando-se por uma organização horizontal, onde todas as decisões (administrativas, projetuais e políticas) são tomadas coletivamente e todos tem igual direito de voz e voto.

A principal característica do mutirão é a produção de um produto cujo maior interesse é o uso, e não troca ou valorização de capital (mesmo que isto ocorra indiretamente decorrente da força de trabalho implantada). Isto reflete uma experimentação de alternativas ao modo de produção capitalista, onde o valor de uso e preservação física e do saber do trabalho são preponderantes nas decisões de projeto e execução.

“No momento em que os pólos uso-troca são invertidos, toda a produção passa a ser pautada pela qualidade dos materiais e dos espaços (como produto final) e pela adequação das técnicas às exigências do trabalho (como processo de produção). A mentalidade empresarial capitalista de aumento de produtividade e da exploração do trabalho e redução da qualidade do produto e do seu tempo de vida deixaria de dominar a produção.”

USINA (2008, p.57)

A arquitetura praticada no mutirão exerce, portanto, uma função social e de manufatura, que incentiva a experimentação, o diálogo, a criatividade pessoal e coletiva e as relações sociais – com destaque à participação das mulheres como força de trabalho e a visão da segurança de trabalho além da esfera técnica, alçada à uma esfera afetiva (onde o bem estar dos companheiros é um dos principais objetivos pelo cuidado e bem-querer entre as pessoas - sem os quais todo o processo não faria sentido - e não por questões financeiras/trabalhistas).

Estes princípios da arquitetura como produção coletiva do espaço podem ser observados através dos seguintes projetos:



Figura 16: Mutirão União da Juta – USINA. Torres de escadas metálicas que serviram de prumo e nível e permitiram a construção das unidades habitacionais ao seu redor com precisão.

Fonte: Revista Urbania 3 (2008)



Figura 17: Mutirão União da Juta – USINA.

Fonte: Revista Urbania 3 (2008)

O Mutirão Comuna Urbana Dom Helder Câmara, em Jandira-SP, foi o primeiro assentamento urbano do MST e conseguiu integrar moradia, trabalho, educação, cultura, lazer e preservação ambiental ao reunir 128 habitações, uma escola e oficinas de trabalho num único projeto. Organizado pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra (MST), financiado pela Prefeitura Municipal de Jandira, Ministério das Cidades e Caixa Econômica Federal.



