

ORGANIZAÇÃO  
DÉBORA BATISTA PINHEIRO SOUSA  
ANA PAULA DE MELO E SILVA VAZ

**ANAIS DA**  
**III SEMEAE**   
SEMANA DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANAIS DA III SEMEA – SEMANA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**



## Universidade Federal do Maranhão

**Reitor** Prof. Dr. Natalino Salgado Filho  
**Vice Reitor** Prof. Dr. Marcos Fábio Belo Matos



**EDUFMA** Editora da UFMA

**Diretor** Prof. Dr. Sanatiel de Jesus Pereira

**Conselho Editorial** Prof. Dr. Luís Henrique Serra  
Prof. Dr. Elídio Armando Exposto Guarçoni  
Prof. Dr. André da Silva Freires  
Prof. Dr. José Dino Costa Cavalcante  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Diana Rocha da Silva  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Gisélia Brito dos Santos  
Prof. Dr. Marcus Túlio Borowiski Lavarda  
Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da Silva  
Prof. Dr. Márcio James Soares Guimarães  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosane Cláudia Rodrigues  
Prof. Dr. João Batista Garcia  
Prof. Dr. Flávio Luiz de Castro Freitas  
Bibliotecária Dr<sup>ª</sup>. Suênia Oliveira Mendes  
Prof. Dr. José Ribamar Ferreira Junior



Associação Brasileira  
das Editoras Universitárias

Associação Brasileira das Editoras Universitárias

Débora Batista Pinheiro Sousa  
Ana Paula de Melo e Silva Vaz  
(Organizadoras)

**ANAIS DA III SEMEA – SEMANA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

São Luís



**EDUFMA**

2023

Copyright © 2023by EDUFMA

**Projeto gráfico, diagramação e capa** Willia Amorim da Costa  
**Revisão** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Débora Batista Pinheiro Sousa  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Paula de Melo e Silva Vaz  
**Ilustração** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Débora Batista Pinheiro Sousa  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Paula de Melo e Silva Vaz

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Anais da III SEMEA - Semana de Engenharia Ambiental. [Recurso eletrônico]. / Organização: Débora Batista Pinheiro de Sousa, Ana Paula de Melo e Silva Vaz. – São Luís: EDUFMA, 2023.

103p.

ISBN: 978-65-5363-175-5

1. Engenharia – Ciência - Tecnologia. 2. Engenharia – Inovação. 3. Engenharia – Empreendedorismo. I. Sousa, Débora Batista Pinheiro. II. Vaz, Ana Paula de Melo e Silva.

CDU: 628:504

CDD: 628

---

Elaborada pela bibliotecária Maria da Consolação Coelho Rocha CRB-13/604

**EDUFMA | EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

**Av. dos Portugueses 1966 | Vila Bacanga CEP: 65080-805 | São Luís | MA |**

**Brasil Telefone: (98) 3272-8157.**

**www.edufma.ufma.br | edufma.sce@ufma.br**

## **ANAIS DA III SEMEA - SEMANA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

### **COORDENAÇÃO GERAL**

ProfaDra Débora Batista Pinheiro Sousa (UFMA)

### **COMISSÃO ORGANIZADORA**

ProfaDra Ana Paula de Melo e Silva Vaz (UFMA)

Prof. Dr. Diego Lima Medeiros (UFMA)

Prof. Dr. Claudio Luis de Araújo Neto (UFMA)

Prof. Dr. Jonatas da Silva Castro (UFMA)

Profa. Dra Juliana Bezerra Martins (UFMA)

Maria Ângela Cavalcante dos Santos (UFMA)

Warley Moraes Martins (UFMA)

### **COMISSÃO CIENTÍFICA**

ProfaDra Ana Paula de Melo e Silva Vaz (UFMA)

Prof. Dr. Anderson Alles de Jesus (UFMA)

ProfaDra Débora Batista Pinheiro Sousa (UFMA)

Prof. Dr. Diego Lima Medeiros (UFMA)

Prof. Dr. Claudio Luis de Araújo Neto (UFMA)

Prof. Dr. Edson Nunes Costa Parua (UFMA)

Prof. Dr. João Eduardo Ribeiro Baptista (UFMA)

Prof. Dr. Jonatas da Silva Castro (UFMA)

Profa. Dra Juliana Bezerra Martins(UFMA)

Prof. Dr Osmar Pedrochi Junior (UFMA)

Prof. Dr. Pedro Bezerra Leite Neto (UFMA)

Prof. Dr. Raimundo Nonato Diniz Costa Filho (UFMA)

Profa. Dra Regina Maria Mendes Oliveira (UFMA)

Profa. Ma. Wanda Batista de Jesus (IEMA)

## AGRADECIMENTOS

Os anais da III SEMEA - Semana de Engenharia Ambiental é uma experiência compartilhada entre autores(as) de Empresas, da Universidade Federal do Maranhão, Universidade Estadual do Maranhão, Instituto Federal do Maranhão e Universidade Ceuma. Dessa forma, agradecemos a valiosa e profunda contribuição de todos os docentes, discentes e pesquisadores maranhenses que tornaram possível esta publicação.

Nosso agradecimento, em especial, se direciona:

- A Fundação de Amparo e Pesquisa do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAPEMA) e a AGROSERRA pelo apoio financeiro para a realização da III SEMEA - Semana de Engenharia Ambiental;
- Aos docentes, discentes, servidores técnicos-administrativos e terceirizados vinculados à Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Engenharia Elétrica e Engenharia Civil do Centro de Ciências de Balsas pelo apoio e participação na III SEMEA.
- A bibliotecária Maria da Consolação Rocha do Centro de Ciências de Balsas (CCBL) pelo apoio no processo de indexação da obra.

Profª Dra. Débora Batista Pinheiro Sousa  
Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental (CCEA)  
Centro de Ciências de Balsas (CCBL)  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Profª Dra. Ana Paula de Melo e Silva Vaz  
Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental (CCEA)  
Centro de Ciências de Balsas (CCBL)  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

## SUMÁRIO

<b>BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL DE UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA DE CAROÇO DO AÇAÍ NA GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA. ....</b>	<b>08</b>
<i>Edvander Prudente de Almeida</i>	
<i>Thaís Cristina do Nascimento Viana</i>	
<i>João Pedro Mesquita Oliveira</i>	
<i>Ana Beatriz de Almeida Oliveira</i>	
<b>APLICAÇÃO DO ALGORITMO ALO NA SOLUÇÃO DO DESPACHO ECONÔMICO E AMBIENTAL. ....</b>	<b>16</b>
<i>Marina da Silva Miranda</i>	
<i>Millena Marinho Rocha</i>	
<i>Raimundo Nonato Diniz Costa Filho</i>	
<b>ANÁLISE DO SANEAMENTO BÁSICO NA MICRORREGIÃO CHAPADAS DAS MANGABEIRAS NO ESTADO DO MARANHÃO BRASIL. ....</b>	<b>24</b>
<i>Cecília Rego dos Santos</i>	
<i>Ellen Raissa Lima Passos</i>	
<i>Amanda Paiva Farias</i>	
<i>Cláudio Luis de Araújo Neto</i>	
<b>DISPONIBILIDADE ENERGÉTICA A PARTIR DE FONTES SOLAR FOTOVOLTAICA E BIOMASSA NO SUL DO MARANHÃO. ....</b>	<b>32</b>
<i>Millena Marinho Rocha</i>	
<i>Pedro Bezerra Leite Neto</i>	
<b>PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DA SOJA. ....</b>	<b>40</b>
<i>Hermon de Sousa Lima</i>	
<i>Aderlanio da Silva Cardoso</i>	
<b>ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE UMA ÁREA TERRITORIAL DA CIDADE DE BALSAS: AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA. ....</b>	<b>49</b>
<i>Luana Lourenço de Araújo</i>	
<i>Ana Paula de Melo e Silva Vaz</i>	

<b>OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 16 E A REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA JUSTIÇA FEDERAL DO MARANHÃO: ANÁLISE DO ANO-BASE 2020 .....</b>	<b>56</b>
<i>Erica de Sousa Costa</i>	
<i>Ana Paula de Melo e Silva Vaz</i>	
<b>LEVANTAMENTO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO ENTORNO RIO BALSAS DENTRO DO PERÍMETRO URBANO DE BALSAS - MA: UMA ANÁLISE AVALIATIVA DA DELIMITAÇÃO E ÁREA DA APP .....</b>	<b>62</b>
<i>Marcos Vinicius Elias Martins</i>	
<i>Girllany Moreira Mendes</i>	
<b>BIOMARCADORES HISTOPATOLÓGICOS NA ESPÉCIE <i>Pimelodus</i> sp. NA BACIA DO RIO PARNAÍBA NO MUNICÍPIO DE TASSO FRAGOSO-MA .....</b>	<b>71</b>
<i>TaílaLorrane da Silva Brito</i>	
<i>Rayssa Guimarães Rosa</i>	
<i>Maria de Jesus Cavalcante</i>	
<i>Débora Batista Pinheiro Sousa</i>	
<i>Jonatas da Silva Castro</i>	
<b>DIAGRAMA DE CARTER-PENROSE: UMA ABORDAGEM CONFORME DE INFINITOS .....</b>	<b>80</b>
<i>Ramon da Conceição Alencar</i>	
<i>Madson Rubem Oliveira Silva</i>	
<b>ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS E TRATAMENTOS DE FÁRMACOS EM EFLUENTES PRESENTES EM DIVERSAS MATRIZES AQUÁTICAS: UMA REVISÃO .....</b>	<b>88</b>
<i>Carlos Daniel Nazareno Ferrão</i>	
<i>Maria de Jesus Cavalcante dos Santos</i>	
<i>Itaelma Gomes dos Santos</i>	
<i>Pedro Augusto Pimentel de Vasconcelos</i>	
<i>Jonatas da Silva Castro</i>	
<i>Débora Batista Pinheiro Sousa</i>	

## BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL DE UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA DE CAROÇO DO AÇAÍ NA GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA

Edvander Prudente de Almeida<sup>1\*</sup>; Thaís Cristina do Nascimento Viana<sup>2</sup>; João Pedro  
Mesquita Oliveira<sup>2</sup>; Ana Beatriz de Almeida Oliveira<sup>2</sup>

Email: [edvanderprudente@yahoo.com.br](mailto:edvanderprudente@yahoo.com.br)

<sup>1</sup>Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão

<sup>2</sup>Coordenação do Curso de Química Industrial, Centro de Ciências Exatas e  
Tecnológicas Universidade Federal do Maranhão

**Palavras-Chave:** Bioenergia; Combustível; Potencial Energético.

### Introdução

No contexto mundial de alta demanda de energia e combustível, surge a necessidade de buscar alternativas e incorporar processos mais sustentáveis baseados em fontes renováveis. A energia de biomassa, denominada bioenergia, é apontada como uma das fontes mais promissoras em substituição aos combustíveis fósseis e derivados de petróleo. No Brasil, cerca de 45% da matriz energética é oriunda de fontes renováveis, tornando-o um dos maiores exemplos de sustentabilidade energética no mundo. Isso porque sua extensão é composta por vários biomas e abriga uma diversidade de espécies (EICHLER et al., 2022).

Essa riqueza natural associada às condições edafoclimáticas favoráveis possibilitam uma gama de culturas energéticas, dando destaque aos resíduos de cadeias produtivas do país com potencial bioenergético, tais como capim elefante, bagaços de milho, casca de arroz, bagaço de soja, cavaco de bambu, cavaco de eucalipto, entre outros (PERIN; MARTINS; GUERRA, 2009).

A atividade comercial associada ao açaí é uma importante fonte de renda para as comunidades da região norte e nordeste (RODRIGUES *et al.*, 2015). No Brasil, o processo de beneficiamento dos frutos de açaí gera, por ano, aproximadamente 161.813 toneladas de resíduos, sendo que o estado do Maranhão é responsável pela produção de 13.490 toneladas anualmente. Em seus estudos, Silva et al. (2004) observaram que o formato desse fruto e suas



características energéticas possibilitam a transformação desse resíduo em biocombustível e pode ser aproveitado para geração de energia. A utilização dessa biomassa como fonte de energia agrega valor à cadeia produtiva do açaí, pois aproveita os resíduos do extrativismo e reduz os impactos ambientais gerados por seu descarte inadequado (SILVA, 2021). Além disso, contribui para a matriz energética brasileira, diminui gases do efeito estufa, aumenta a geração de renda nas comunidades e reduz custos do processo (QUIRINO, 2003).

Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de realizar a caracterização química, física e térmica dos caroços de açaí oriundos do município de São Luís – MA, a fim de avaliar seu potencial energético e a viabilidade de aplicação desses resíduos como gerador de energia térmica em processos industriais.

## Materiais e Métodos

As amostras do caroço de açaí, fruto da *Euterpe oleracea*, são originárias do município de São Luís, no estado do Maranhão, e foram encaminhadas para o laboratório onde seguiu para as análises previamente estabelecidas. Para determinação da umidade das amostras de caroço de açaí foi utilizada balança analítica de precisão, com sensibilidade de  $\pm 0,01g$ , para determinação das massas das amostras, e uma estufa com circulação de ar, a  $102 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ , para realização das secagens delas.

Para determinação do teor de cinza do material foi realizado os ensaios conforme estabelecidos pela norma ABNT NBR 16586:2017, no ensaio foi realizada a gravimetria com o cadinho para determinação da massa inicial, logo em seguida a amostra foi homogeneizada e pesada uma quantidade de 1g e após esta etapa, o cadinho com amostra seguiu para o forno mufla a temperatura de  $775 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$  onde ficou pelo período mínimo de 2h, até alcançar a combustão completa, e por fim o cadinho foi retirado e posto sobre uma placa refratária até perder a coloração rubra e em seguida foi pesado para determinação da massa final.

A granulometria do material foi determinada utilizando as peneiras com aberturas de 6,3 mm, 12,5 mm e 25,0 mm. Para quantificar o poder calorífico inferior foi utilizada a metodologia estabelecida pelo DIN 51900, conforme especificado pelo fornecedor. Para determinação da densidade sólida aparente do material utilizou-se o método estereométrico, no qual o material teve a sua massa determinada em balança de sensibilidade igual a  $10^{-2} g$  e seu volume através da determinação das dimensões da amostra.

Já o teste de determinação da eficiência energética do caroço de açaí teve duração de 8h e foram coletadas informações técnicas sobre os parâmetros do funcionamento do gerador de gás quente e eficiência em queima, as coletas foram realizadas em um intervalo de tempo de 60 minutos. O sistema de alimentação do gerador de gás quente é automatizado e registra os dados da leitura em tempo real, informando parâmetros da unidade de abastecimento (t/h), temperatura de fornalha (°C), depressão da fornalha (mmca) e demais dados operacionais.

## Resultados e Discussão

Os ensaios realizados buscavam caracterizar os caroços de açaí (Figura 1) na condição *in natura* a fim de avaliar seu potencial bioenergético. No Quadro 1 são apresentados os resultados de teor de umidade (TU), teor de cinzas (TC), poder calorífico útil (PCU), poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) e densidade sólida aparente, enquanto a análise granulométrica é avaliada no Gráfico 1.

**Figura 1** – Caroços de Açaí.



Fonte: Autores (2022).

O teor de umidade obtido neste estudo foi equivalente a 14,51%, resultado inferior aos obtidos por Nagaishi (2007) e Silva (2021) em seus trabalhos sobre a biomassa de açaí, que foram 43,57% e 22,63%, respectivamente. Essa diferença é consequência das condições climáticas nas regiões em que seus materiais foram coletados. Em contrapartida, os teores de

cinza apresentados pelas autoras citadas, 1,87% e 1,47%, foram próximos aos determinados neste estudo, onde o TC foi de 1,73%.

**Quadro 1** - Dados obtidos do caroço de açaí *in natura*.

Característica	Resultado
Teor de umidade (TU)	14,51 %
Teor de cinzas (TC)	1,73%
Poder Calorífico Superior (PCS)	4.561 kcal/kg
Poder Calorífico Inferior (PCI)	4.237 kcal/kg
Poder Calorífico Útil (PCU)	3.535 kcal/kg
Densidade Sólida Aparente	1.000 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pelos autores.

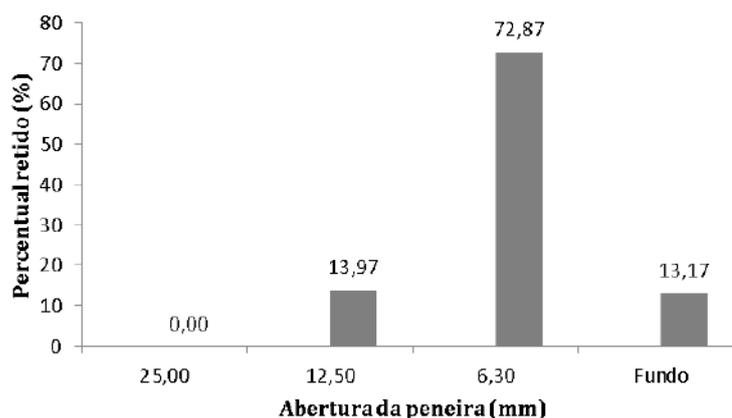
A caracterização térmica do caroço de açaí compreendeu a determinação do poder calorífico da biomassa. O resultado do PCS, PCI e PCU da biomassa foram, respectivamente, 4.561 kcal/kg, 4.237 kcal/kg e 3.535 kcal/kg. Silva (2021) em sua dissertação sobre o caroço de açaí como alternativa bioenergética obteve resultados de PCS (4.558 kcal/kg), PCI (4.234 kcal/kg) e PCU (3.341 kcal/kg) muito aproximados ao do presente estudo com um TU de 22,63%. Já o resultado da densidade sólida aparente foi equivalente a 1.000 kg/m<sup>3</sup>, apenas 4,14% menor que o obtido por Silva (2021).

A biomassa apresentou um teor de umidade abaixo do observado na literatura e, conseqüentemente, um maior poder calorífico resultante, haja vista que são inversamente proporcionais de acordo com Foelkel (2016). Isso influencia positivamente a geração de energia e garante que não seja necessário tratamento prévio de secagem da biomassa.

O Gráfico 1 apresenta a distribuição das partículas após análise granulométrica. Os resultados mostram que a maior porcentagem (72,87%) do material ficou retida na peneira de 80

mesh com abertura de 6,30 mm. A concentração elevada em determinada peneira indica boa uniformidade dos caroços de açaí, característica que favorece o potencial energético.

**Gráfico 1** – Distribuição das partículas de caroço de açaí *in natura*.



Fonte: elaborado pelos autores.

## Conclusões

Os resultados obtidos na caracterização da biomassa do açaí *in natura* foram satisfatórios no que tange a aplicação desse material como insumo energético. A partir dos ensaios químicos e físicos aplicados ao material, pode-se inferir que o caroço contém boas características para aplicação como combustível em função de seu baixo teor de cinzas, baixo teor de umidade, poder calorífico ideal e densidade sólida aparente favorável. Isso significa que a energia armazenada pelo material é apropriada para fins energéticos em concordância com os valores obtidos para biomassa de açaí em pesquisas anteriores.

Em síntese, as características energéticas obtidas neste trabalho corroboram com os descritos pela literatura e propiciam um elevado potencial energético, fator que possibilita a utilização do caroço de açaí como fonte de energia na forma de calor. Esse estudo de desempenho de biomassa residuária como combustível sólido é uma alternativa sustentável que contribui para o melhor aproveitamento energético regional e diminuição da utilização de fontes de energia não renováveis.

## Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). ABNT NBR 16586: **Método de ensaio para determinação do teor de cinzas**. ABNT: 2017.

ÇENGEL, Y. & BOLES, M. **Thermodynamics An Engineering Approach**. 2006. McGraw-Hill Book Company, 5th Edition.

CONAB. **Análise Mensal Açaí fruto**. 2019. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai/item/download/25312\\_2335ac0327e2c3b9ea5997c46bea0b09/#:~:text=A%20regi>](https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai/item/download/25312_2335ac0327e2c3b9ea5997c46bea0b09/#:~:text=A%20regi>)  
Acesso em 18 de novembro de 2022.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 51900: **Determining the gross calorific value of solid and liquid fuels using the bomb calorimeter, and calculation of net calorific value**. Berlim, 2000.

EICHLER, P.; MACHADO, G.; SANTOS, F. *et al.* **Bioprocessos e Biotecnologia**. Organização: Kernet *et al.* Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2022, 1-2p.

FOELKEL, C. **Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade**.

Eucalyptus Online Book & Newsletter: Biomassa Florestal & Florestas Energéticas, 2016.



GOMES, P.; OLIVEIRA, J. **Teoria da carbonização da madeira**. In: PENEDO, W. R. Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte - MG, CETEC – Centro Tecnológico de Minas Gerais, p. 27 - 41, 1980.

JUVILLAR, J. **Tecnologia de Transformação da Madeira em Carvão**. 1980. CETEC, Belo Horizonte.

LIMA, E.; ABDALA, E.; WENZEL, A. **Influência da umidade no poder calorífico superior da madeira**. Recomendações Técnicas - Colombo: Embrapa Florestas, 2008. Disponível em <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/44878/1/com\\_tec220.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/44878/1/com_tec220.pdf)> Acessado em 11 de novembro de 2022.

NAGAISHI, T. Y. R. **Açaí (Euterpe oleracea Mart): extrativismo, características, energia e renda em uma comunidade na ilha de Marajó/PA**. 2007. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia.

NOGUEIRA, M. **Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa**. 2007. Palestra Proferida na I Escola de Combustão. Florianópolis - SC.

PERIN, M.; MARTINS, G.; GUERRA, S. *et al.* **Novas trajetórias energéticas**. Santo André, SP: Guerra, 2009, 118p.

QUIRINO, W.F. **Utilização Energética de Resíduos Vegetais**. Brasília: LPF/IBAMA, 2003.

RODRIGUES, E. RIBEIRO, S. SILVA, F. **Influência Da Cadeia Produtiva Do Açaí (Euterpe Oleraceae Mart.) Na Geração De Renda E Fortalecimento De Unidades Familiares De Produção, Tomé Açu-Pa**. 2015. Artigo. Observatorio de La Economía Latinoamericana.

SANTOS, G.; CATUNDA, T.; TAVARES, Q.; LOPES, A.; TRAVASSOS, F. **Potencial de Aproveitamento do Resíduo de Açaí no Município de Labrea - AM**. Artigo. Congresso Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2019.

SCHIRMER, W. et al. **Caracterização de biomassa residual de fábrica de papel-cartão para aproveitamento energético.** 2017. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, [s.l.], v. 10, n. 4, p.1113-1113. Centro Universitário de Maringá.

SILVA, I.; ALMEIDA, A.; MONTEIRO, H.; SILVA, I.; ROCHA, R. **Uso do Caroco de Açaí como Possibilidade de Desenvolvimento Sustentável do Meio Rural, da Agricultura Familiar e de Eletrificação Rural no Estado do Pará.** E. Meio - editor, 2004.

SILVA, K. BIANCHINI, B. **Influência do Teor de Umidade e Teor De Cinzas Na Geração De Energia Térmica De Serragem.** In: Revista Gestão e Sustentabilidade ambiental. Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 692-702, mai. 2020.

SILVA, Tahare Ferreira e. **Caroco de Açaí: Uma Alternativa Bioenergética.** 2021. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Universidade de Brasília.

## APLICAÇÃO DO ALGORITMO ALO NA SOLUÇÃO DO DESPACHO ECONÔMICO E AMBIENTAL

Marina da Silva Miranda<sup>1\*</sup>; Millena Marinho Rocha<sup>1</sup>; Raimundo Nonato Diniz Costa Filho<sup>2</sup>

*marina.miranda@discente.ufma.br<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

<sup>2</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Poluição ambiental; Minimização de custos; ALO.



## Introdução

À medida que a crise energética e as questões climáticas estão se tornando cada vez mais evidentes, a melhoria da eficiência da utilização de energia, o custo de operação, bem como a redução da emissão de gases de efeito estufa, tem se tornado uma questão cada vez mais acentuada para toda a indústria de energia e nos centros de pesquisas, chamando atenção para a otimização diária da operação dos sistemas de energia elétrica.

Operar sob qualquer situação climática, e em um curto espaço de tempo representa o grande diferencial da implantação de uma termelétrica, trazendo assim o atendimento da demanda energética, contribuindo com a expansão do sistema de geração de energia. Dentre os combustíveis fósseis mais utilizados nas termelétricas, o carvão se destaca por ser a maior fonte de geração de eletricidade (WANG; SINGH, 2007) e consequentemente o responsável pela maior fonte individual de emissões de CO<sub>2</sub> (IEA, 2022). A matriz energética global depende principalmente de usinas de combustível fóssil, as quais são uma das principais fontes de emissão de gases poluentes atmosféricos (IEA, 2022).

A minimização do custo de geração oriunda de termelétricas pode ser efetivada através de uma estratégia de otimização chamada Despacho Econômico (DE), sendo assim, é traçado a redução de custos de combustível, alocando de forma aperfeiçoada a geração de cada usina, e fornecendo a carga requerida pelo sistema elétrico. Contudo, ao introduzir questões ambientais na operação das usinas, o Despacho Ambiental (DA) é um método de planejamento de curto prazo que objetiva reduzir a quantidade de emissão de poluentes na atmosfera (Benalcazar et al., 2019).

Dessa forma, medidas têm sido tomadas para mitigar os impactos ambientais causados por usinas termelétricas, entretanto, há um desbalanceamento entre a geração de energia elétrica e as emissões de gases poluentes, uma vez que essas variáveis são proporcionais, o conflito *trade-off* é gerado. Nesse âmbito, algumas estratégias foram traçadas para abrandar tanto o custo de produção quanto a emissão de poluentes durante a geração de energia elétrica, dentre as mais utilizadas, o Despacho Econômico e Ambiental (DEA) se sobressai, pois, nesta técnica o modelo estocástico é aplicado garantindo a confiabilidade, agilidade e assertividade na tomada de decisões. Neste trabalho foi utilizado a técnica denominada Otimização da Formiga-Leão (no inglês, *Ant Lion Optimizer- ALO*), método eficaz em testes de otimização, do tipo metaheurística desenvolvido pelo pesquisador SeyedaliMirjalili em 2015 (Mirjalili, 2015)

## Material e Métodos

- **Despacho Econômico e ambiental**

Matematicamente, o problema de despacho econômico, pode ser descrito com uma função objetivo e duas restrições, uma de igualdade e outra de desigualdade (Wood, 1996; Zhu, 2009):

$$F_T = \sum_{i=1}^{Ng} F_i(P_{Gi}) = \sum_{i=1}^{Ng} (a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i) \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{Ng} P_{Gi} = P_D \quad (2)$$

$$P_{Gi}^{min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{max} \quad (3)$$

Onde a equação (2) representa as restrições de igualdade do balanço de potência, enquanto a expressão (3) representa as restrições de desigualdade relativas aos limites da capacidade de geração de potência ativa de cada unidade geradora. Em que:  $N_g$  é o número de geradores no sistema,  $a_i$ ,  $b_i$  e  $c_i$  são os coeficientes econômicos da unidade  $i$ ,  $F_T$  é a função total do custo de combustível e  $P_D$  é a demanda de carga total. As perdas no sistema de transmissão foram desprezadas no referido artigo.

O problema de despacho ambiental, discutido neste trabalho, pode ser descrito matematicamente com uma função objetivo (4) e sujeito às restrições (2) e (3) (Palanichamy, 2008):

$$E_T = \sum_{i=1}^{Ng} E_i(P_{Gi}) = \sum_{i=1}^{Ng} (d_i P_{Gi}^2 + e_i P_{Gi} + f_i) \quad (4)$$



Onde  $E_T$  é a emissão total de poluentes (kg/h),  $P_{Gi}$  é a geração da unidade  $i$  (MW),  $d_i$ ,  $e_i$  e  $f_i$  são os coeficientes de emissão de poluentes da unidade  $i$  e  $N_g$  é o número de geradores.

Pode-se realizar a conversão do problema multiobjetivo do DEA em um problema de otimização escalar pela utilização do fator de conversão  $h_i$  (Palanichamy, 2008). Assim, podendo ser formulado de forma acurada segundo a equação (5) (Bayón, 2012). Ademais, a resolução neste trabalho do problema DEA foi solucionada por meio da adoção do método de ponderação inserindo o fator  $\delta$  na função objetivo. Para cada peso  $\delta$  fornece-se uma única solução na curva de Pareto (Zavala, 2012).

$$f = (\delta F_T + (1 - \delta)h_i E_T) \quad (5)$$

- **ALO**

A metaheurística ALO é inspirada no comportamento de caça das formigas-leão, em específico no aprisionamento de pequenos insetos, pois para capturá-los em armadilhas são construídas no formato de cone invertido. Neste algoritmo há quatro operações principais definidas: (1) Aprisionamento das formigas em armadilhas, (2) Caminho aleatório das formigas, (3) Elitismo e (4) Captura das presas (Mirjalili, 2015), (Chen et al., 2017), (Costa Filho, 2021).

- Aprisionamento das formigas em armadilhas

Para o modelo matemático do comportamento do aprisionamento das formigas em armadilhas, o ALO utiliza as Equações (6) e (7) (Mirjalili, 2015).

$$c^t = \frac{c^t}{I} \text{ e } d^t = \frac{d^t}{I} \quad (6)$$

$$I = 10^w \frac{t}{T} \quad (7)$$

Onde  $t$  é a iteração corrente,  $T$  é o máximo número de iterações,  $w$  é uma constante que depende da iteração corrente ( $w = 2$ , quando  $t > 0,1T$ ;  $w = 3$ , quando  $t > 0,5T$ ;  $w = 4$ , quando  $t > 0,75T$ ;  $w = 5$ , quando  $t > 0,9T$  e  $w = 6$ , quando  $t > 0,95T$ ).

➤ Caminho Aleatório (*RandomWalk*) das formigas

Uma vez que as formigas se movem de maneira estocástica, o modelo matemático que traça as possíveis rotas dos insetos é definido por (8) (Mirjalili, 2015).

$$X(t) = [0, cs(2r(t_1) - 1), \dots, cs(2r(t_N) - 1)] \quad (8)$$

Onde  $cs$  é a soma cumulativa,  $N$  é o número máximo de iterações e  $r(t)$  é definido por (9).

$$r(t) = \{1, \text{ se } rand > 0,50, \text{ se } rand \leq 0,5 \quad (9)$$

Onde  $rand$  é um número aleatório no intervalo  $[0, 1]$ .

Dessa forma, para manter o passeio aleatório dentro do espaço de busca, os mesmos são normalizados utilizando (10).

$$X_i^{t+1} = \frac{(X_i^t - a_i)(d_i^t - c_i^t)}{b_i - a_i} + c_i^t \quad (10)$$

Onde  $a_i$  e  $b_i$  são o passeio aleatório mínimo e máximo da  $i^{th}$  variável, respectivamente;  $c_i^t$  e  $d_i^t$  são o mínimo e máximo da variável  $i$  na  $t^{th}$  iteração, ao qual são definidos por (11).



$$\{c_i^t = Antlion_j^t + c^t d_i^t = Antlion_j^t + d^t \quad (11)$$

Onde  $c^t$  representa o menor valor de todas as variáveis na  $t^{th}$  iteração,  $d^t$  representa o maior valor de todas as variáveis na  $t^{th}$  iteração e  $Antlion_j^t$  representa a posição da  $j^{th}$  formiga-leão selecionada na  $t^{th}$  iteração.

#### ➤ Elitismo

No decorrer das iterações, a melhor formiga-leão (aquela que apresenta o melhor *fitness*) deve ser preservada para garantia da solução (pode ser o ótimo local ou global). A formiga-leão elite pode afetar o movimento de todas as formigas em cada iteração, assim como uma formiga-leão selecionada através de uma roleta. A posição das formigas a cada iteração é atualizada por (12) (Mirjalili, 2015).

$$Ant_i^t = \frac{R_A^t + R_E^t}{2} \quad (12)$$

Onde  $R_A^t$  representa o passeio aleatório em torno da formiga-leão selecionado pela roleta na  $t$  iteração e  $R_E^t$  representa o passeio aleatório em torno da elite na  $t$  iteração.

#### ➤ Captura das Presas

O procedimento de captura das presas ocorre quando uma formiga tem o *fitness* maior do que a correspondente formiga-leão (Mirjalili, 2015), conforme a expressão (13):

$$Antlion_j^t = Ant_i^t \text{ se } f(Ant_i^t) < f(Antlion_j^t) \quad (13)$$

Onde  $Ant_i^t$  indica a posição da  $i^{th}$  formiga na  $t^{th}$  iteração e  $f(\blacksquare)$  denota a função que calcula o *fitness*.

O procedimento simplificado do ALO é apresentado na Figura 1.

**Figura 1.** Pseudocódigo do algoritmo ALO.

---



---

Inicializar a população de formigas ( $Ant_i$ ) e formigas-leão ( $Antlion_i$ ) de maneira aleatória.  
 Calcular  $f(Ant_i)$  e  $f(Antlion_i)$  com  $i = 1, 2, \dots, N$ .  
 Encontrar a melhor formiga-leão e atribuí-la como a elite ( $Antlion^*$ ).  
**Enquanto** ( $t \leq T$ )  
   **Para** cada formiga  
     Selecionar uma formiga-leão usando a roleta.  
     Atualizar  $c$  e  $d$  usando (6) e (7).  
     Criar um passeio aleatório (8)-(11)  
     Atualizar a posição das formigas usando (12).  
   **Fim Para**  
   Calcular o *fitness* de todas as formigas.  
   Atualizar a posição das formigas-leão (13).  
   Atualizar a formiga-leão elite.  
    $t = t + 1$   
**Fim Enquanto**  
 Retornar a formiga-leão elite ( $Antlion^*$ ).

---



---

## Resultados

Para aplicação do algoritmo ALO foi utilizado um sistema elétrico teste composto de 6 unidades térmicas. Os dados econômicos e ambientais das unidades térmicas foram retirados de (Bayón, 2012). O tamanho da população e o número máximo de iterações foram 100 e 300, respectivamente. Os resultados obtidos com o algoritmo ALO foram simulados em Matlab e comparados com os alcançados pela referência (Bayón, 2012). Na citada referência, a solução encontrada do problema DEA é a exata e, portanto, uma boa referência para comparação de resultados. Quando  $\delta=1$ , o problema do DEA equivale a minimizar o custo de geração. Em contrapartida, quando  $\delta=0$ , o DEA consiste em minimizar o custo de emissão de poluentes. Pela comparação apresentada na Tabela 1, observa-se que a solução do algoritmo ALO aproxima-se

bastante com a solução exata. Ademais, o tempo computacional que o algoritmo ALO levou para encontrar a solução do problema DEA foi de aproximadamente 3,1 segundos.

**Tabela 1.** Resultados obtidos pelo ALO.

Item		Solução Exata		ALO	
		Menor Custo ( $\delta=1$ )	Menor Emissão ( $\delta=0$ )	Menor Custo ( $\delta=1$ )	Menor Emissão ( $\delta=0$ )
Unidade de Geração (MW)	1	32,497	116,993	28,687	109,856
	2	10,816	116,993	26,969	130,577
	3	143,646	135,694	162,453	133,655
	4	143,032	135,694	106,816	137,508
	5	287,104	197,313	279,451	195,945
	6	282,905	197,313	295,596	192,426
Custo Total (\$/h)		45.463,492	48.051,3	45.552,709	48.219,525
Custo de Emissão (kg/h)		795,019	646,128	798,945	647,245

## Conclusões

Neste trabalho foi apresentado a aplicação do algoritmo *Ant Lion Optimizer* (ALO) na solução do problema do Despacho Econômico e Ambiental (DEA) em sistemas elétricos. O referido problema foi aplicado em um sistema elétrico composto por seis unidades térmicas. Os resultados obtidos indicam que o algoritmo ALO possui uma boa exatidão, pois obteve resultados próximos à solução exata do DEA. Como trabalhos futuros será a aplicação do referido algoritmo na solução do problema DEA em sistemas elétricos testes de grande dimensão.

## Referências

BAYÓN, L. et al. The exact solution of the environmental/economic dispatch problem. **IEEE Transactionson Power Systems**, v. 27, n. 2, p. 723-731, 2012.

BENALCAZAR, P.; SAMPER, M. E.; VARGAS, A. Despacho econômico de curto prazo de redes de distribuição inteligentes considerando o papel ativo de veículos elétricos plug-in. **Pesquisa de Sistemas de Energia Elétrica**, v. 177, p. 105932, 2019.

BUSTOS, M. A G. El Debate Del Câmbio Climático II, nuevas propostas. Salamanca: Universidade de Salamanca, 2008.

CHEN, Z. et al. Parameter identification of integrated model of hydraulic turbine regulating system with uncertainties using three different approaches. **IEEE Transactionson Power Systems**, v. 32, n. 5, pp. 3482-3491, 2017.

COSTA FILHO, R. N. D. Algoritmo ALO modificado baseado em projeção vetorial. In: **Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente- SBAI**, 2021.

IEA. Coal-FiredElectricity. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/coal-fired-electricity>. Acessoem: 14 Nov. 2022.

MIRJALILI, S. The Ant Lion Optimizer. **Advances in Engineering Software**, v. 83, p. 80-98, 2015.

OLIVEIRA, K. W. R C. B. Uma Abordagem Evolutiva para o Despacho Econômico Considerando Zonas Proibidas e Aspectos Ambientais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2006



SOUZA, Márcio Augusto da Silva. Investigação e aplicação de métodos primal-dual pontos interiores em problemas de despacho econômico e ambiental. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2010.

PALANICHAMY, C; BABU, N. S. Analytical Solution for Combined Economic and Emissions Dispatch. **Electric Power Systems Research**, Vol. 78, No. 7, pp. 1129-11137, 2008

WANG, Lingfeng; SINGH, Chanan. Environmental/economic power dispatch using a fuzzified multi-objective particle swarm optimization algorithm. **Electric Power Systems Research**, v. 77, n. 12, p. 1654-1664, 2007.

WOOD, A. J. and Wollenberg, B. F. Power Generation, Operation and Control. London, UK: John Wiley & Sons, 1996.

ZAVALA, V. M. and Flores-Tlacuahuac, A. Stability of Multiobjective Predictive Control: A Utopia-Tracking Approach. **Automatica**, v. 48, n. 10, pp. 2627-2632, 2012.



## ANÁLISE DO SANEAMENTO BÁSICO NA MICRORREGIÃO CHAPADAS DAS MANGABEIRAS NO ESTADO DO MARANHÃO BRASIL

Cecília Rego dos Santos<sup>1\*</sup>, Ellen Raissa Lima Passos<sup>1</sup>, Amanda Paiva Farias<sup>2</sup> e Cláudio Luis de Araújo Neto<sup>3</sup>

E-mail: [cecilia.rego@discente.ufma.br](mailto:cecilia.rego@discente.ufma.br)

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba

<sup>3</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Panorama; água; esgoto; resíduos sólidos.

### Introdução

O Saneamento Básico é a fonte para a preservação do meio ambiente, além de prevenir doenças, melhorar a saúde e proporcionar uma boa qualidade de vida a uma população (TRATA BRASIL, 2021). Para qualquer país, o fornecimento de condições de vida adequadas é essencial para o bem-estar da sociedade não ter uma boa qualidade e eficiência nos serviços de saneamento básicos, que é direito determinado por lei, pode causar impactos direto à saúde.

Segundo o IBGE (2017), a adequação, e não só a existência, dos serviços de saneamento básico é fundamental para garantir condições dignas de habitação, preservação do meio



ambiente e redução da incidência de doenças. Água e esgotos residuais que não são tratadas adequadamente podem estar contaminadas com organismos patogênicos causadores de leptospirose, cólera, hepatites A e E, diarreias, verminoses e dermatites diversas, por exemplo.

As normas de referência para o ajustamento dos serviços públicos de saneamento básico contemplam os preceitos estabelecidos no inciso I do **caput** do art. 2º da Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) e são instituídas pela ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico de forma progressiva. Onde de acordo com Costa (2020, p. 06):

“De entre, do meio das muitas áreas de atuação do Estado, uma das mais relevantes e que requer maior atenção ao seu atendimento é, sem dúvida, a saúde. Mais especificamente, a prevenção e mitigação de riscos à saúde pública ligados à prestação inapropriada de serviços de saneamento básico urbano e rural, sendo estes: fornecimento de água, tratamento adequado de esgoto e gestão e manejo de resíduos sólidos”. (COSTA, 2020, p. 06)

Para Ribeiro e Rooke (2010, p.11) com o intuito de melhorar a saúde faz-se a aplicabilidade do Saneamento Básico, porém dentre as áreas rurais, municípios e localidades pequenas a dificuldade em relação a questões com os órgãos públicos atrasa a chegada dessa melhoria para essas localidades.

O Estado do Maranhão é um dos menos acompanhado no país em relação a fornecimento de água e em coleta de esgoto. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020) o atendimento com rede água para a população geral é de apenas 56,5%. Apenas 13,8% da população possui atendimento com rede de esgoto e a coleta domiciliar de resíduos sólidos é de 73% para a população geral. Sendo assim, é possível perceber que ainda há um percentual muito grande da população do Estado sem esse atendimento essencial. Tendo em vista este cenário, esse trabalho propõe elaborar um panorama do serviço de saneamento básico na Microrregião Chapadas das Mangabeiras, para melhor direcionamento das políticas públicas e assim garantir melhores condições de vida e saúde para o cidadão.