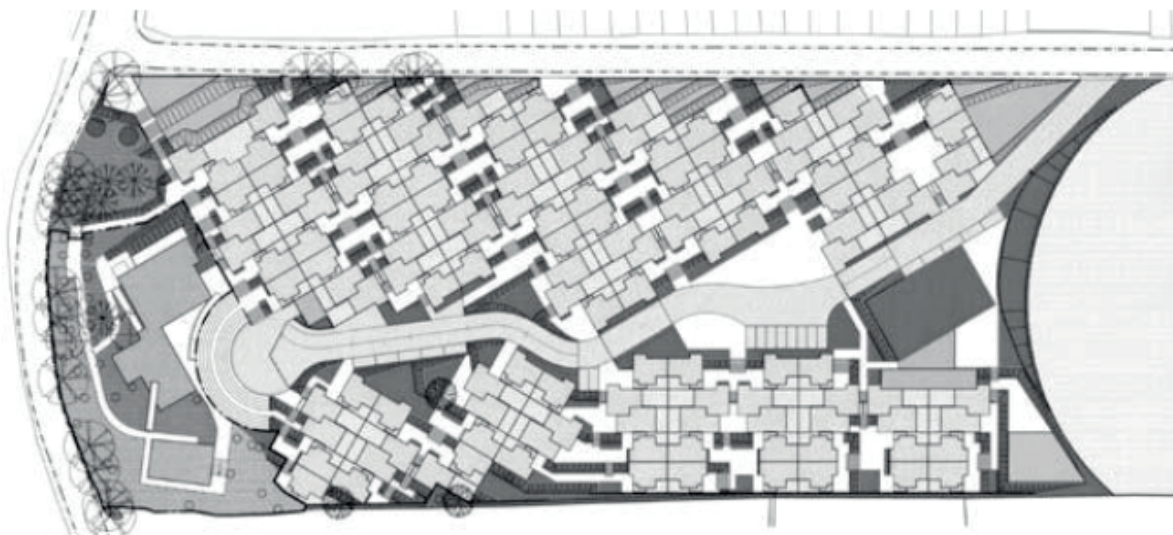


Figura 18: Mutirão Comuna Urbana Dom Helder Câmara – USINA.

Fonte: Revista Urbania 3 (2008)

## 5 | CONCLUSÃO

O Programa de Construção de Unidades Habitacionais em Mutirão e Autogestão, instituído em 1989, se tornou o início do processo de renovação da Política Nacional de Habitação - até então conduzida pelo Sistema Financeiro de Habitação, BNH e Cohab's, redefinindo diretrizes e propondo programas inovadores para solucionar o problema da habitação social e suprir o déficit habitacional.

Foram construídos conjuntos habitacionais de diversas tipologias como sobrados geminados e blocos de apartamentos de três a cinco pavimentos. Este último representou um grande avanço pois viabiliza a implantação em regiões metropolitanas onde o alto custo dos terrenos inviabiliza ocupações horizontais, com destaque para os projetos Jardim São Francisco, Conjunto Pires do Rio e Conjunto Apuanã.

A assessoria técnica que apoia o movimento social de moradia tem um papel importantíssimo e extremamente delicado de preservar e coletivizar o conhecimento técnico, viabilizando a execução dos imóveis e exercendo uma função social.

Os resultados alcançados incluem excelente qualidade de construção, participação popular, alta produtividade, baixo custo (economia de até 50% comparado às empreiteiras), baixo desperdício e diversidade de soluções arquitetônicas, além do desenvolvimento social com atividades comunitárias como cursos de alfabetização, creches, ações culturais e atividades de recreação, firmando-se como uma experiência bem sucedida de política habitacional por meio de autogestão e nova governança entre os atores intervenientes, com grande qualidade do processo e resultados em todo o ciclo de produção habitacional.



## 6 | AGRADECIMENTO

À CAPES pelo auxílio financeiro durante o desenvolvimento de pesquisa de mestrado.

## REFERÊNCIAS

FALCOSKI, Luiz Antonio N. **Dimensões Morfológicas. De Desempenho: Instrumentos Urbanísticos de Planejamento e Desenho Urbano**. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 1997.

RETTO JUNIOR, Adalberto da Silva. **Plano e arquitetura / plano com arquitetura. Indagações acerca das Lições de urbanismo de Bernardo Secchi**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.083/253>>.

USINA. **Arquitetura, Política e Autogestão: Um Comentário Sobre os Mutirões Habitacionais**. In: Revista Urbana n°3. P. 48-65

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco:** Possui graduação em Bacharelado em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Ponta Grossa, turma de 2018 e participa do Núcleo de Pesquisa Questão Ambiental, Gênero e Condição de Pobreza. Mestre em Ciências Sociais Aplicadas pela UEPG (2013), na área de concentração Cidadania e Políticas Públicas, linha de Pesquisa: Estado, Direitos e Políticas Públicas. Como formação complementar cursou na Universidade de Bremen, Alemanha, as seguintes disciplinas: Soziologie der Sozialpolitik (Sociologia da Política Social), Mensch, Gesellschaft und Raum (Pessoas, Sociedade e Espaço), Wirtschaftsgeographie (Geografia Econômica), Stadt und Sozialgeographie (Cidade e Geografia Social). Atua na área de pesquisa em política habitacional, planejamento urbano, políticas públicas e urbanização.