## Metodologia

A microrregião Chapadas das Mangabeiras é composta por oito municípios: São Raimundo das Mangabeiras; Fortaleza dos Nogueiras; Loreto; São Domingos do Azeitão;



Sambaíba; Benedito Leite; Nova Colinas; e São Félix de Balsas (CIDADE BRASIL, 2022). Localizada no Sul do Estado do Maranhão como mostra a Figura 1, tem uma área estimada de 16.779 km<sup>2</sup> e 72.320 habitantes (CIDADE BRASIL, 2022). Segundo Amaral et al. (2016, p.03) o clima da microrregião Chapadas das Mangabeiras é o tropical semiúmido, onde possui duas estações durante o ano, uma seca e a outra chuvosa.

Figura 1 - Microrregião Chapadas das Mangabeiras



Fonte: Wikipédia (2016).

Para coleta de dados utilizou-se a base de dados de Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2020) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

## Resultados

Conforme a pesquisa realizada, na Figura 2 é possível verificar os dados dos Indicadores de Água: hidromedição, índices de perdas na distribuição, atendimento urbano e atendimento total.

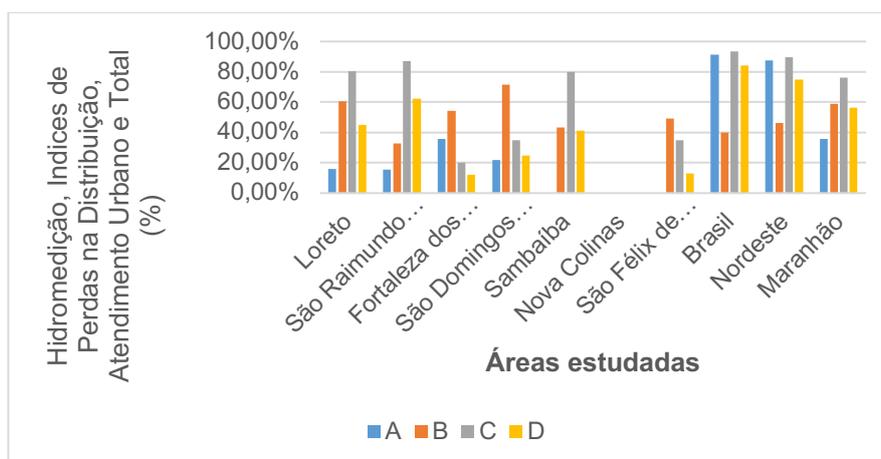


Figura 2: hidromedição (A), índices de perdas na distribuição (B), atendimento urbano (C) e atendimento total (D)

Conforme Figura 2, observa-se que é a hidromedição dos municípios de Loreto, São Raimundo das Mangabeiras e São Domingos do Azeitão, é inferior a 10%. O índice de perda na rede de distribuição de água está associado a diversos fatores, dentre eles a infraestrutura, carência de recursos técnicos, administrativos e financeiros (SANTI, CETRULO, MALHEIROS, 2018). Na mesorregião Chapadas das Mangabeiras os índices de perdas variaram de 30% a 60%, sendo o município de Loreto o maior índice de perda na distribuição com 60% e o município de São Raimundo das Mangabeiras com o menor índice com 30%. Quanto ao atendimento urbano de água, Fortaleza dos Nogueiras e São Félix de Balsas estão com as menores porcentagens, com 20% e 30% respectivamente, o que pode ocasionar uma má distribuição da água fazendo com que ela falte para algumas regiões da cidade ou que fique até mesmo sem atendimento (SNIS, 2020).

A Figura 3 apresenta dados dos indicadores de resíduos sólidos quanto a cobertura total e cobertura urbana

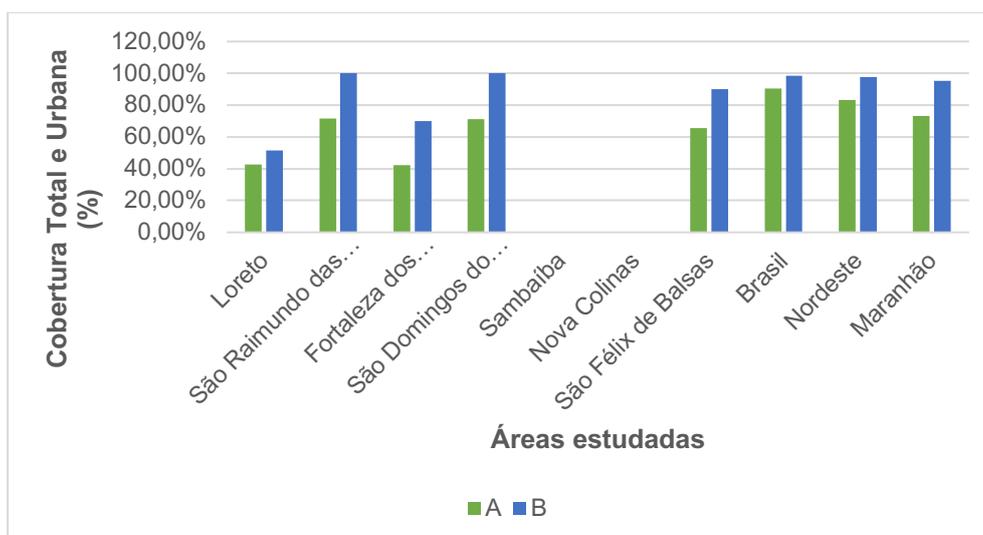


Figura 3: Cobertura Total (A) e Cobertura Urbana (B)

Com o passar do tempo o intuito de uma população é sempre crescer, com isso, conseqüentemente, há um crescimento na geração dos resíduos sólidos que será produzido por essa população. Esse crescimento pode gerar bastante impactos para o meio ambiente e saúde da população, e como mostra a Figura 3, a cobertura total e urbana de coleta no país é de 85% e 100%, respectivamente. Além disso, alguns municípios da mesorregião Chapadas das Mangabeiras apresentaram baixa porcentagem na cobertura total e urbana, como Loreto e Fortaleza dos Nogueiras, devido, provavelmente, a questões de infraestrutura. Os municípios de Sambaíba e Nova Colinas não apresentaram informações no SNIS (2020).

Na Figura 4 é possível verificar os dados dos indicadores de resíduos sólidos, massa coletada total e massa coletada urbana.

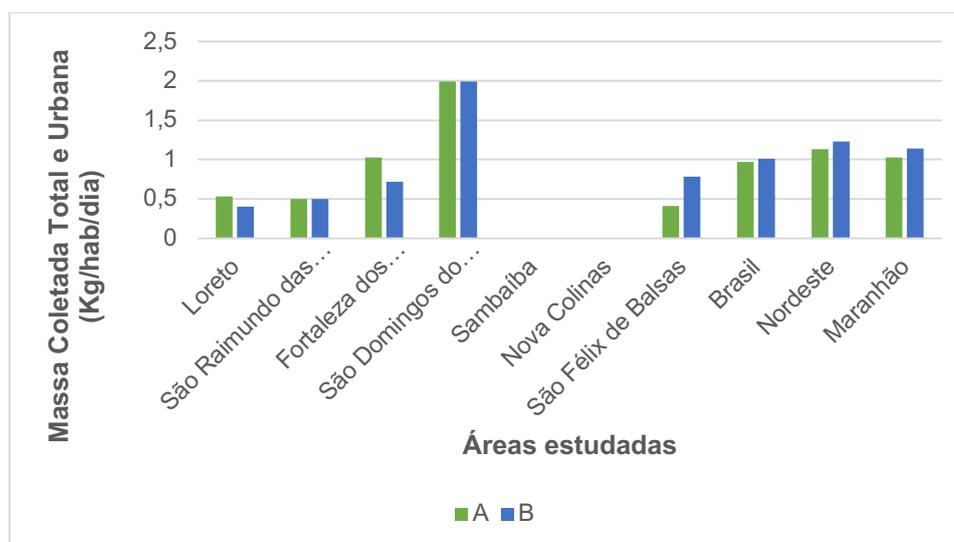


Figura 4: Massa Coletada Total (A) e Urbana (B)

A alta geração de resíduos sólidos é devido, em grande parte, ao consumismo. A coleta da massa total e urbana dos resíduos sólidos do município São Domingos do Azeitão apresentou uma maior massa coletada de 2 Kg/hab/dia e Loreto e São Félix de Balsa menores massas total e urbana de 0,5 e menos de 0,5 Kg/hab/dia, respectivamente.

### Discussões e Conclusões

Conclui-se que em relação aos índices de perdas na distribuição da água nos municípios da microrregião Chapadas das Mangabeiras variam de 30% a 60%, sendo um dos principais fatores dessa perda a má infraestrutura. Quanto aos resultados dos resíduos sólidos para cobertura total e cobertura urbana mostram que o estado do Maranhão possui 80% e 100% de cobertura total e urbana, respectivamente, sendo porcentagens boas. Mas que os municípios da mesorregião, Loreto e Fortaleza dos Nogueiras tem uma carência quanto há cobertura total e urbana apresentando porcentagens baixas 40%. Quanto a massa coletada total e urbana a maior massa coletada foi de São Domingos do Azeitão de 2 Kg/hab/dia. Por fim, conclui-se que é preciso trabalhar mais o saneamento da microrregião Chapadas das Mangabeiras, procurando incluir programas como o Plano Municipal de Saneamento Básico (PSMB), que seguirá um tramite ideal para a melhoria do saneamento dos municípios.

## Referências

ABREU, Raphael Lorenzeto. **Ficheiro: Maranhão Micro Chapadas das Mangabeiras.svg**.

Wikipédia, 2006. Disponível em:

[https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Maranhao\\_Micro\\_ChapadasdasMangabeiras.svg](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Maranhao_Micro_ChapadasdasMangabeiras.svg).

Acesso em: 10 de Ago. De 2022.

AMARAL, Yuri Teixeira et al. **DISTRIBUIÇÃO BIOGEOGRÁFICA DA MESOREGIÃO SUL, MARANHÃO, BRASIL**. JournalofGeospatialModelling, vol.01, p. (01-06), 23 de novembro de 2016.

**BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 05 jan., 2007.

COSTA, Guilherme Cosme da. O uso de técnicas Big Data e Data Analytics em trabalhos de campo-estudo do caso do desenvolvimento de planos municipais de saneamento básico (PMSB) dos Estados do Maranhão e Espírito Santo. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama da Economia dos Municípios**. 2017, vol.04.6.26.

**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. SIDRA- Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2017.

**MICRORREGIÃO CHAPADAS DAS MANGABEIRAS**. CIDADE BRASIL, 2022, disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/microrregiao-das-chapadas-das-mangabeiras.html>. Acesso em: 28 de Set. 2022.

PEREIRA, Caroline Nascimento et al. **Boletim regional, urbano e ambiental. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA REGIÃO DO MATOPIBA**. IPEA, 2018. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8462/1/BRU\\_n18\\_Aspectos.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8462/1/BRU_n18_Aspectos.pdf). Acesso em: 10 de Ago. De 2022.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Juiz de Fora, MG**, v. 13, 2010.



SANTI, Aline Doria; CETRULO, Tiago Balieiro e MALHEIROS, Tadeu Fabrício. **INDICADORES DE PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE SANEAMENTO: DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE DE DADOS EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA.** Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

**TRATA BRASIL.** O que é saneamento. 2021. Disponível em:

<https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em: 11 de julh. 2022.

**UM GUIA ESSENCIAL PARA ENTENDER O SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL.** SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento, 2020, disponível em:

<http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 28 de Set. 2022.

## DISPONIBILIDADE ENERGÉTICA A PARTIR DE FONTES SOLAR FOTOVOLTAICA E BIOMASSA NO SUL DO MARANHÃO

**Millena Marinho Rocha<sup>1\*</sup>; Pedro Bezerra Leite Neto<sup>2</sup>**

*E-mail: millena.rocha@discente.ufma.br<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

<sup>2</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Disponibilidade energética; Energia solar fotovoltaica; Biomassa.

### Introdução

É inegável que o uso intenso dos combustíveis fósseis tem acarretado problemas ambientais como emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE), gerando a preocupação mundial em busca de uma matriz energética mais segura e sustentável (IEA, 2021). Neste quesito, fontes de energia como solar fotovoltaica e biomassa são alternativas promissoras em relação aos combustíveis fósseis convencionais (MANDELLI et al., 2016). No entanto, embora os benefícios do uso em larga escala das fontes renováveis de geração tenham se tornado cada vez mais evidentes, algumas características intrínsecas a este tipo de geração ainda podem representar desafios ao planejamento e à operação dos sistemas elétricos em que estas fontes estão inseridas.

No que se diz a respeito à inserção de fontes de geração nos sistemas elétricos atuais, um dos pilares a serem seguidos é a estabilidade do sistema, ou seja, as fontes de geração



devem ser capazes de fornecer energia de forma contínua e previsível, e para as fontes renováveis isso se torna um desafio pois o perfil de geração de fontes primárias é variável, não sendo uma característica compatível com o atendimento seguro às cargas do sistema elétrico.

Para superar o desbalanço entre a demanda e a oferta proporcionada pela geração renovável a hibridização de duas ou mais fontes de energia pode ser uma solução. Sendo assim, nesse contexto a operação de fontes híbridas de energia baseia-se na complementaridade das fontes renováveis. (NIXON, J. et al, 2012). Dentre as fontes de geração renováveis, a energia solar se destaca devido a sua alta disponibilidade no Brasil, principalmente na região Nordeste. Entretanto, por ser uma fonte de natureza renovável a energia solar possui propriedades como intermitência e aleatoriedade, indicando assim que o fornecimento do sistema de energia solar fotovoltaica está associado diretamente à irradiância solar disponível no local, limitando a geração. Por outro lado, a biomassa apresenta características sazonais que estão condicionadas à disponibilidade de biomassa proveniente de resíduos agrícolas que dependem do perfil anual de produção das atividades agrícolas locais.

Dessa forma, o fato de uma fonte energética ser reconhecida como renovável não implica afirmar que todas as fontes serão complementares entre si, isso se justifica em razão de que cada fonte apresenta um perfil de sazonalidade próprio, onde existe a possibilidade dos períodos de escassez das fontes coincidirem, gerando prejuízos econômicos e ambientais. Por isso é de extrema importância realizar uma análise das fontes de geração, a fim de traçar um perfil que melhor se encaixe nos padrões de confiabilidade e segurança energética (ROCHA, 2022).

O objetivo deste estudo é avaliar as perspectivas de sistemas híbridos, especificamente entre as fontes de geração renováveis, solar fotovoltaica e biomassa, e a partir dessa relação inferir se essas fontes são complementares ou não, com enfoque na região Sul do Maranhão, através de análises do comportamento sazonal entre as fontes, da investigação da disponibilidade de recursos energéticos, e realizando um comparativo de geração entre as fontes solar fotovoltaica e biomassa.

## Material e Métodos



O aproveitamento de recursos energéticos provenientes de fontes renováveis e o desenvolvimento de sistemas híbridos são considerados soluções úteis para atender às crescentes demandas de energia da sociedade atual (DINCER, 2000). Nesse segmento, as fontes de energia renováveis não convencionais são de natureza intermitente, à exemplo de citação, a geração de energia solar fotovoltaica que é afetada diretamente pelas nuvens, que causam uma queda abrupta de energia para menos de 50% de sua capacidade nominal. (NETO; SAAVEDRA; OLIVEIRA, 2020). Por outro lado, a geração energética da biomassa está condicionada a disponibilidade de matéria prima, que é oferecida em abundância durante um determinado período anual. (EMBRAPA, 2017).

Ao associar dois ou mais sistemas renováveis, o problema da intermitência entre as fontes pode ser suavizado, permitindo com que o sistema obtenha a energia firme em comparação aos valores correspondentes de cada um dos sistemas analisados de forma individual (PÉREZ-NAVARRO, A. et al, 2016). Para fins de estudo, o Laboratório de Recursos Energéticos Distribuídos (LABDER) descreveu os resultados da análise de confiabilidade de um sistema híbrido, nesse laboratório é analisado o comportamento da biomassa e da energia solar (PÉREZ-NAVARRO, A. et al, 2016). Ao integrar a energia solar em conjunto com o sistema energético da biomassa, menos energia é necessária para ser fornecida da usina e, conseqüentemente, menor será a emissão de gás poluente da combustão. (HASHIM, 2014).

O desempenho energético entre as fontes solar fotovoltaica e biomassa foram avaliados abrangendo uma série de análises paramétricas, fundamentadas em pesquisas bibliográficas, envolvendo também levantamentos de informações sobre as características de geração através de empreendimentos locais na região sul maranhense, e após a coleta dos dados, simulações computacionais utilizando o software Homer Pro foram realizadas. Dessa forma, os resultados obtidos a partir de análises e simulações computacionais permitiram dar subsídios em relação à avaliação do potencial energético da hibridização das fontes renováveis citadas, na região sul maranhense.

A escolha dos cenários foi realizada adotando os seguintes critérios:

- Para o cenário I e II foi adotado o valor da potência de 264 kWp, este critério objetivou analisar as fontes solar fotovoltaica e biomassa. Entretanto, a avaliação é realizada individualmente, observando se a fonte é capaz de suprir a demanda energética exigida para o perfil de carga.

• Para o cenário III, foi adotado o sistema híbrido das duas fontes, onde a potência para os módulos fotovoltaicos foi considerada no valor de 1.000 kW, e 500 kW para o gerador a biogás. Analisando a composição que cada fonte contribui para o sistema.

A biomassa introduzida no projeto refere-se a um gerador de biogás que possui a eficiência de 32% da potência nominal adotada de 500 kW.

## Resultados

- Localização e caracterização do sistema

O local escolhido para este estudo situa-se na de Balsas, Maranhão. Por conseguinte, para obter a otimização e produtividade deste sistema híbrido em avaliação, o software HOMER PRO foi utilizado. Os dados foram baseados em um estudo prévio conduzido em “*Estudo do conceito Net Zero Energy para implantação de fontes de energia renováveis e aplicação em uma granja de suínos em Balsas - MA*” (BARBOSA, 2021). Com esses dados foi possível realizar um conjunto de análises adicionais envolvendo as fontes energéticas a biomassa e solar fotovoltaica. Para analisar a viabilidade energética ótima foram considerados três cenários:

- I. Energia solar fotovoltaica conectada à rede;
- II. Gerador a biogás conectado à rede;
- III. Sistema solar fotovoltaico e gerador a biogás conectado à rede.

- Perfil de carga

Com a colaboração de uma estrutura industrial local (granja de suínos), foi avaliado o consumo de energia e a demanda, onde a demanda de energia mensal na unidade consumidora é de 43.123 kWh. Ou seja, durante um mês o perfil de carga médio para atender a demanda do sistema terá de ser de 1.437 kW.

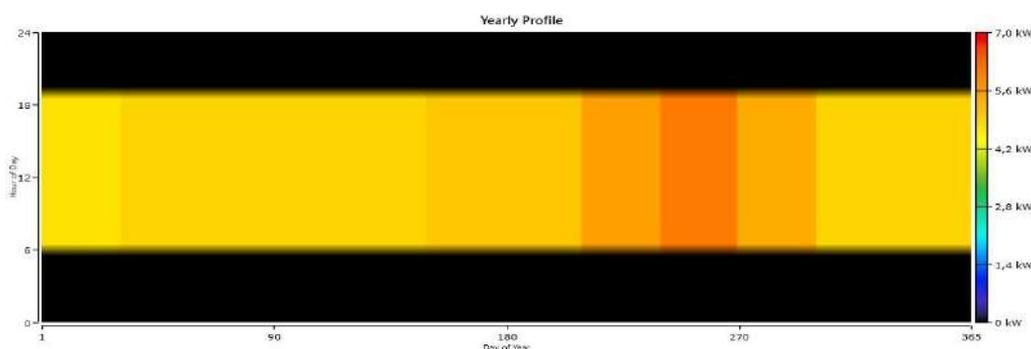
- Potencial dos recursos renováveis
  - Recurso de biomassa



O recurso da fonte biomassa inclui os resíduos animais. No relatório os dados são expressos em metros cúbicos, produzindo a média de 105,12 m<sup>3</sup> de biogás mensal. Contudo, no software HOMER Pro os dados são representados por toneladas. Após verificar na literatura os valores típicos de geração em m<sup>3</sup> por kg/dejeto, foi obtido aproximadamente o valor de 0,051 m<sup>3</sup> por kg/dejeto (FERNANDES, 2012). Portanto, a produção de dejetos na granja de suínos atinge cerca de 103 toneladas ao dia. Vale destacar que a produção de dejetos não é constante durante o ano todo, pois depende da composição da matriz de suínos. Mas para fins de análise energética essa suposição de adotar uma média de produção mensal durante o ano é válida.

#### ☒ Irradiação solar

As horas de sol pleno (HSP) determinam a quantidade de horas que a fonte está disponível para a geração. Para a energia solar fotovoltaica em um perfil anual, os resultados são apresentados de hora a hora. A Figura 1 ilustra a quantidade de HSP gerada, aproximadamente 12 horas. A média anual de irradiação solar para a cidade de Balsas, Maranhão, é em média 5,32 kWh/m<sup>2</sup>.



**Figura 1.** HSP geradas no software HOMER PRO para a cidade de Balsas, Maranhão.

- Especificação e modelo de dimensionamento dos componentes

#### ☒ Capacidade de geração das fontes

Para os cenários I e II, foram adotadas as potências nominais descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Capacidade de geração da fonte solar fotovoltaica e biomassa.

Potência dos componentes adotados no sistema	
Sistema solar fotovoltaico (cenário I)	264 kWp

Gerador a biogás (cenário II)	264 kWp
-------------------------------	---------

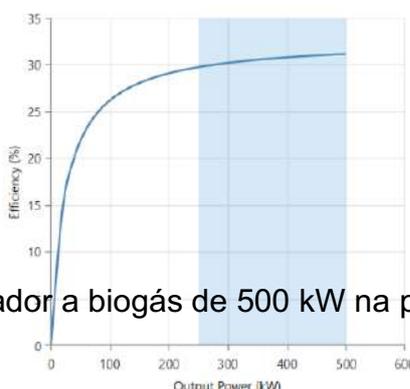
(BARBOSA, 2021).

Para o cenário III, foram adotadas as potências nominais descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Capacidade de geração da fonte solar fotovoltaica e biomassa para o cenário III.

Potência dos componentes adotados no sistema	
Sistema solar fotovoltaico	0 kW a 1.000 kW
Gerador a biogás	0 kW a 500 kW

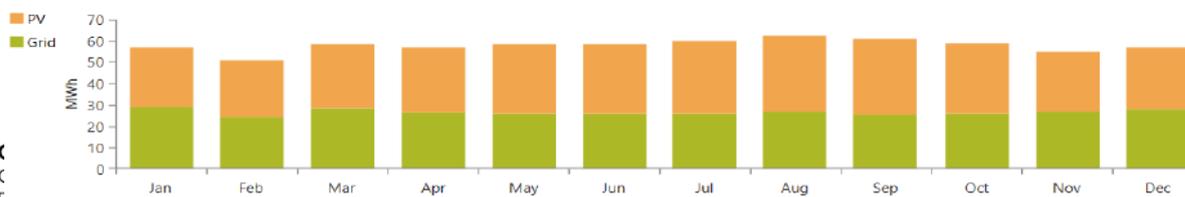
- A eficiência para um gerador a biogás de 500 kW é de aproximadamente 32% em sua potência nominal de operação.



**Figura 2.** Eficiência do gerador a biogás de 500 kW na potência nominal de operação.

- Geração das fontes
  - ☐ Geração da fonte solar fotovoltaica

Baseado nos bancos de dados inseridos no software Homer PRO, foi possível encontrar a geração da rede e da fonte solar fotovoltaica em um perfil anual, conforme a Figura 3 destaca.



**Figura 3.** Geração de energia solar fotovoltaica conectada à rede

Para o primeiro cenário, a composição da geração da fonte solar fotovoltaica conectada à rede está representada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Composição da geração da fonte solar fotovoltaica conectada à rede

Fontes	Geração (kWh/ano)	Composição (%)
Energia Solar Fotovoltaica	373.386	53,9
Rede	318.867	46,1

☐ Geração da fonte biomassa

Para o cenário II, verificou-se que apenas geração de energia elétrica através do gerador de biogás conectado à rede foi o suficiente para suprir a demanda local da granja de suínos. Ou seja, não foi necessário importar energia da concessionária. A Figura 4 avalia o comportamento da geração de energia, o intervalo de um ano.



**Figura 4.** Geração da fonte biomassa conectada à rede.

A composição da geração de energia elétrica gerada para o cenário II é distribuída conforme indicado na Tabela 4.

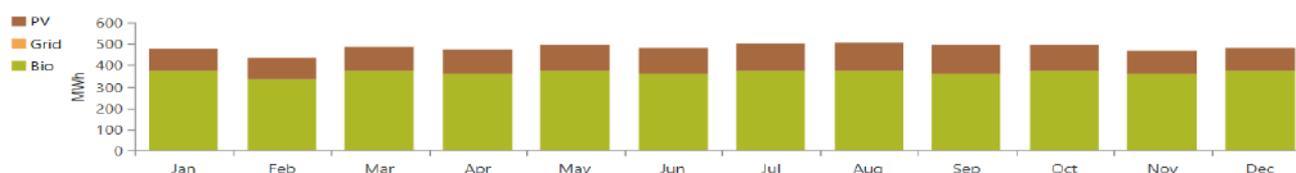
**Tabela 4.** Composição da geração a biogás conectado à rede

Fontes	Geração	Composição
--------	---------	------------

	(kWh/ano)	(%)
Biomassa	2.312.640	100
Rede	0	0

➤ Geração do sistema híbrido (solar fotovoltaica e biomassa).

A interação do sistema híbrido conectado à rede resulta na produção de energia elétrica anual descrita na Figura 5.



**Figura 5.** Geração do sistema híbrido (solar fotovoltaica e biomassa).

Dessa forma, a Tabela 5 descreve o valor da geração de energia elétrica em um perfil anual para o sistema híbrido proposto.

**Tabela 5.** Composição da geração do sistema híbrido (solar fotovoltaica e biomassa).

Fontes	Geração (kWh/ano)	Composição (%)
Energia Solar Fotovoltaica	1.414.341	24,4
Biomassa	4.380.000	75,6
Rede	0	0

## Discussões e Conclusões



Portanto, ao analisar a viabilidade energética otimizada para um sistema híbrido de energia renovável, entre elas a fonte de energia solar fotovoltaica e biomassa, constatou-se que a região sul maranhense possui disponibilidade tanto em relação ao recurso da irradiância solar quanto aos resíduos animais. O software HOMER PRO foi utilizado para realizar um modelo de simulação que considerava três cenários possíveis de implementação das fontes renováveis, estas conectadas à rede da concessionária visando uma segurança extra para o sistema energético local. Baseado em um estudo prévio realizado no ano de 2021, foram adotados dados para atender o perfil de carga médio de 1.437 kW.

Diante das análises realizadas, foi possível verificar o comportamento de geração entre as fontes solar fotovoltaica e biomassa, no cenário I e II foram adotados a mesma potência instalada para duas fontes, possibilitando inferir que mesmo possuindo a mesma potência nominal instalada, essas fontes apresentaram um perfil de geração variável, uma vez que a energia solar fotovoltaica gerou energia elétrica por um período de aproximadamente 12 horas diárias, e o gerador de biogás mostrou-se ser autossuficiente para suprir a demanda energética local, não necessitando importar energia da rede elétrica para suprir a demanda, visto que ele é capaz de produzir nas 24h diárias quando há a disponibilidade de resíduos animais.

## Referências

AL-NAJJAR, Heyam et al. Hybrid grid-tie electrification analysis of bio-shared renewable energy systems for domestic application. **Sustainable Cities and Society**, v. 77, p. 103538, 2022.

BARBOSA, L.P. **Estudo do conceito Net Zero Energy para implantação de fontes de energia renováveis e aplicação em uma granja de suínos em Balsas-MA**. Universidade Federal do Maranhão. 2021.

DINCER, Ibrahim. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 4, n. 2, p. 157-175, 2000.

EMBRAPA. **Árvore do Conhecimento: Cana de Açúcar**. 2017. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_97\\_22122006154841.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_97_22122006154841.html). Acesso em: 14 jul. 2021.



FERNANDES, D. M. **Biomassa e biogás na suinocultura**. 211f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.

HASHIM, Haslenda et al. **Integrated biomass and solar town**: Incorporation of load shifting and energy storage. *Energy*, v. 75, p. 31-39, 2014.

IEA. **Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer**. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/articles/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>. Acesso em: 17 mar. 2022.

NETO, P.B; SAAVEDRA, O. R.; OLIVEIRA, D. Q. The effect of complementarity between solar, wind and tidal energy in isolated hybrid microgrids. **Renewable Energy**, v. 147, p. 339-355, 2020.

NIXON, J. D.; DEY, P. K.; DAVIES, P. A. The feasibility of hybrid solar-biomass power plants in India. **Energy**, v. 46, n. 1, p. 541-554, 2012.

PÉREZ-NAVARRO, A. et al. Experimental verification of hybrid renewable systems as feasible energy sources. **Renewable Energy**, v. 86, p. 384-391, 2016.

ROCHA, M. M. **Contribuições para Estudos sobre a Disponibilidade Energética a partir de Fontes Solar Fotovoltaica e Biomassa no Sul do Maranhão**. Orientador: Pedro Bezerra Leite Neto. 2022. 43 f. Trabalho de conclusão de curso (Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal do Maranhão. 2022.

## PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DA SOJA

Hermon de Sousa Lima<sup>1\*</sup>; Aderlano da Silva Cardoso<sup>2</sup>

*E-mail: hermonsousalima@gmail.com*

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

<sup>2</sup>Imperial College, London



**Palavras-Chave:** Casca de soja; Etanol de segunda geração; Biocombustíveis.

## Introdução

A instabilidade política dos países produtores de petróleo, as preocupações com a segurança energética, o esgotamento de fontes de combustíveis fósseis, aliados aos efeitos negativos derivados da sua utilização e ao aumento da demanda de energia têm motivado a busca por fontes renováveis de energia (GROSSI, 2015). Dentre as principais fontes renováveis de energia tem-se os biocombustíveis, tais como o biodiesel e o etanol. Para a produção de biodiesel, a principal matéria-prima utilizada é o óleo de soja. Em relação ao etanol, a cana-de-açúcar é a matéria-prima mais utilizada. Entretanto, com o aumento do consumo de biodiesel e etanol, cresce a preocupação sobre o processo de utilização de alimentos para a produção de combustíveis, bem como os possíveis impactos ambientais com a possível necessidade de aumento de áreas cultivadas com essas duas culturas agrícolas. De acordo com Bonfim (2013) a América do Sul, como um todo, sofreu uma transformação em sua produção agrícola em razão da soja e de seus produtos. Essa transformação, por sua vez, pode ser explicada pela combinação de três fatores: a demanda crescente de alimentos, de ração e de biocombustíveis. Portanto, como alternativa às matérias-primas utilizadas tradicionalmente para a produção de biocombustíveis, principalmente o etanol, tem-se a utilização de resíduos agroindustriais.

Um dos resíduos é a casca da soja. Rica em celulose (29% a 51%) e fibras (ROJAS, 2012), a casca da soja vem sendo utilizada principalmente na alimentação animal. Entretanto, devido ao seu elevado teor de celulose, alguns pesquisadores vêm tentando desenvolver métodos alternativos de extração da celulose presente em cascas de soja para utilizá-la para a produção de materiais ou etanol de segunda geração. Quando utilizadas para a obtenção de etanol, as cascas de soja devem passar por um pré-tratamento para a conversão da celulose a açúcares fermentescíveis. Segundo Rojas (2012), a hidrólise usando ácido diluído é o pré-tratamento mais comum utilizado dentre os pré-tratamentos químicos. Com isso, a produção de etanol a partir da casca da soja apresenta-se como uma alternativa por esta matéria-prima apresentar uma grande quantidade de celulose e devido ao aumento na produção soja (PRETTO, 2014).



Uma vez que os métodos tradicionais de extração de celulose e obtenção de açúcares fermentescíveis a partir de biomassa lignocelulósica geralmente utilizam muitos produtos químicos (p.ex. uso de soluções ácidas ( $H_2SO_4$ ) e básicas com hidróxido de sódio - NaOH), o desenvolvimento de métodos e tecnologias mais ambientalmente sustentáveis, tais como as que envolvem a utilização de produtos químicos alternativos (p.ex. uso de resíduos como cascas de ovo como catalisador básico), vem sendo uma estratégia utilizada por vários pesquisadores para buscar fontes alternativas de matérias-primas para a indústria de biocombustíveis, auxiliando assim na pegada de carbono tanto da indústria de soja quanto da indústria de biocombustíveis. No Brasil, a produção de etanol de segunda geração a partir de casca de soja poderia proporcionar uma redução de emissões de carbono na atmosfera e um maior ganho de créditos de descarbonização por parte do produtor. Logo, este trabalho visou auxiliar neste objetivo, utilizando dois tipos de resíduos para desenvolver um método de obtenção de etanol de segunda geração: casca de soja como fonte de açúcares e casca de ovo como catalisador básico para o processo de extração da celulose. Obter etanol de segunda geração a partir da celulose presente na casca de soja, utilizando hidrólise ácida homogênea é o objetivo deste trabalho. Portanto, métodos e tecnologias devem ser desenvolvidos para que estes resíduos sejam aproveitados, a fim de diminuir o passivo ambiental deste setor produtivo. Uma alternativa está na utilização das cascas de soja para a produção de etanol de segunda geração a partir da celulose presente neste resíduo.

## Material e Métodos

### Obtenção e caracterização das cascas de soja

O presente estudo foi realizado no município de Balsas ( $07^\circ 31' 58'' S$ ;  $46^\circ 02' 09'' O$ ). As cascas de soja foram obtidas através de doação das empresas Agrex do Brasil S.A e Bunge. Inicialmente foi feito um pré-tratamento físico, as cascas de soja foram separadas dos outros resíduos contidos nas amostras obtidas (p.ex. vagens de soja), passadas em uma peneira para remoção de resíduos (p.ex. grãos de soja), em seguida as cascas foram trituradas em moedor manual e passadas em uma peneira de granulometria MESH 200 para obtenção da farinha da casca de soja (Figura 1).

**Figura 1:** Cascas de soja antes (a) e depois (b) do pré-tratamento para a obtenção de farinha de casca de soja.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

#### Caracterização química da casca de soja

A amostra de farinha de casca de soja foi analisada quanto ao seu teor de cinzas, extrativos e açúcares totais. O teor de cinzas foi realizado com o uso de um forno mufla, os extrativos da casca de soja foram obtidos com o uso de extração etanólica com o uso de extrator Soxhlet por 6 horas. Já os açúcares totais foram extraídos conforme o método descrito por Rojas (2012). O teor de açúcares totais foi determinado com o uso do Refratômetro HHTEC Brix 0–32%. A quantidade de celulose/hemicelulose e lignina foi determinada com base na diferença entre a massa inicial da casca de soja e a massa de resíduo sólido retido no papel de filtro após o processo de hidrólise.

#### Extração de fibras e conversão a açúcares fermentescíveis

Para a extração de fibras de celulose da casca de soja, foram testadas duas soluções alcalinas, uma tradicional com o uso de NaOH (hidróxido de sódio) e um outra alternativa com o uso de catalisador CaO (óxido de cálcio) obtido a partir de cascas de ovos. O potencial catalítico de cascas de ovo já foi anteriormente testado para a produção de biodiesel (ERCHAMO et al., 2021). Entretanto, não foram encontrados trabalhos onde cascas de ovo (resíduos muito produzidos em padarias, restaurantes etc.) foram utilizadas como catalisador para remoção de fibras de celulose. Este resíduo foi testado neste trabalho como catalisador alternativo ao NaOH,

visando proporcionar o desenvolvimento de um processo mais ambientalmente sustentável. Logo, para a obtenção do catalisador CaO a partir de cascas de ovo foi utilizado o método descrito por Erchamo et al., (2021).

A farinha de casca de soja foi tratada com solução de NaOH 4% (m/m) e com solução de CaO 4% (m/m) (extraído da casca de ovo in natura) por 2 horas a 100 °C, com agitação constante e sob refluxo, para obtenção de fibras de celulose. Após a reação, o meio reacional foi filtrado à vácuo e as fibras de celulose foram secas, quantificadas e analisadas com o uso de um Espectrômetro FTIR. As fibras de celulose foram utilizadas para a obtenção de açúcares fermentescíveis. Para isto, as fibras foram maceradas e passadas por uma peneira de MESH 35 e depois utilizadas para a conversão da celulose por hidrólise ácida, conforme Neto et al. (2013), e em seguida o meio reacional foi colocado para fermentar.

#### Obtenção de etanol

Após o processo de obtenção da celulose e conversão desta a açúcares fermentescíveis, estes foram utilizados para a obtenção de etanol em um processo de fermentação utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. Foram adicionados 5g de levedura *Saccharomyces cerevisiae* e 10 mg de penicilina ao meio hidrolisado e colocado para fermentar a 38 °C por 48 horas. Após este tempo, foi medido o °BRIX, o meio fermentado foi filtrado e a parte líquida foi destilada para a remoção e quantificação do etanol formado, com o uso de densímetro.

## Resultados

### Caracterização química da casca de soja

A Tabela 1 mostra a quantidade de materiais inorgânicos (cinzas), açúcares e extrativos da casca de soja.

**TABELA 1:** Quantidade de materiais inorgânicos (cinzas), açúcares e extrativos da casca de soja.

Componente	Neste trabalho	Rojas <i>et al.</i> (2012)
Cinzas (%)	4,4 ± 0,7	4,0 ± 0,3
Extrativos (%)	8,5 ± 0,3	5,0 ± 1,0
Celulose/hemicelulose/Lignina (%)	52,4 ± 1,3	58,9 ± 1,0
Açúcares totais (°BRIX)	3,5 ± 0,6	-

De acordo com a Tabela 1, os rendimentos para materiais inorgânicos (cinzas), açúcares e extrativos da casca de soja apresentaram resultados considerados favoráveis, com valores de materiais inorgânicos variando de 4,4 ± 0,7%. Rojas (2012) encontrou valores semelhantes com variação de 4,0 ± 0,3% para a porcentagem de cinzas. De acordo com Kang et al., (2014), o conteúdo de cinzas de fonte de biomassa geralmente é baixo, contudo, sua composição deve ser considerada já que a maior parte das cinzas se concentra nos resíduos de lignina. Para extrativos, foram obtidos valores de 8,5 ± 0,3%, sendo maiores que os encontrados no estudo de Rojas (2012), o qual obteve valores de 5,0 ± 1,0%. Os valores de celulose e hemicelulose encontrados foram de 52,4 ± 1,3%, valores bem semelhantes aos encontrados por Rojas (2012) (58,9 ± 1,0%). Já para açúcares totais, foi encontrado valor de 3,5 ± 0,6 °Brix.

#### Extração de fibras e conversão a açúcares fermentescíveis

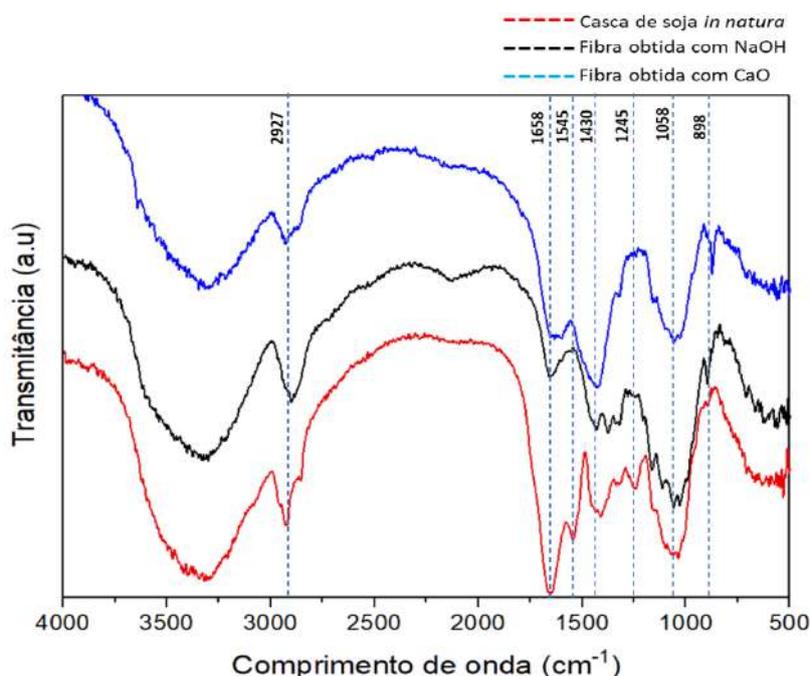
A Tabela 2 mostra a quantidade de fibra de soja extraída da casca de soja obtida com NaOH e CaO.

**TABELA 2:** Quantidade de fibra de soja extraída da casca de soja com NaOH e CaO.

Componente	Método de extração da fibra	
	NaOH	CaO
Fibra da casca de soja (% m/m em base seca)	37,9 ± 8,0	59,6 ± 6,3

Como mostrado na Tabela 2, os valores para a quantidade de fibra extraída com NaOH ( $37,9 \pm 8,0\%$ ) foram inferiores a extração com CaO ( $59,6 \pm 6,3\%$ ), assim o CaO mostra-se como um método alternativo mais eficiente para a extração da fibra de casca de soja. Além disso, para verificar o grau de modificação causada na casca de soja tanto pelo método com NaOH quanto pelo CaO, foi realizada a caracterização dos grupos funcionais, com uso de espectroscopia FTIR, da farinha da casca de soja in natura e das fibras obtidas pelos métodos com uso de NaOH e CaO. A Figura 2 apresenta o espectro de FTIR das amostras analisadas.