**Juliana Yuri Kawanishi:** Possui graduação em Serviço Social (2017), pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Atualmente é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas da linha de Pesquisa: Estado, Direitos e Políticas Públicas, bolsista pela Fundação CAPES e desenvolve pesquisa na Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR, turma de 2018. É membro do Núcleo de Pesquisa Questão Ambiental, Gênero e Condição de Pobreza e do grupo de pesquisa Cultura de Paz, Direitos Humanos e Desenvolvimento Sustentável. Atua na área de pesquisa em planejamento urbano, direito à cidade, mobilidade urbana e gênero. Com experiência efetivada profissionalmente no campo de assessoria e consultoria. Foi estagiária na empresa Emancipar Assessoria e Consultoria. Desenvolveu pesquisa pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC, trabalhando com as linhas de mobilidade urbana e transporte público em Ponta Grossa.

**Mauricio Zadra Pacheco:** Doutor pela Universidade de Bremen (UniBremen) com trabalho desenvolvido no Instituto Fraunhofer - IFAM (Bremen Alemanha) pelo Programa Ciências sem Fronteiras, Mestre em Gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2009); possui graduação em Administração pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2003) e graduação em Bacharelado em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1995). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, e desenvolveu estudos nas áreas de Geoprocessamento e Geografia Humana com ênfase na utilização de geotecnologias como ferramentas de auxílio à gestão de território. É Coordenador do Projeto de Extensão: Lixo Eletrônico: Descarte Sustentável, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Administração 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 61, 62, 63, 64, 66, 69, 70, 114, 175, 183, 188  
Adsorção 135, 139, 140, 142, 144, 145, 146, 167  
Aerogerador 12, 14, 17, 18, 20, 21, 23, 24  
Agricultura 25, 88, 89, 90, 93, 96, 163, 169  
Agroecologia 88  
Agroquímicos 89, 99, 100, 101, 104, 111  
Apropriação social da ciência 1, 8

### B

Bauxita 147, 148, 149, 151, 154, 155  
Biomarcadores 98, 99, 100, 102, 104, 111, 112, 113  
Biomassa 36, 144, 163, 164, 166, 167

### C

Cidades Sustentáveis 26, 27

### E

Educação Ambiental 70, 71, 72, 73, 74, 79, 80  
Efluente 114, 115, 118, 119, 121, 122, 123, 137, 139, 145  
Energia eólica 12, 13, 14  
Energia Solar Fotovoltaica 26, 27, 29, 30, 32, 34, 35  
Estações de tratamento 114, 138, 139

### G

GC-MS (Cromatógrafo Gasoso acoplado com Espectrômetro de Massa) 124, 125, 128, 133  
Genotoxicidade 99, 100, 101

### H

Habitação 172, 175, 177, 186  
Hortaliças 81, 82, 83, 84, 85, 86

### L

Lagoas de estabilização 114, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123

### M

Meio-ambiente 1, 2  
Misturas asfálticas 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 47, 48, 49

### P

Pesticidas 96, 97, 124, 125, 126, 129, 130, 131, 133

Petróleo 40, 47, 48, 49, 73, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 145, 146

Pirólise 164, 166, 167, 168

Planejamento Urbano 172, 188

Políticas Públicas 26, 27, 29, 30, 31, 32, 188

## R

Rejeitos 147, 148, 149, 150, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Resíduos 64, 67, 81, 95, 96, 116, 117, 122, 135, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 148, 154, 165, 166

## S

Sociedade 5, 6, 9, 13, 28, 31, 50, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 71, 72, 73, 79, 80, 83, 93, 147, 172, 175, 188

Solo 4, 72, 84, 91, 97, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 171, 178

Sustentabilidade 12, 16, 26, 27, 32, 33, 37, 38, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 81, 87, 94, 98, 114, 122, 124, 135, 147, 156, 163, 172, 188, 191

## T

Telhados Inteligentes 26, 27, 32

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**