**FIGURA 2:** Espectro de FTIR para casca de soja e fibras de celulose obtidas com NaOH e CaO.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os espectros de FTIR da casca de soja in natura e das fibras de casca de soja obtidas com o uso de solução de NaOH ou CaO apresentam algumas similaridades e diferenças. Os espectros mostram uma predominância dos picos em torno de  $3400 \text{ cm}^{-1}$  e com  $1058 \text{ cm}^{-1}$ , os quais correspondem às vibrações de estiramento dos grupos funcionais O-H e C-O,

respectivamente. A redução na intensidade do pico 1658  $\text{cm}^{-1}$  pode estar relacionada ao fato de ter ocorrido remoção de hemicelulose da casca de soja durante o processo de tratamento com as soluções. Os picos em 1430  $\text{cm}^{-1}$ , 1058  $\text{cm}^{-1}$  e 898  $\text{cm}^{-1}$  são associados à presença de celulose na biomassa, com picos mais definidos observados nas amostras de fibras de casca de soja, principalmente na amostra de fibra de casca de soja obtida com CaO. O que mostra que a utilização de CaO favoreceu uma melhor separação da celulose presente nas cascas de soja, visto que a aumento da intensidade do pico indica um maior percentual de celulose na amostra analisada (ALEMDAR E SAIN, 2008; NETO et al., 2013; MERCI et al., 2015).

### Obtenção de etanol

Após o processo de fermentação ter finalizado, as amostras de mosto fermentado foram destiladas para a remoção do etanol produzido. A quantidade de etanol produzido a partir da fibra da casca de soja obtida por NaOH ou CaO pode ser observada na Tabela 3.

**TABELA 3:** Quantidade de etanol produzida a partir de 48 horas de fermentação do mosto de fibra extraída da casca de soja com NaOH e CaO.

Componente	Quantidade obtida de etanol ( $\text{g L}^{-1}$ )	
	NaOH	CaO
Etanol	9,5	15,8

A Tabela 3 mostra que o método alternativo com CaO possui um potencial em frente ao método tradicional para a obtenção de uma maior quantidade de etanol a partir de casca de soja. Rojas (2012) obteve uma quantidade de etanol de casca de soja de 3,16 a 7,69  $\text{g L}^{-1}$  em diferentes tempos de fermentação. Logo, é perceptível o potencial do método utilizando CaO em relação ao método tradicional com NaOH.

### Discussões e Conclusões

A realização da caracterização química da casca da soja revelou que os rendimentos para quantidade de materiais inorgânicos (cinzas) e extrativos da casca de soja são valores semelhantes aos resultados encontrados na literatura, bem como o rendimento em celulose e

hemicelulose. Entretanto, estes polímeros foram melhor extraídos com o uso de CaO obtido por método alternativo (casca de ovo), quando comparado ao método tradicional (uso de solução de NaOH).

A técnica de espectroscopia com FTIR mostrou as mudanças químicas que a biomassa sofreu no processo de tratamento, onde foi perceptível o grau de modificação causado na casca da soja pelos métodos com NaOH e CaO, uma vez que foram observadas algumas similaridades nos resultados, com picos mais definidos sobretudo nas amostras de fibras de casca de soja com uso de CaO. Logo, CaO pode favorecer uma melhor separação da celulose presente na casca da soja. Além disso, a obtenção de etanol a partir da fibra da casca obtido por CaO apresentou valor superior a obtenção por NaOH, indicando mais uma vantagem do uso do método com CaO.

Com tratamento utilizado para separação da celulose, hemicelulose e lignina presente na casca de soja, foi possível realizar a fermentação dos açúcares para a produção de etanol. Entretanto, faz-se necessária a utilização de técnicas que venham proporcionar maiores rendimentos em etanol. Tais métodos passam pelo aperfeiçoamento do processo de extração das fibras de celulose e o teste de outros microrganismos (leveduras) para verificar o possível aumento da conversão de açúcares fermentescíveis e, com isso, obter maiores rendimentos em etanol a partir da casca de soja, um resíduo agroindustrial que apresenta potencial para a produção de etanol de segunda geração e, conseqüentemente, este processo poderia auxiliar na redução da pegada de carbono da indústria de soja e promover a obtenção de mais créditos de descarbonização.

## Agradecimentos

A meu orientador Aderlanio da Silva Cardoso, por seus ensinamentos tanto como professor como profissional a ser, apoio, dedicação ao longo do desenvolvimento desse trabalho, por ser um modelo de professor e profissional, sempre buscando o melhor para seus alunos, não tenho palavras para agradecer você, o meu muito obrigado.

## Referências



ALEMDAR, Ayse; SAIN, Mohini. Isolation and characterization of nanofibers from agricultural residues—Wheat straw and soy hulls. **Bioresourcetechnology**, v. 99, n. 6, p. 1664-1671, 2008.

BONFIM, YasmynePetini; FERREIRA, Vicente da Rocha Soares; CAETANO, Mauro. A logística e o agronegócio em Goiás: o caso da soja. **REGE-Revista de Gestão**, v. 20, n. 4, p. 557-573, 2013.

ERCHAMO, YeshimebetSimeon et al. Improved biodiesel production from waste cooking oil with mixed methanol–ethanol using enhanced eggshell-derived CaO nano-catalyst. **ScientificReports**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2021.

GROSSI, E. C. **Produção de etanol de segunda geração a partir de um derivado de celulose**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Química e Biológica) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologias Química e Biológica, Universidade de Brasília, Distrito Federal. 2015.

KANG, Qian et al. Bioethanol from lignocellulosic biomass: current findings determine research priorities. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

NETO, Wilson Pires Flauzino et al. Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue—Soy hulls. **Industrial Crops and Products**, v. 42, p. 480-488, 2013.

PRETTO, C.; MIRANDA, L. C.; SIQUEIRA, P. F.; TARDIOLI, P. W.; GIORDANO, R. C.; GIORDANO, R. L.; COSTA, C. B. B. Avaliação técnico-econômica do processo de obtenção de oligopeptídeos e etanol a partir da casca da soja. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, n.1., 2014, Santa Catarina: UFSCAR, 2014.

ROJAS, M. J. **Produção de etanol e hidrolisado proteico da casca da soja**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) - Faculdade de Engenharia química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

## ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE UMA ÁREA TERRITORIAL DA CIDADE DE BALSAS: AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA

**Luana Lourenço de Araújo<sup>1\*</sup>; Ana Paula de Mel e Silva Va<sup>2</sup>**

E-mail: Luana.lourenco@discente.ufma.br

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Civil, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

<sup>2</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Uso do solo; Urbanização; Alterações.

### Introdução

As primeiras evidências de expansão urbana refletem a necessidade do homem em suprir suas necessidades sociais, sempre em busca de melhores condições de sobrevivência. O homem transforma continuamente o meio ambiente para criar locais mais favoráveis, com isso é importante compreender todos os aspectos favoráveis e desfavoráveis relacionados com as questões ambientais e socioeconômicas. Um dos diversos indicadores de mudanças do meio



está ligado ao setor de construção civil, que cresceu gradativamente nos últimos anos, basicamente pela forte participação do homem em transformar ambientes naturais.

A expansão urbana e seu conflito ambiental, tendo em vista que o homem modifica o ambiente por meio da ocupação urbana. De toda forma, implica em crescimento, onde esse crescimento está ligado ao contingente populacional de uma área ou até mesmo ampliação física da área, podendo ser estudada por diversas perspectivas. Com o processo de urbanização desenfreado em transformar áreas rurais em áreas urbanas, é necessário refletir sobre os impactos ambientais e sociais.

É por meio da avaliação das principais transformações que é possível evidenciar o quanto o processo de urbanização está intrinsecamente ligado ao movimento das áreas no que diz respeito atividades, formas, significados e práticas sociais, sendo fundamental determinar as constantes evoluções ocorridas na área, apresentando os pontos positivos e negativos. De modo geral, a expansão urbana pode ser entendida como um fator contribuinte de modificações na esfera da vida social, colocando em instigações a organização de um planejamento urbano (OJIMA, 2008).

O debate sobre expansão urbana relacionado com a sociedade faz-se necessário para compreender um dos principais fatores, sendo ele desencadeado pelo forte crescimento urbano recorrente e agudo, ocasionando em impactos urbanísticos, socioeconômicos e ambientais. O processo de alterações das áreas naturais em urbanas ou artificiais auxilia para atender as necessidades sociais do ser em prol de terras urbanizadas, sem esquecer das restrições e conflitos ambientais (LEONELLI, 2018).

Para a análise do processo de urbanização, tem-se dois fatores que são considerados importantes. O primeiro fator está associado ao populacional, esse fator influencia no peso da expansão da infraestrutura urbana. O outro fator bastante relevante é o padrão de expansão física das ocupações urbanas ligado as questões de custo social (OJIMA, 2008). Para o caso de crescimento territorial urbano intensivo, tem-se duas formas associadas ao processo de urbanização, São elas: central ou periférico. O primeiro está associado a alta densidade ocupacional em áreas urbanas, ou seja, ocorre uma sedimentação das casas residenciais em assentamentos populares. O segundo acontece nas periferias das metropolitanas da cidade, seguindo os mesmos conceitos que o crescimento territorial central (JAPIASSÚ, 2014).

De fato, a urbanização é vista como o marco da modernização do meio social, ou seja, uma necessidade de transformação e progresso da esfera social, que busca um futuro melhor, com melhores condições de trabalho e que acima de tudo, desprendimento das condições de vida rural (MONTE-MÓR, 2006). Segundo Costa (2010, p. 30): “A cidade é reflexo de ações econômicas e sociais, as quais transformam o meio natural para a construção do espaço urbano”.

O crescimento desordenado das áreas urbanas é explicado por dois fatores distintos. Sendo eles: ausência de planejamento sustentável e expansão urbana carente de um plano de gerenciamento adequado. Tais fatores resultam em poluição e degradação ambiental, conjuntamente aos padrões insustentáveis de consumo, ou seja, os prejuízos socioeconômicos e ambientais tornam-se maiores (CABRAL, 2019).

As anomalias causadas pela urbanização de áreas indicam a necessidade de propor práticas alternativas de ocupação que reduzam os impactos ambientais, resultando em equilíbrio entre as atividades de intervenção humana e da natureza, que evitem que a cidade acabe se tornando um sistema que não possa proporcionar condições de bem-estar socioeconômico e ambiental suficientes para todos os seus moradores, ou seja, a melhor qualidade de vida possível (COSTA, 2010).

## Material e Métodos

A presente pesquisa, de caráter descritivo, utilizou dados do MapBiomas (1989, 1999, 2009 e 2019), que é uma ação do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG/OC), onde é fornecido por uma rede associativa de co-criadores formada por ONGs, universidades e empresas de tecnologia dispostos por biomas e temas transversais.

O levantamento dos dados no site do MapBiomas foi realizado considerando as transformações ocorridas em uma área da cidade de Balsas/Ma no ano de 1989 até o ano de 2019, em intervalos de 10 anos, onde são apresentadas as informações com os principais pontos de alterações do uso e ocupação do solo, de modo a contribuir na geração de mapas e gráficos para melhor visualização e entendimento das modificações da área.

Por meio dessas informações é possível apresentar a área ocupada por cada tipo de uso. Assim foi possível determinar quais transformações ocorreram e analisar o mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo como produto da ação do homem.

## Resultados

Com base no levantamento de dados da área delimitada para o presente estudo, é possível entender de que modo as modificações do uso e ocupação do solo ocorreram (FIGURA 1).

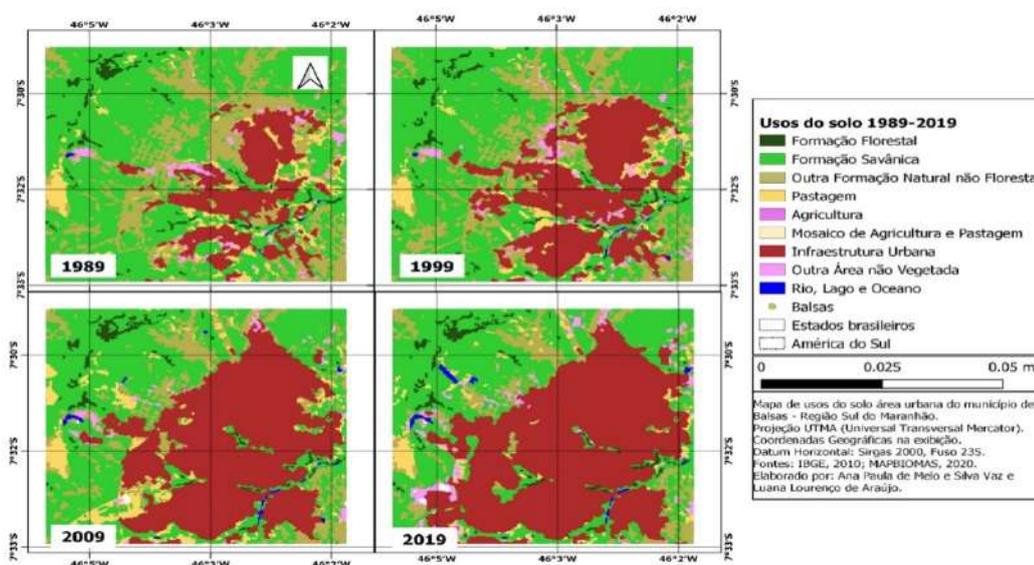


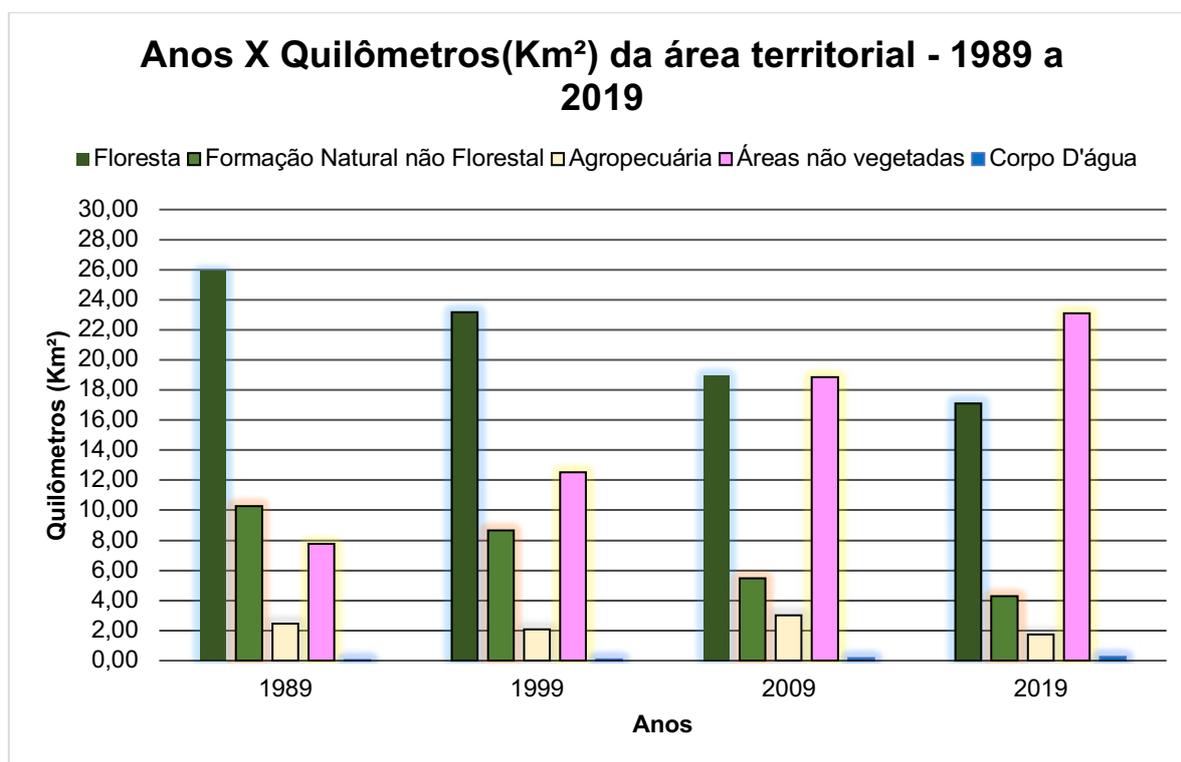
Figura 1:

Principais alterações na área urbana do município de Balsas, entre os anos de 1989 a 2019.

Conforme mostra a Figura 1, a área total é de 46.48 Km<sup>2</sup> e é possível observar as mudanças ao longo do tempo, com 10 anos de intervalo. O maior indicador de alteração presente em cada ano está ligado ao processo de infraestrutura urbana que passou de aproximadamente 7 km<sup>2</sup> em 1989 para 23 km<sup>2</sup> em 2019, o que de fato corrobora com a teoria de que o homem modifica o meio para suprir suas necessidades.

Do ponto de vista de MONTE-MÓR (2006), o processo de urbanização está interligado ao marco da modernização da esfera social que apesar de tudo o foco principal é a procura por condições de vida e trabalho mais favoráveis. A Figura 2 apresenta, de modo quantitativo em quilômetros quadrados as modificações de cada tipo de uso do solo.

Figura 2: Tipos de uso do solo em área (Km<sup>2</sup>), anos 1989, 1999, 2009 e 2019.



Fonte: As autoras

Conforme evidencia a Figura 2, tem-se nos usos Florestal uma diminuição de área que passou de 26 km<sup>2</sup> em 1989 para 17 km<sup>2</sup> em 2019. Da mesma forma para formação natural não florestal que reduziu de 10 km<sup>2</sup> em 1989 para 4 km<sup>2</sup> em 2019. Já com relação ao uso Agropecuária, observou-se uma oscilação entre os anos, ou seja, para o ano de 1989 tinha-se uma área de 2,5 km<sup>2</sup> para o ano de 1999 uma área de 2 km<sup>2</sup> e em 2019 apenas 1,72 km<sup>2</sup>, somente no ano de 2009 apresentou maior extensão de área com 3km<sup>2</sup>. Para tanto, dentre os usos avaliados, a maior variação foi de Áreas Não Vegetadas que passou de 7 km<sup>2</sup> em 1989 para 23 km<sup>2</sup> em 2019.

Atenta-se que essas modificações em Áreas Não Vegetadas foram em razão do crescimento da população e extensão territorial, de modo que o espaço rural se transforma em espaço urbano. Corpo D'água, por sua vez, apesar da grande permuta em diminuir áreas naturais, teve-se um aumento de 0,06 km<sup>2</sup> em 1989 para 0,26 km<sup>2</sup> em 2019. Apesar do grande aumento de urbanização, a conservação de partes naturais de uma área se manteve, favorecendo o meio ambiente e contribuindo com redução de impactos negativos.

No entanto, a extensão territorial relacionada com a sociedade é desencadeada pelo forte desenvolvimento e crescimento urbano recorrente e intenso. Em outras palavras, uma progressão da esfera social que procura despreendimento das condições de vida rural, em que este processo de alterações auxilia nas necessidades sociais do homem no meio em que vive (LEONELLI, 2018; MONTE-MÓR, 2006).

### Discussões e Conclusões

O ato de transformação de área natural em uma área urbanizada tem relação direta com as atividades de crescimento tanto de extensão territorial quanto do meio social em razão da comodidade. Conforme análise dos dados obtidos Áreas Não Vegetadas apresentou crescimento diferente em relação a cada ano. Essa diferença em quilômetros de área é referente as atividades que estão conectadas a infraestrutura, expansão urbana, pastagem – naturais ou plantadas – dentre outras essenciais.

O processo de urbanização pode proporcionar vantagens para o desenvolvimento de uma cidade, mas possui questões de impactos negativos, principalmente para o meio ambiente, como, por exemplo, degradação da área natural, perda de biodiversidade, extinção de animais entre outros. Ou seja, do ponto de vista de Feitosa (2011) as intensas alterações do espaço provocam irregularidades na atmosfera-terra, pois como as áreas se modificam constantemente, tem-se um desequilíbrio tanto na ocupação do solo como também mudanças meteorológicas, poluição do ar, aumento desenfreado de edificações e, principalmente diminuição da vegetação.

Com o dinamismo de configuração territorial, existem perigos na ocupação de áreas sobretudo quando acontece em áreas irregulares para moradia colocando em risco a vida humana, seguindo essa linha de crescimento constante ligado a urbanização, Costa (2010) destaca que no ramo da construção civil cada vez mais edifícios, casas, condomínios e entre outras confecções de obras são construídas em áreas de riscos, podendo sofrer problemas socioambientais por conta de ocupações irregulares. Estes problemas estão associados a desmatamento das margens ribeirinhas, aterramento e compactação do solo, maior susceptibilidade a inundações e enchentes dentre outros problemas negativos.

Em comparação aos usos de área, os resultados obtidos mostram que apenas em Áreas Não Vegetadas, no ano de 1989 até 2019 ocorreu um aumento de 3,43% em quilômetro de área,

sendo, portanto, um dado diferente das demais categorias de usos, uma vez que Luz (2013), destaca que a urbanização é considerada um processo de reabilitação/requalificação de moradores em loteamentos/cidades como resultado de alterações no modo de vida da população e das atividades desempenhadas ligadas ao desenvolvimento.

Deste modo, mediante análise dos dados apresentados, é possível compreender e evidenciar os principais tipos de usos de solos presentes na área territorial delimitada; ao longo dos anos e apresentando os mais importantes pontos de alterações da área, podendo ser classificados em naturais ou recorrentes da ação do homem e, por fim, expondo os problemas advindos que tem impactos diretos no meio ambiente e na condição de vida dos moradores.

## Referências

COSTA, Renato Sérgio Soares. Riscos socioambientais e ocupação irregular em áreas de enchentes nos bairros: Olarias, Poti Velho, Alto Alegre, São Francisco e Mocaminho-Teresina (PI). 2010.

CABRAL, L. N., & CÂNDIDO, G. A. **Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/urbe/a/b6W57J68KwHWXbbHRGvG8gG/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 30/06/2021.

FEITOSA, Sônia Maria Ribeiro et al. Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina–Piauí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 2, p. 58-75, 2011.

JAPIASSÚ, Luana Andressa Teixeira; LINS, Regina Dulce Barbosa. As diferentes formas de expansão urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 2, n. 13, 2014.

LEONELLI, Gisela Cunha Viana; CAMPOS, Elisa Ferreira Rocha. Leis expansivas para a expansão urbana: Campinas sem limites. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, p. 36-48, 2018.

LUZ, Maria Jane Damasceno. **Educação ambiental através da geografia: a degradação do Cerrado brasileiro**. 2013.

MapBiomas. **Plataforma de Mapas e dados**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 07/07/2021.

MONTE-MÓR, Roberto Luís. As teorias urbanas e o planejamento urbano no Brasil. **Economia regional e urbana: Contribuições teóricas recentes**. Belo Horizonte: Editora ufmg, p. 61-85, 2006.

OJIMA, Ricardo. Novos contornos do crescimento urbano brasileiro? O conceito de urbansprawl e os desafios para o planejamento regional e ambiental. **GEOgraphia**, v. 10, n. 19, p. 46-59, 2008.



## OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 16 E A REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA JUSTIÇA FEDERAL DO MARANHÃO: ANÁLISE DO ANO-BASE 2020

Érica de Sousa Costa<sup>1</sup>; Ana Paula de Melo e Silva Vaz<sup>2</sup>

*E-mail: const\_erica@hotmail.com*

<sup>1</sup>*Universidade Estadual do Maranhão*

<sup>2</sup>*Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Seção Judiciária do Maranhão; Conservação do meio ambiente; Amenização de despesas com energia elétrica.

### Introdução

Um dos assuntos que permeiam os diálogos de alto padrão conceitual reluz acerca da vida, bem resguardado pela Constituição Federal brasileira de 1988 (CF/88) (BRASIL, 1988). Desse ponto de ancoragem, disseminam-se discursos internacionais e nacionais que sinalizam a urgência nas tratativas dessa temática. No panorama global, o teor dessa matéria ganha amplitude em significativos contextos. Essa pauta tem incentivado Estados a interagirem na busca da revisitação de aspectos econômicos, ambientais e sociais. A partir de tal perspectiva, que intercambia uma visão holística por unir esferas de expertises de diferentes ciências, se faz necessário amadurecer ideias que se ponderam como efetivas para espelhar/refletir na continuidade da vida.

Nesse raciocínio, evidencia-se o seguinte problema de pesquisa: Quais ações de gestão pública ambiental da Seção Judiciária do Maranhão (SJMA), ano 2020, influíram na redução de despesas com energia elétrica, a retratar a aplicação do valor institucional da sustentabilidade, consoante a Resolução nº 325/2020 do Conselho Nacional de Justiça (CNJ)? Assim, os estudos consideram o Plano de Logística Sustentável (PLS) do Tribunal Regional Federal da 1ª Região (TRF1) na dimensão da SJMA. Ademais, articula-se que a gestão pública e a educação ambiental influem no alcance da eficiência energética.



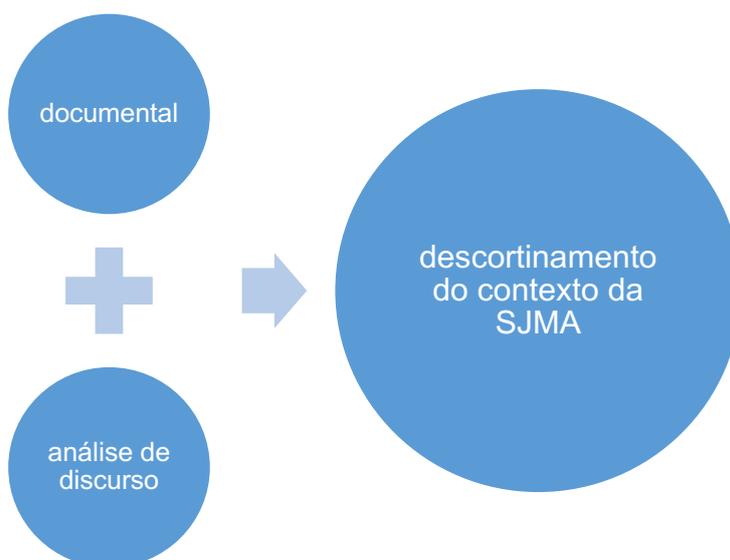
De tal maneira, tem-se como objetivo geral analisar as ações implantadas para reduzir os gastos com energia elétrica na SJMA no ano de 2020. Por sua vez, os objetivos específicos são (i) explorar o relatório de desempenho do PLS, TRF1, SJMA, de 2020; (ii) indicar os atos de gestão pública ambiental definidos para concretizar as metas atinentes ao indicador/tema da energia; e (iii) apurar pontos de evidência detectados que implicam na observação da sustentabilidade como valor institucional à luz do princípio da eficiência.

Convém esclarecer ainda que o presente trabalho tem relevância acadêmica, pois aspira à análise de Unidades Jurisdicionais (UJs) evidenciadas sob a ótica da eficiência. Nesse viés, os pontos-cerne nelas delineados tendem em fomentar a discussão acadêmica ligada às instituições eficazes na vertente do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 16 no Brasil da Organização das Nações Unidas (ONU): Paz, Justiça e Instituições Eficazes, a conceber impacto internacional. Além disso, argumenta-se a importância social da investigação científica, uma vez que tende em explicitar formas coerentes e consistentes para a obtenção da eficiência energética, o que tende em refletir alcance social.

## Material e Métodos

É uma pesquisa documental, pois Gil (2009) informa que a pesquisa documental usa recursos que ainda não foram examinados no universo científico. Além disso, a referida investigação consiste em uma pesquisa bibliográfica, eis que “a busca em fontes bibliográficas tem por objeto a coleta de informações em livros, revistas e publicações impressas similares, incluídas hoje as publicações on-line. [...]” (FONSECA, 2009, p. 51). Em sendo assim, veja-se a abordagem condensada na figura 1.

Figura 1 - Técnicas de pesquisa



Fonte: Autoras (2022).

Afere-se a apreciação do relatório de desempenho do PLS/SJMA, ano-base 2020 com análise de discurso como meios de detectar achados no contexto da SJMA ao interpretar os dados não explicitados de forma textual e que, no entanto, ajudam a compreender o fenômeno destrinchado na investigação científica.

## Resultados

O trabalho toma como enfoque o descortinamento da sustentabilidade como valor institucional. Por conseguinte, investiga ações de gestão pública ambiental impactantes para a redução de gastos com energia para elucidar a concepção da defesa e proteção do meio ambiente à luz da determinação constitucional erigida no artigo 225 da CF/88 (BRASIL, 1988).

Foram demarcadas as ações adotadas para conceber a eficiência energética da SJMA em 2020. Sob esse ângulo, desvela-se que o implemento de iluminação LED contendo sensor de presença em certos ambientes, tais como em banheiros, se apresenta como iniciativa que influenciou no resultado ecoeficiente examinado (BRASIL, 2021). Além do mais, descortina-se que a diminuição da iluminação nos locais de circulação se revela como prática influente no viés perscrutado (BRASIL, 2021). Nesse raciocínio, atribuir o local das lâmpadas fluorescentes se desponta como política relevante para a subtração de gastos com energia elétrica (BRASIL, 2021).



Dessa forma, a diminuição do funcionamento do sistema de climatização é vislumbrada como ato importante para repercutir na atenuação de despesas relativas à energia (BRASIL, 2021). De igual modo, quanto a isso, aponta-se a nomeação dos interruptores externos com cores, a fim de que a vigilância localize as lâmpadas que devem continuar ligadas ou desligadas depois das dezoito horas (BRASIL, 2021). Nesse raciocínio, descortina-se ainda a troca da película 'insulfilm' do edifício sede (BRASIL, 2021). Também assim, estabelecer divisões dos circuitos de iluminação dos setores de maiores tamanhos se apresenta como ação com potencial de contribuir com a amenização de despesas ora analisada (BRASIL, 2021).

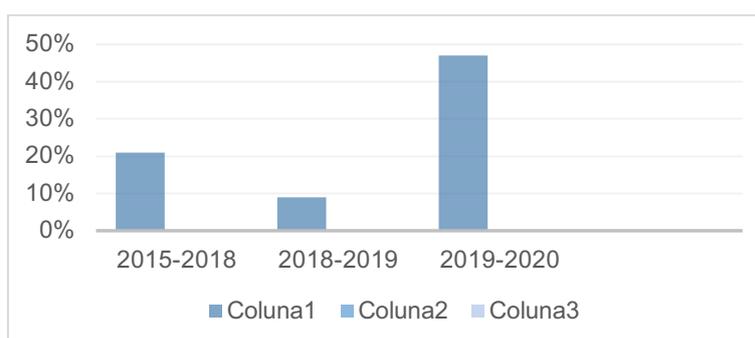
Sob esse prisma, desvenda-se a abertura de seleção com vistas em contratar empresa para tornar viável a atuação da Justiça Federal do Maranhão em Projeto de eficiência energética da companhia de energia do estado (BRASIL, 2021). Inclusive, a efetuação de campanhas sistematizadas, almejando a atenuação de consumo, é levantada como ação de impacto para a linha de estudos em tela (BRASIL, 2021). E ainda, tem-se: reexaminar a iluminação externa, no ponto em que inexistiu substituição de lâmpadas por LED, no intuito de sugerir a mudança por lâmpadas de refletores mais econômicas (BRASIL, 2021).

Ademais, articula-se sugerir ao Núcleo de Tecnologia da Informação (NUTEC) o uso de sistema semelhante ao do Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão (TRE/MA), orientando que os computadores e no-breaks fiquem desconectados depois de finalizado o horário de funcionamento dos serviços (BRASIL, 2021). A propósito, explicitar registros dos gastos ao corpo funcional se mostra, então, como ideia apropriada para melhor gestão do sistema da Justiça Federal ora delineado (BRASIL, 2021). Nesse norte acadêmico, desencadeia-se a geração fotovoltaica inserida na Estratégia da SJMA, ciclo 2015-2020, e implantada na sede dela como fator de impacto positivo para concretização da eficiência energética (BRASIL, 2021). Logo,

Analisando os dados supra verifica-se comparando-se 2015-2018 houve uma redução em torno de 21%. Comparando-se o período 2018-2019 percebe-se houve uma redução na ordem de 9%, e comparando-se 2019-2020 houve uma redução na ordem de 47%, o que aponta para o cumprimento da meta, muito embora isto não signifique redução significativa de custo em razão do valor do kWh no Maranhão (BRASIL, 2021, p. 5).

Denota-se que os resultados aqui revelados concatenam ações efetivas no âmbito administrativo úteis para obter a eficiência no horizonte de redução de despesas com energia elétrica. Por consequência dos estudos executados, o exame espelha a sustentabilidade como valor institucional, considerando-se a ótica da Estratégia Nacional, ciclo 2021-2026 (CNJ, 2020) e, como decorrência, também a percepção do planejamento estratégico da Justiça Federal para o referido período (CJF, 2020). Desvela-se ainda a cultura institucional da SJMA, ano 2020, na linha investigativa balizada, que, por sua vez, valoriza a eficiência energética. Nessa lógica, o trabalho aponta [alguns] atos que podem colaborar com a continuidade da vida, ponto a ser ponderado na realidade do Poder Judiciário do Brasil. Com foco na qualidade, levantam-se, assim, além da gestão, a [boa] educação do corpo funcional da Seção estudada como fatores significantes para a obtenção da eficiência energética. Nesse caminho, observe-se o panorama exibido na figura 2.

Figura 2 - Redução do consumo de energia elétrica



Fonte: Adaptado de Brasil (2021).

Apura-se a redução da demanda de energia elétrica no período de 2015-2018 em 21%; de 2018-2019 em 9%; e de 2019-2020 em 47%.

## Discussões e Conclusões

A investigação discorre acerca da eficiência energética da SJMA, ano 2020, descortinando-se as ações trabalhadas para a diminuição de gastos com energia elétrica, ponto de evidência desvelado pela concretização total de metas do PLS-TRF1 da Seção Judiciária pesquisada. O estudo demonstra os atos efetivos trabalhados no âmbito da SJMA para lograr a eficiência na mitigação de gastos com energia elétrica, ano 2020, concebendo-se a aplicação do ODS 16, a assinalar vetores que tendem em contribuir com a continuidade da vida, aspecto a ser avaliado na ambiência do Poder Judiciário brasileiro.

Acredita-se que a gestão apropriada e a educação ambiental do corpo funcional da instituição estudada influíram no resultado ecoeficiente perquirido. A pesquisa levanta a teoria sociointeracionista atinente ao desenvolvimento da aprendizagem, no correspondente ao aspecto da cultura institucional, como forma de evidenciar as perspectivas acadêmicas concentradas na SJMA no viés da pesquisa. Portanto, a análise revela a sustentabilidade como um valor institucional da Justiça Federal do Maranhão no exame realizado, consoante os ditames da Resolução nº 325/2020 do CNJ, e também da Resolução nº 668/2020 do Conselho da Justiça Federal (CJF). Verifica-se a eficiência energética aplicada pela SJMA, ano 2020, como aspecto significativo por exemplificar caminhos direcionadores para a efetivação do 16 ODS.

## Referências

BRASIL. Constituição (1988) **Constituição da República Federativa do Brasil [de] 1988.**

Brasília, DF: Senado Federal/Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Tribunal Regional Federal (1. Região). **Relatório: PLS 2020.** [Brasília, DF], 2021.

CONSELHO DA JUSTIÇA FEDERAL. **Resolução nº 668, de 9 de novembro de 2020.** Dispõe sobre a Estratégia da Justiça Federal 2021-2026. Disponível em:

<https://www.cjf.jus.br/observatorio2/normas/normas/cjf/resolucoes/resolucao-n-668-2020-cjf-de-09-de-novembro-de-2020>. Acesso em: 30 jan. 2021.



CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA. **Resolução nº 325, de 29 de junho de 2020**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional do Poder Judiciário 2021-2026 e dá outras providências.

Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/files/original182343202006305efb832f79875.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2021.

FONSECA, M. G. P. **Iniciação à pesquisa no direito**: pelos caminhos do conhecimento e da invenção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009.

## LEVANTAMENTO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO ENTORNO RIO BALSAS DENTRO DO PERÍMETRO URBANO DE BALSAS - MA: UMA ANÁLISE AVALIATIVA DA DELIMITAÇÃO E ÁREA DA APP

**Marcos Vinicius Elias Martins<sup>1</sup>, Girllany Moreira Mendes<sup>2</sup>**

*E-mail: vfederal@hotmail.com; girllanymendes13@hotmail.com*

<sup>1</sup>Agrogeo e Topografia Ambiental, Balsas, Maranhão e Universidade Federal de Santa maria (UFSM)



<sup>2</sup>Universidade Estadual do Maranhão, Balsas Maranhão

**Palavras-Chave:** APP. Imageamento. Curso Hídrico. Balsas.

## Introdução

O Código Florestal Brasileiro é considerado um marco nacional quanto a premissa legislativa que instituiu os objetivos, permissividades, atribuições, sanções, penalidades e atos de preservação quanto às áreas ambientais que devem ser protegidas pelo poder público, pelo setor privado, pelos empreendedores e por conseguinte, pela sociedade civil (BRASIL, 2012). Além do CFB (Código Florestal Brasileiro), outras implementações legais também cooperam para que ocorra o controle, fiscalização e preservação dessas áreas como os decretos estaduais e municípios de cada estado e município além dos voltados especificamente para a preservação.

Não obstante dessa narrativa, o que pode ser observado é que a base legal do Brasil quanto à preservação do meio ambiente é considerada uma das mais bem construídas no mundo, por apresentar normativa e instruções para praticamente todos os eixos de ação (ARAÚJO, 2015). No entanto, percebe-se que ainda existe muita ilegalidade ambiental que coexiste com a base institucional ambiental implementada.

Conforme Corrêa et. al (2011), muitos fatores são levantados no que diz respeito à existência das inconformidades legais ambientais que diariamente são observadas, seja no meio urbano ou no meio rural. Entre eles: número pequeno de pessoas nos órgãos públicos ambientais, a falta de fiscalização, inaplicabilidade da legislação, falta de conscientização dos empreendedor, ou falta de conhecimento quanto ao que deve ser preservado são alguns dos fatores que contribuem para esse problema.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são áreas que, legalmente, devem ser protegidas e que devem estar fora dos processos antrópicos humanos. De acordo com Miranda e Silva Sá (2020), essas áreas possuem uma função primordial para o meio ambiente: o de proteger os cursos hídricos. A falta desse tipo de área ao longo do curso hídrico pode gerar uma série de problemas como: processos erosivos, diminuição do volume hídrico do rio/riacho, instabilidade do ecossistema terrestre presente no ambiente e decadência da fauna aquática. Visto isso, o presente trabalho tem como principal enfoque realizar um levantamento e comparação quanto ao que a legislação diz que deveria existir de área de preservação

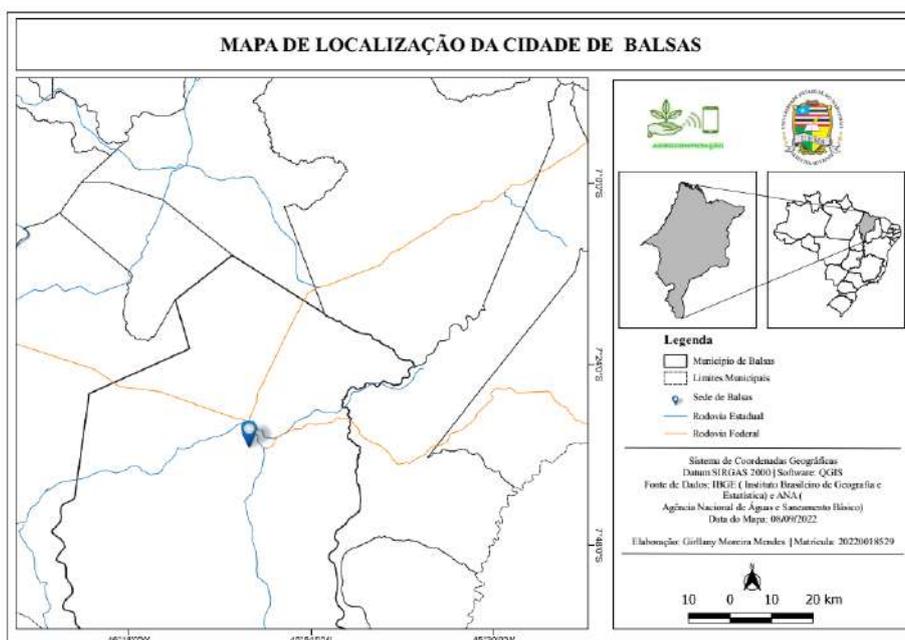
permanente no perímetro urbano do município de Balsas – MA e o que de fato, atualmente, existe de APP preservada na área analisada, visando verificar se existe diferença e qual seria essa diferença por meio do levantamento de dados e informações sobre a área do estudo.

## **Material e Métodos**

O presente trabalho foi realizado adotando uma metodologia do tipo quanto-avaliativa, ou conforme a Literatura: quantitativa e Avaliativa. Essa metodologia se baseia no levantamento de dados e informações sobre um objeto de estudo e em seguida diagnosticar as informações obtidas pautando-os, classificando-os, e apresentando possíveis problemas ou soluções para os resultados obtidos. O trabalho foi realizado no município de Balsas – MA (Figura 1), sendo aplicado no perímetro urbano, sendo tal zona delimitada pelo Plano Diretor do Município de Balsas (BRASIL, 2018).

Quanto a parte técnica, o presente trabalho foi realizado da seguinte forma:

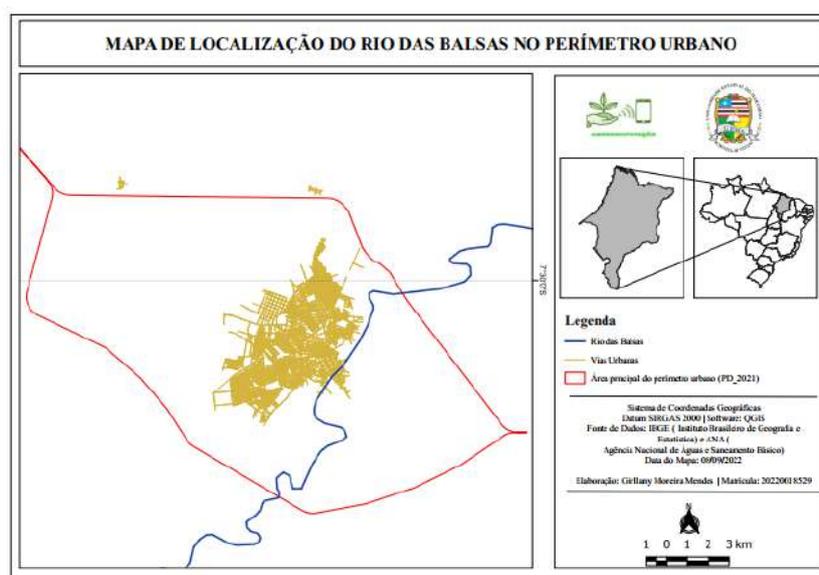
- Primeiro: Foi realizado uma detalhada verificação da Literatura para encontrar os padrões legais que estabelecem o tamanho apropriado das APPs ao longo do traçado do rio no tocante ao seu percurso no perímetro urbano do município de Balsas – MA.



**Figura 1:** Mapa de Localização do município de Balsas – MA.

**Fonte:** Autores (2022).

- Segundo: Foi levantado qual a bacia principal que abrange não só a área de estudo mas a região em que se localiza;
- Terceiro: Foi levantado qual a bacia secundária pertinente ao rio objeto de estudo;
- Quarto: Foi especificado qual seria a zona de estudo, que neste caso é o traçado do rio apenas no perímetro urbano (Conforme o plano diretor – Figura 2);



**Figura 2:** Mapa de Localização do município de Balsas no perímetro urbano – MA.

**Fonte:** Autores (2022).

- Quinto: Foi realizado o levantamento de como deveria ser em termos de tamanho, percentual e elaboração de mapa a APP no traçado da área de estudo conforme a Legislação;
- Sexto: Foi realizado o levantamento de como deveria ser em termos de tamanho, percentual e elaboração de mapa a APP no traçado da área de estudo conforme o Levantamento Atual por satélite e margeamento;
- Sétimo: Calculado a Diferença entre a APP com base legal e o que de fato existe na realidade.

É de suma importância destacar, que o margeamento foi realizado por meio de imagens de satélite que foram baixadas no site do google satélite atualizadas pois são melhores para o incremento da visualização em perímetros urbanos. Os outros mapas que envolvem a apresentação das bacias hidrográficas e cursos hídricos superficiais foram elaborados por meio de arquivos que se encontram disponíveis na base dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas) e do Site da ANA (Agência Nacional de Águas) em arquivos shapefiles. O processamento foi realizado por meio do programa Qgis.

## Resultados

O levantamento das informações sobre a área de estudo e sobre as influências dos meios hídricos na proposição da localização das APPs, permitiu entender aspectos como: quem é a bacia principal, a bacia principal secundária, a apresentação da área de estudo em foco no estudo apresentado e a delimitação da do curso do meio hídrico superficial dentro da área que deve ser analisada.

Sendo assim, a figura 3-A, inicia apresentando a bacia principal da área, que nesse caso é a Bacia Hidrográfica do rio Parnaíba. O município de Balsas pertence à bacia hidrográfica do rio Parnaíba, já que o rio das Balsas que drena a área do município é seu afluente pela margem esquerda. Conforme Filho e Lages (2011), esta bacia localiza-se na área transicional entre a Amazônia e a região Nordeste Ocidental. Por estar localizada numa área de transição, apresentam feições topográficas amazônicas na porção ocidental, feições aplainadas, sertanejas, no setor leste-sudeste, além de relevo subtabular que constitui as cuestas da porção

central da bacia. Ela drena uma área aproximada de 331.441 km<sup>2</sup>, distribuída entre os estados do Piauí, Maranhão e Ceará (Figura 3-B), sendo que uma parte está localizada no estado do Piauí, onde podem ser encontrados vários rios intermitentes. Em sua foz, o rio Parnaíba apresenta uma planície litorânea com aspectos variados.

A informação acerca da bacia hidrográfica apresentada é importante pois a bacia atribui características às águas superficiais e subterrâneas das áreas que fazem parte de sua delimitação, ou seja, o rio Balsas sofre influência direta da bacia a que está inserida, que neste caso é a bacia hidrográfica do rio Parnaíba. Não obstante dessa informação, a sub bacia ou bacia secundária, como também habitualmente é denominada, é apresentada na Figura 3-C.

A Bacia hidrográfica rio das Balsas possui como principal corpo hídrico superficial o rio Balsas que corta transversalmente o perímetro de todo o município de uma extremidade a outra. Conforme a legislação ambiental vigente, rios que possuam a especificação de comprimento que se enquadram na categoria do rio Balsas de 10 a 50 metros de largura devem possuir de forma a proteger os cursos hídricos de 50 metros a 100 metros de áreas adjacentes laterais preservadas (BRASIL, 2012).

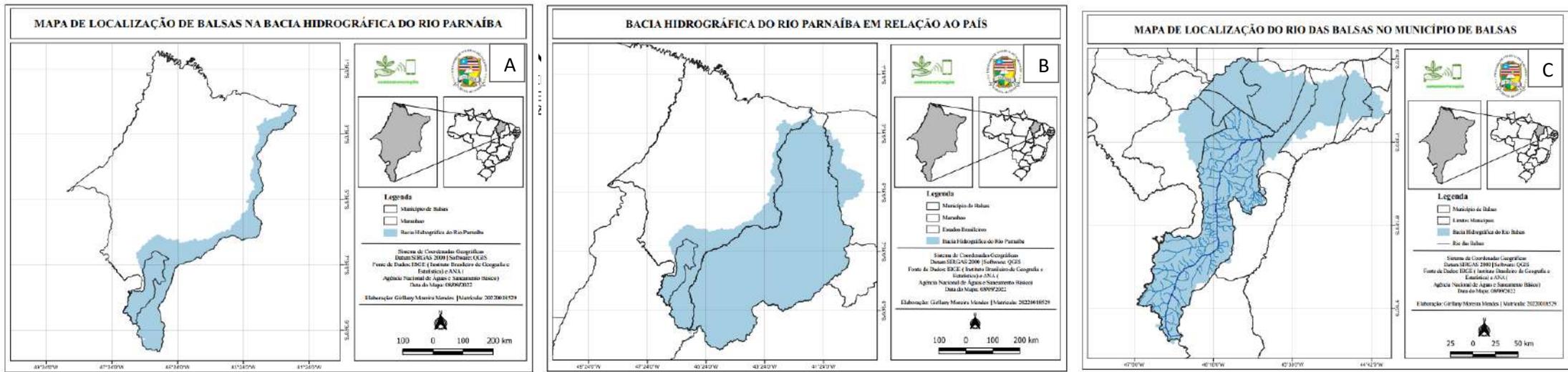
No caso do rio Balsas, a mediana em conformidade com a legislação apresenta que este corpo deve possuir um mínimo de 50 metros, para cada lado do rio (direito e esquerdo) que devem ser protegidos, ficando de responsabilidade do proprietário da parte que possui o direito a respectiva proteção dessa zona de mata ciliar no curso de sua propriedade.

No entanto, a realidade no Brasil, e mais especificamente no município de Balsas não costuma ser essa. A figura 4-A apresenta como deveria ser a APP em conformidade com a legislação ambiental nacional que instrui a preservação com normativa de área específica. O trecho apresentado do rio das Balsas na Figura 6, foi delimitado em conformidade com Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) que orienta as especificações quanto ao tamanho mínimo que as APPs devem possuir. Neste caso, se o trecho tivesse seguido a legislação ambiental, essa área protegida teria um valor de 187,7302 hectares dentro do percurso do trecho do rio no perímetro urbano que é de 18,790 km.

No entanto, as imagens de satélite mostram uma outra realidade. Após o levantamento da mesma área analisada apresentada na Figura 6, foi possível perceber que em muitos trechos dessa segmentação as áreas não estão preservadas, existem muitas parcelas de vegetação que foram retiradas e em alguns pontos chega até mesmo ser quase inexistente. O conjunto de

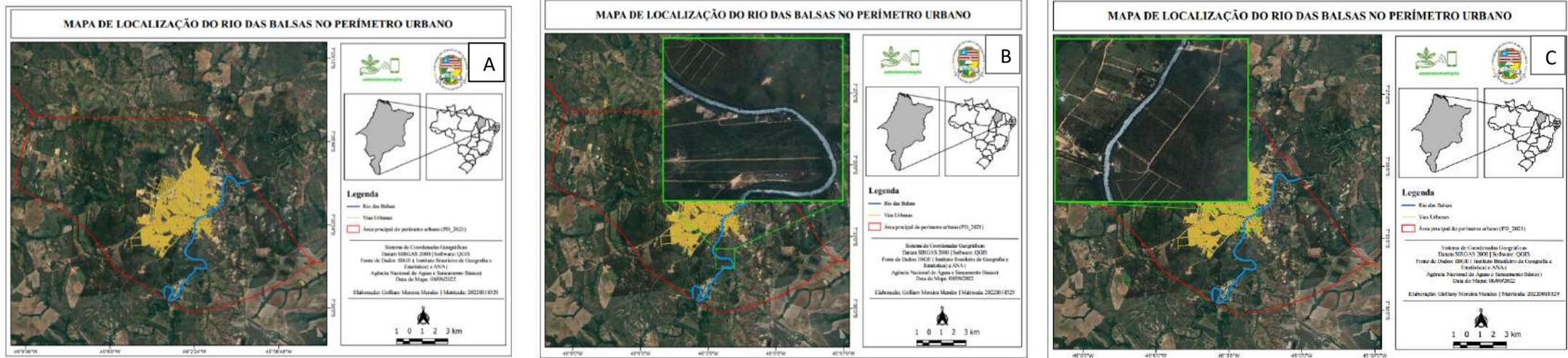
Figuras 4 – B e 4-C, apresentam e evidenciam a retirada dessa vegetação ciliar do curso hídrico. Como é possível observar, fica evidente que a zona avaliada possui déficit das áreas de APPs que deveriam estar legalmente protegidas. Após a composição da imagem de satélite e da avaliação quantitativa a mesma área para o traçado é de 101, 1105 hectares, ou seja, uma redução de 86,6197 (46,14%) hectares de APP que deveriam obrigatoriamente existir e serem preservadas. Entre algumas considerações a serem tomadas em função desse quadro estão:

- A falta de fiscalização dos órgãos ambientais;
- Aplicação de multas ao empreendedor/proprietário que, no limite do rio que pertence ao seu domínio fez ou permitiu a supressão indevida;
- Inaplicabilidade da Educação Ambiental como ferramenta que promove a difusão do conhecimento sobre a importância dessa parcela de vegetação para o curso hídrico.



**Figura 3:** A – Localização da Bacia em relação ao Estado do Maranhão; B - Localização da Bacia em relação ao País; C - Localização da Bacia em relação ao Município de Balsas.

**Fonte:** Autores (2022)



**Figura 4:** A – Localização de Balsas – Análise da APP como Deveria Ser; B –APP – Estado Atual Ponto 1; C –APP – Estado Atual Ponto 2. Todos de modo contínuo

**Fonte:** Autores (2022).

## Discussões e Conclusões

Após o levantamento das informações obtidas por meio do processamento das imagens foi possível inferir as seguintes conclusivas:

- O trecho do rio avaliado no perímetro urbano possui 18,790 km;
- Se a APP seguisse a delimitação conforme o CFB (2012), esta área avaliada deveria possuir 187,7302 hectares de APP;
- O imageamento da área permitiu perceber que atualmente essa área possui apenas 101,1105 hectares de APP, o que implica em uma redução de 46,14% da mata ciliar que deveria existir.
- O levantamento da bacia hidrográfica principal e secundária (sub-bacia) é relevante para entender o comportamento do curso hídrico e de sua respectiva vegetação que lhe acompanha. Entre os principais fatores que podem implicar nos dados encontrados estão:
  - A falta de fiscalização dos órgãos ambientais;
  - Aplicação de multas ao empreendedor/proprietário que, no limite do rio que pertence ao seu domínio fez ou permitiu a supressão indevida;
  - Inaplicabilidade da Educação Ambiental como ferramenta que promove a difusão do conhecimento sobre a importância dessa parcela de vegetação para o curso hídrico.

Diante disso, é notório que existe uma necessidade de cunho social, econômico e ambiental em conscientizar, multar, impedir e proteger as áreas de preservação permanente não apenas no traçado apresentado para o presente trabalho, mas no rio Balsas em toda a sua extensão.

## Referências

ARAÚJO, Suely Mara Vaz Guimarães de. (2015). **LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE MEIO AMBIENTE: Fundamentos Constitucionais e Legais**. Brasília – DF. Disponível em: <file:///D:/AgroGeo\_02/Downloads/legislacao\_fundamentos\_ganen\_araujo.pdf >. Acesso em: 06 de setembro de 2022.

BRASIL. (2012). Código Florestal Brasileiro. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24

de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília – DF. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-)

[2014/2012/lei/l12651.htm#:~:text=Esta%20Lei%20estabelece%20normas%20gerais,n%C2%BA%20571%2C%20de%202012](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm#:~:text=Esta%20Lei%20estabelece%20normas%20gerais,n%C2%BA%20571%2C%20de%202012)> Acesso em: 06 de setembro de 2022.

BRASIL. (2018). Plano Diretor do Município de Balsas/MA. **LEI 1.395/2018**. Dispõe sobre o plano diretor do município de balsas do estado Maranhão, e trata de outras providências. Prefeitura de Balsas - MA.

CARVALHO, R.G. (2014). **As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil**. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 36, p. 26-43, 2014.

CORRÊA, Rogerio Giusto; PEREZ, Ilma Conde. SOALHEIRO E I ROMANO, Livia. VALLE, Marcio Neves. (2011). **Fiscalização Ambiental**. Rio de Janeiro – RJ, 1ª edição, Novembro de 2011. Disponível em: <[chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcgclclefindmkaj/http://arquivos.proderj.rj.gov.br/inea\\_imagens/publicacoes/Serie\\_Gestao\\_Ambiental\\_-\\_Fiscalizacao\\_Ambiental.pdf](http://arquivos.proderj.rj.gov.br/inea_imagens/publicacoes/Serie_Gestao_Ambiental_-_Fiscalizacao_Ambiental.pdf)> Acesso em: 06 de setembro de 2022.

FILHO, Correia; LAGES, Francisco. (2011). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Balsas**. Francisco Lages Correia Filho, Érico Rodrigues Gomes, Ossian Otávio Nunes, José Barbosa Lopes Filho. - Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011. 31 p.: il.

MIRANDA, Erikli Amorim de; SILVA SÁ, Luana Martins da. (2020). **Cartilha nº 06: Área de Preservação Permanente**. Disponível em: <[chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcgclclefindmkaj/http://r1.ufrrj.br/grupospetrural/wp-content/uploads/2020/10/Cartilha-APP-PET-Floresta.pdf](http://r1.ufrrj.br/grupospetrural/wp-content/uploads/2020/10/Cartilha-APP-PET-Floresta.pdf)>. Acesso em: 07 de setembro de 2022.



## BIOMARCADORES HISTOPATOLÓGICOS NA ESPÉCIE *Pimelodus* sp. NA BACIA DO RIO PARNÁIBA NO MUNICÍPIO DE TASSO FRAGOSO-MA

TaílaLorrane da Silva Brito<sup>1\*</sup>, Rayssa Guimarães Rosa<sup>2</sup>, Maria de Jesus Cavalcante dos Santos<sup>1</sup>, Débora Batista Pinheiro Sousa<sup>1</sup>, Jonatas da Silva Castro<sup>1</sup>

*E-mail: taila.lsb@discente.ufma.br\**

<sup>1</sup> Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Departamento de Biologia, *Universidade Estadual do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Saúde ambiental; Bioindicadores; Lesões histológicas.

### Resumo

A contaminação de cursos hídricos devido a influência de atividades antrópicas pode prejudicar a saúde ambiental e conseqüentemente, os peixes residentes nesses ecossistemas. O objetivo deste trabalho foi analisar a presença de alterações histopatológicas em brânquias de peixes mandi (*Pimelodus* sp.) coletados em três diferentes pontos do rio Parnaíba nas proximidades do município de Tasso Fragoso - MA. O material biológico analisado foi retirado de 30 indivíduos de mandi, sendo 10 indivíduos de cada ponto de coleta. Os resultados indicaram alterações branquiais dos tipos: deslocamento epitelial, congestão, hiperplasia celular, aneurisma e fusão lamelar. A área urbana apresentou o maior grau de alterações, indicando que provavelmente esse ponto esteja sofrendo com a pressão antrópica oriunda das atividades ao entorno, além do agravo da utilização de defensivos agrícolas na região.

### 1 Introdução

O uso de insumos agrícolas sem acompanhamento técnico e em locais inadequados, como sítios de recarga de aquíferos, faz com que os riscos de contaminação ambiental sejam agravados e as práticas agrícolas se tornem importantes elementos para a poluição (HENN, 2009). Principalmente em função do manejo da área e das características de influência dos solos em seres vivos, o meio científico passou a se alarmar com a poluição e contaminação dos



ecossistemas aquáticos devido principalmente à presença destes agroquímicos no ambiente que o predispõe a perdas por lixiviação, volatilização, erosão eólica e carregamentos pela água da chuva (INOUE et al., 2011), podendo afetar os organismos presentes nesses ambientes, como os peixes.

Os peixes têm potencial de bioacumulação de poluentes presentes na água e seu consumo pode contaminar as populações humanas devido ao potencial de biomagnificação de poluentes através da cadeia alimentar (OLIVEIRA RIBEIRO et al., 2006). Por isso, é extremamente importante que se faça o monitoramento das espécies ícticas presentes em ambientes potencialmente impactados pela atividade antrópica, e o uso de biomarcadores têm se demonstrado uma metodologia eficiente para avaliar o efeito dos possíveis contaminantes aquáticos sobre a saúde dos peixes. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar alterações histológicas em brânquias do mandi (*Pimelodus* sp.) como biomarcadores de contaminação aquática na bacia do rio Parnaíba no município de Tasso Fragoso-MA.

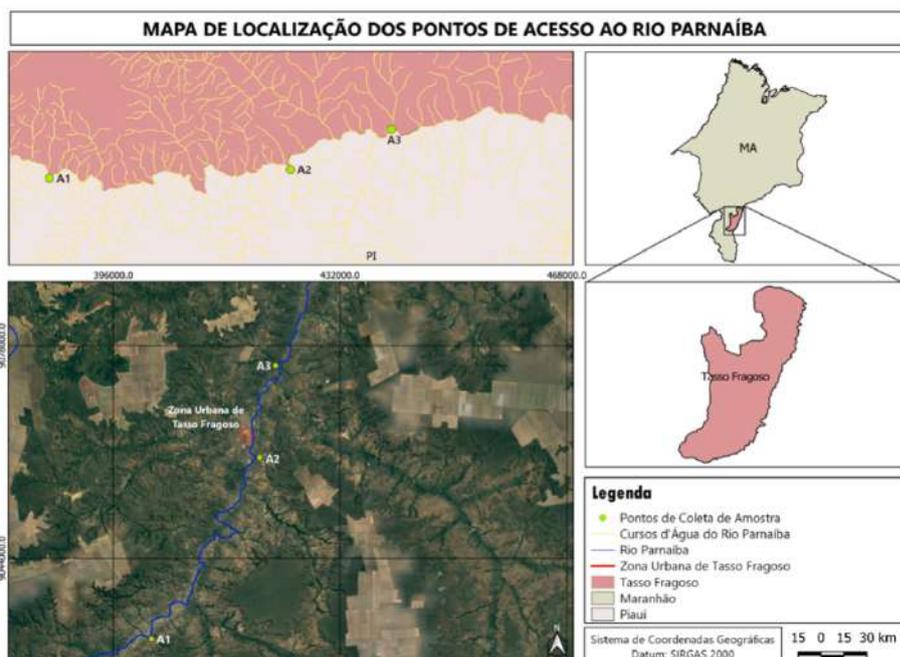
## 2 Material e Métodos

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O projeto possui licença do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO (80968-1/2021), da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA (A01-2022) e aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Maranhão - CEUA/UFMA (05/2022).

Três principais áreas de interesse ao redor da bacia do rio Parnaíba, nas proximidades do município de Tasso Fragoso- MA foram selecionadas para a coleta das amostras: Brejo Seco (A1), Zona Urbana (A2) e Brejo do Meio (A3), conforme mostra a Figura 1. Os pontos foram estrategicamente selecionados devido à influência de áreas agrícolas em suas proximidades, ou de residências rurais, fatores que podem interferir na qualidade da água do rio, visto os cursos d'água que passam pela área e desaguam no rio.





**Figura 1** - Mapa de Localização dos pontos de coletadas das amostras para o estudo. Fonte: AUTORES, 2022.

## 2.2 Coleta

Foram capturados 30 exemplares de mandi *Pimelodus* sp. entre os dias 12 e 14 de julho de 2022 no período manhã em três pontos distintos (A1, A2 e A3) da bacia hidrográfica do rio Parnaíba, sendo dez (10) peixes em cada ponto. Para isso foram utilizadas as seguintes artes de pesca: tarrafa, anzol e linha. Paralelamente à captura dos peixes foram aferidos os seguintes dados abióticos com auxílio de um multiparâmetro: Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido e Sólidos Totais Dissolvidos, em cada ponto de coleta dos peixes. Após a captura, os animais foram acondicionados em sacos plásticos e colocados em caixas de isopor com gelo para posteriormente serem tomadas as medidas biométricas, tais como: Comprimento Total (CT), Comprimento Padrão (CP) e Comprimento Furcal (CF) em cm, Peso Total (PT) em g. Depois de pesados e medidos, os animais foram eutanasiados via deslocamento cervical para retiradas das brânquias de cada exemplar, as quais foram fixadas em formol a 10% e mantidos em álcool 70% até o processamento histológico usual.

## 2.3 Análise histológica



O primeiro arco branquial direito de cada exemplar de *Pimelodussp.* foi desidratado em séries crescentes de álcoois, diafanizados em xilol, impregnados e incluídos em parafina. Cortes transversais de aproximadamente 5µm de espessura foram corados com Hematoxilina e Eosina (HE).

A leitura das lâminas e quantificação das alterações foi realizada em microscópio óptico utilizando-se as objetivas 10x e 40x, as lesões encontradas foram microfotografadas em microscópio óptico. A classificação das alterações branquiais quanto ao grau de severidade das lesões foi feita de acordo com a escala de Poleksic e Mitrovic- Tutundzic (1994) em: I (lesão leve), II (lesão moderada), III (lesão severa).

## 2.4 Análise estatística

Os dados estão expressos por meio da média e desvio padrão da média e foram testados quanto à distribuição de normalidade e homoscedasticidade antes das análises. Quando atendidas as premissas, os dados foram comparados por meio de uma Anova-oneway (alterações x pontos de coleta) com 95% de intervalo de confiança. Todas as análises e gráficos foram realizados no software GraphPad Prism 5.

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Características físico-químicas da água

Foram realizadas análises físico-químicas das águas dos pontos de coleta, conforme disposto na Tabela 1, onde aferimos os seguintes parâmetros: Temperatura (T), pH, Oxigênio Dissolvido (OD) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

**Tabela 1** – Dados abióticos coletados em três pontos de coleta de *Pimelodussp.* ao longo do Rio Parnaíba, Tasso Fragoso- MA.

Parâmetros	Brejo Seco (A1)	Zona Urbana (A2)	Brejo do Meio (A3)	Valores Recomendados
T (°C)	24,2	25,2	24,4	28 - 32°C <sup>a</sup>
pH	7,64	7,5	7,46	6,5-8,0 <sup>a</sup>

OD	8,5	9,1	8,4	>5 mg/L <sup>a</sup>
STD (ppm)	2,8	3	3	-

<sup>a</sup>Resolução CONAMA nº357/2005

Os resultados dos dados abióticos estão de acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005, exceto os valores de temperatura que estão abaixo do recomendado para todos os pontos avaliados.

Estudos mais aprofundados sobre os limites térmicos na espécie mandi (*Pimelodus sp.*) precisam ser avaliados, para compreender os reais efeitos desse parâmetro sobre a fisiologia, comportamento e reprodução da espécie em questão.

### 3.2 Dados biométricos

Foram analisados 30 espécimes de mandi *Pimelodussp.*, sendo 10 amostras de cada ponto de coleta. De cada indivíduo aferiu-se o Comprimento Total (CT), Comprimento Padrão (CP), Comprimento Furcal (CF) e Peso Total (PT), a média e desvio padrão foram obtidos conforme observado na Tabela 2:

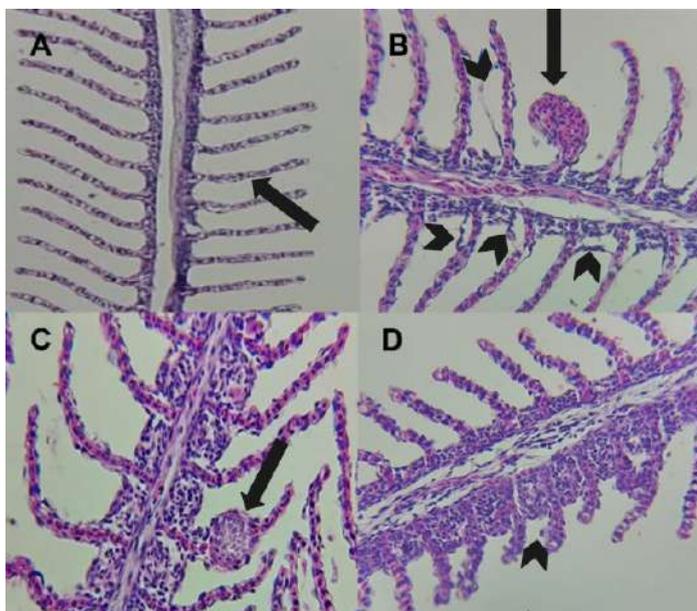
**Tabela 2** – Dados biométricos de *Pimelodussp.* coletados em três pontos do Rio Parnaíba, Tasso Fragoso- MA.

Média ± Desvio-padrão			
Parâmetros	Brejo Seco (A1)	Zona Urbana (A2)	Brejo do Meio (A3)
CT (cm)	16,38 ± 1,97	17,25 ± 0,96	17,00 ± 1,21
CP (cm)	13,82 ± 2,03	14,94 ± 0,91	14,66 ± 1,17
CF (cm)	14,93 ± 2,12	15,9 ± 0,74	15,51 ± 1,24
PT (g)	47,48 ± 2,39	52,7 ± 8,32	42,27 ± 8,75

### 3.3 Biomarcadores histopatológicos em brânquias de *Pimelodussp.*

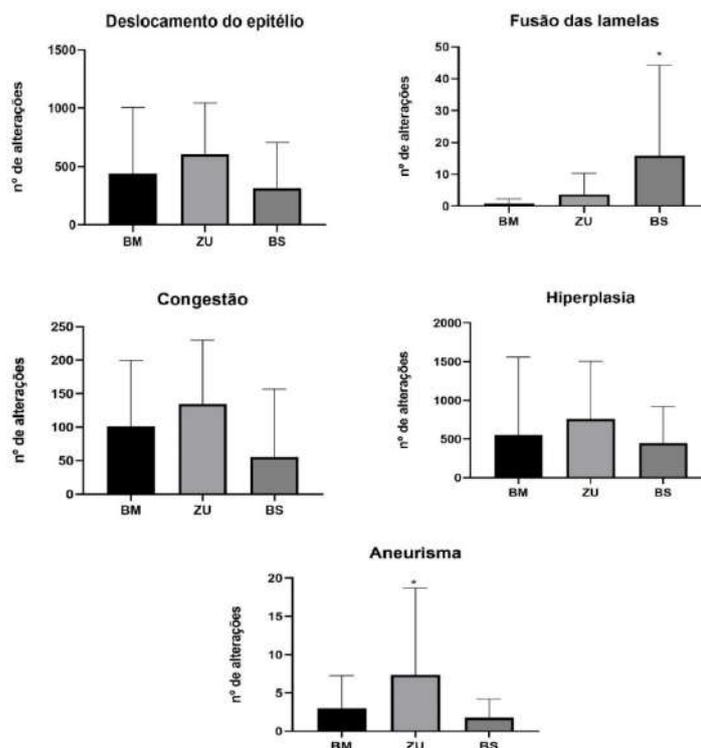


Nas lâminas de brânquias de *Pimelodussp.* analisadas observou-se as seguintes alterações: deslocamento epitelial (I), congestão (I), hiperplasia celular (I), fusão lamelar (II) e aneurisma (III) (Fig. 2).



**Figura 2** - Alterações branquiais em brânquias de *Pimelodussp.* coletados em três pontos do Rio Parnaíba. Onde: A) Lamelas normais (seta); B) deslocamento do epitélio lamelar (▲) e aneurisma (seta); C) Aneurisma (seta); e D) Fusão lamelar parcial (▲).

A Figura 3, indica a frequência das alterações branquiais em *Pimelodussp.* Não houve diferença na frequência das lesões deslocamento do epitélio, congestão e hiperplasia em nenhum dos pontos avaliados, todavia, pode-se observar uma tendência de aumento das lesões em peixe capturados próximos a Zona Urbana (ZU) de Tasso Fragoso. Houve diferença significativa na lesão do tipo aneurisma em peixes capturados na ZU ( $p < 0.05$ ) em relação aos demais pontos, e das alterações tipo fusão das lamelas em peixes capturados em Brejo Seco (BS) ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3** -Frequência de alterações branquiais de *Pimelodussp.* coletados em três pontos do Rio Parnaíba, Tasso Fragoso- MA. Asterisco indica diferença significativa entre os pontos de coleta.

O exame dos epitélios branquiais evidenciou lesões nos três estágios de severidade, sendo que as mais frequentes foram congestão vascular, deslocamento do epitélio lamelar e aneurisma, todas mais frequentes na Zona Urbana de Tasso Fragoso.

Alterações branquiais em estágio I, são exemplos de mecanismos de defesa que resultam no aumento da distância entre o ambiente externo e o sistema sanguíneo, formando uma barreira contra a entrada de contaminantes, mas podem ser reversíveis em caso de melhoria das condições ambientais (POLEKSIC; MITROVIC-TUTUNDZIC, 1994; FERNANDES; MAZON, 2003).

A identificação de aneurisma lamelar (lesão do estágio III) em exemplares de *Pimelodussp.*, indica um colapso do sistema de células pilares, com prejuízo na integridade vascular e risco de hemorragia devido à ruptura do epitélio (HINTON et al., 1990). Segundo Poleksic e Mitrovic–Tutundzic (1994), as mudanças nas estruturas das brânquias de peixe podem ser usadas para monitorar os efeitos subletal e crônico de poluentes. Os resultados apresentados indicam a necessidade de um monitoramento mais efetivo da região, buscando

identificar as fontes pontuais e as possíveis fontes difusas de contaminação, visando um controle e conseqüente minimização dos riscos aos organismos dessa região.

### Considerações Finais

A alta frequência de alterações branquiais identificadas em peixes coletados nas proximidades da Zona Urbana de Tasso Fragoso indica que provavelmente os organismos dessa região estão sofrendo uma maior influência de compostos tóxicos oriundos das atividades domésticas ou pela utilização de defensivos agrícolas nessa localidade. Estudos mais detalhados da concentração de componentes químicos na água e no solo serão realizados para fortalecer os resultados apresentados.

### Referências

BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHRADT-HOLM, WHALI, T. Histopatology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **JournalFisheryDiseases**, n. 22, p. 25-34, 1999.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:<  
[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2022.

FERNANDES, M. N., MAZON, E. A. F. Environmental pollution and fish gill morphology. In: Val AL, Kapoor BG (eds) **Fish adaptations**. Science Publishers, 1ª ed. Canadá, pp 203-231, 2003.

HENN, C. **Seleção de linhagens de basidiomicetos resistentes aos herbicidas atrazina e diuron: produção de enzimas lignolíticas e degradação dos compostos**. 110 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto, 2009.

HINTON, D. E., LAUREN, D. J., HOLLIDAY, T. L., GIAM, C. S. Liver structural alterations accompanying chronic toxicity in fishes: potential biomarkers of exposure. In: Mcarthy JF, Shugart LR (eds). **Biomarkers of Environmental Contamination**. Crc Press, Boca Raton Lewis Publishers, 1ª ed. Flórida, pp 51-65, 1990.



INOUE, M. H. et al. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados em solos contrastantes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 232-242, 2011.

OLIVEIRA RIBEIRO, C. A., FILIPAK NETO, F., MELA, M., SILVA, P. H., RANDI, M. A. F., RABITTO, I. S., ALVES COSTA, J. R. M., PELLETIER, E. 2006. Hematological findings in neotropical *Hoplias malabaricus* exposed to subchronic and dietary doses of methylmercury, inorganic lead, and tributyltin chloride. **Environmental Research**, v. 101, n. 1, p. 74- 80, 2006.

POLEKSIC, V., MITROVIC-TUTUNDZIC, V. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: Müller R, Lloyd R (eds) **Sublethal and Chronic effects of Pollutants on Freshwater Fish**. Cambridge, 1<sup>a</sup> ed, pp 339-352, 1994.



## DIAGRAMA DE CARTER-PENROSE: UMA ABORDAGEM CONFORME DE INFINITOS

Ramon da Conceição Alencar<sup>1\*</sup>; Madson Rubem Oliveira Silva<sup>2</sup>

E-mail: [ramon.alencar@discente.ufma.br](mailto:ramon.alencar@discente.ufma.br)

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Diagrama; Infinito; Penrose.

### Introdução

A equação de campo de Einstein e seus elementos tensoriais e escalares, são descritos como segue abaixo.

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi}{c^2}T_{\mu\nu}. \quad (1)$$

O elemento de linha no espaço-tempo é definido da seguinte maneira,

$$ds^2 = -e^{2F(r,t)}dt^2 + e^{H(r,t)}dr^2 + r^2d\theta^2 + r^2d\Omega^2. \quad (2)$$

A partir destas equações, tomando como princípio a eq.(2), Karl Schwarzschild desenvolveu uma solução para a equação de campo de Einstein, eq.(1), apresentada a seguir

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right)dt^2 + \left(1 - \frac{2M}{r}\right)^{-1}dr^2 + r^2d\theta^2 + r^2d\Omega^2. \quad (3)$$

Tal equação é conhecida como métrica de Schwarzschild.

Os problemas a serem resolvidos na eq.(3) para as representações diagramáticas de Penrose, são as singularidades removível e real, que denotam regiões no infinito.



O objetivo geral deste trabalho, é representar pontos localizados no infinito de um espaço-tempo numa região finita, através de uma transformação ou reescalonamento da métrica deste espaço-tempo. Os objetivos específicos, são a exploração do espaço-tempo de Minkowski, a compreensão das coordenadas de Eddington-Finkelstein e Kruskal-Szekeres e a representação de objetos astronômicos supermassivos (buraco negro, buraco branco e ponte de Einstein-Rose ou buraco de minhoca) nos diagramas de Penrose (ALENCAR, R. C.).

Este trabalho justifica-se, porque desejamos estudar e compreender os diagramas de Carter-Penrose para os casos de buraco negro de Schwarzschild. Além do mais, realizamos diversas passagens de cálculo, introduzindo coordenadas propostas por Eddington-Finkelstein e Kruskal-Szekeres à solução de Schwarzschild, e mostramos como ocorrem as viagens pelo multiverso através dos diagramas.

## Métodos

Coordenadas de Eddington-Finkelstein:

Para  $ds^2 = 0$ , teremos que a eq.(3) será

$$0 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right) dt^2 + \left(1 - \frac{2M}{r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 d\Omega^2. \quad (4)$$

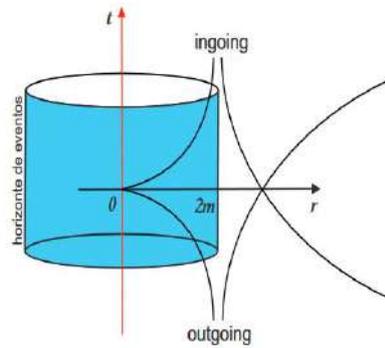
Derivando a eq.(4) em relação a  $ds$ , encontraremos

$$\left(1 - \frac{2M}{r}\right)^2 \dot{t}^2 = \dot{r}^2 \Rightarrow dt = \pm \frac{r}{r-2M} dr. \quad (5)$$

Integrando a eq.(5), obtemos

$$t = \pm(r + 2M \ln|r - 2M|) + cte, (6)$$

onde o sinal negativo da eq.(6) representa curvas de *incoming*, curvas de entrada, e o sinal positivo representa as curvas de *outgoing*, curvas de saída (D'INVERNO, 1992).



**Figura 1** - Curvas Incoming e Outgoing dos raios de luz.

Para eliminar a singularidade removível, Eddington e Finkelstein propuseram uma nova coordenada temporal  $\tilde{t}$ , descrita a seguir.

$$\tilde{t} = t \pm 2M \ln|r - 2M|. \quad (7)$$

Substituindo a eq.(6), com sinal negativo, na eq.(7), com sinal positivo, teremos a exposição de uma congruência de geodésicas radiais nulas de entrada (FROLOV; ZELNIKOV, 2011). Em que,

$$\tilde{t} = -r + cte. \quad (8)$$

Derivando a eq.(7) para as curvas *incoming*, teremos

$$dt = d\tilde{t} - \frac{2M}{r-2M} dr. \quad (9)$$

Substituindo a eq.(9) na eq.(3), a métrica da eq.(3) torna-se-á

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right) d\tilde{t}^2 + \frac{4M}{r} d\tilde{t}dr + \left(1 + \frac{2M}{r}\right) dr^2 + r^2\Omega^2. \quad (10)$$

A eq.(10) implica que a região  $0 < r < 2M$ , será acessível para raios de luz da região  $r > 2M$ , orientados pela congruência de geodésicas radiais nulas, uma vez que já não há mais singularidade em  $r = 2M$ . Para um observador externo, isto é um buraco negro (RYDER, 2009).

Para recuperarmos a simetria, consideremos um desenvolvimento a partir das curvas de *outgoing* da eq.(6), onde para este caso  $\tilde{t} = t^*$ , sendo uma coordenada reversa de tempo.

Substituindo a eq.(6), com sinal positivo, na eq.(7), com sinal negativo, a exposição de uma congruência de geodésicas radiais nulas de saída, será

$$t^* = r + cte. \quad (11)$$

Derivando a eq.(7) para as curvas *outgoing*, teremos

$$dt = dt^* + \frac{2M}{r-2M} dr. \quad (12)$$

Substituindo a eq.(12) na eq.(3), a métrica de Schwarzschild será convertida em

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right) (dt^*)^2 - \frac{4M}{r} dt^* dr + \left(1 + \frac{2M}{r}\right) dr^2 + r^2\Omega^2. \quad (13)$$

Devido a eq.(13), a simetria temporal está completa novamente. Outrossim, podemos notar que raios de luz cruzam  $r = 2M$ , saindo da região  $0 < r < 2M$ , em direção a região onde  $2M < r < \infty$ . Um objeto com tais características é denominado de buraco branco.

Coordenadas de Kruskal-Szekeres:

Na abordagem do sistema de coordenadas de Kruskal-Szekeres, estudaremos todas as regiões possíveis em um espaço-tempo de Minkowski (PENROSE, 2005). Assim, introduziremos uma coordenada nula de tempo avançada na métrica de Schwarzschild, eq.(3). Logo,

$$v(t, r) = t + r + 2M \ln\left(\frac{r}{2M} - 1\right). \quad (14)$$

Derivando a eq.(14) e substituindo a derivada na eq.(3), teremos

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right) dv^2 - 2dvdr + r^2 \Omega^2. \quad (15)$$

Similarmente à eq.(10) nas coordenadas de Eddington-Finkelstein, a eq.(15) é assimétrica no tempo. Não temos invariância no elemento de linha se  $v \rightarrow -v$ , com isso, precisamos adotar uma coordenada retardada no tempo para recuperar a simetria. Logo,

$$w(t, r) = t - r - 2M \ln\left(\frac{r}{2M} - 1\right). \quad (16)$$

Derivando a eq.(14) e substituindo a derivada na eq.(3), teremos

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right) dw^2 - 2dwdr + r^2 \Omega^2. \quad (17)$$

Se desenvolvermos a eq.(10) e a eq.(13) a partir da introdução de coordenadas nulas, perceberemos que os resultados serão equivalentes à eq.(15) e eq.(17) (D'INVERNO, 1992). Portanto, voltando à simetria, temos que a eq.(17) expressa o elemento de linha do parâmetro de reversão temporal  $w$ , em que as curvas *outgoing* dos raios de luz são denotadas quando  $w \rightarrow -w$ .

Introduzindo novas coordenadas, teremos que

$$z = \frac{1}{2}(e^{v/4M} + e^{-w/4M}), \quad (18)$$

$$h = \frac{1}{2}(e^{v/4M} - e^{-w/4M}). \quad (19)$$

Substituindo a eq.(14) e a eq.(16) na eq.(18),

$$z = \left(\frac{r}{2M} - 1\right)^{1/2} e^{r/4M} \cosh\left(\frac{t}{4M}\right). \quad (20)$$

Derivando a eq.(20), encontraremos

$$dz = \alpha \cosh\left(\frac{t}{4M}\right) + \beta \sinh\left(\frac{t}{4M}\right), \quad (21)$$

em que,

$$\alpha = \frac{r^2}{32M^3(r-2M)} e^{r/2M}, \quad (22)$$

$$\beta = \frac{(r-2M)}{32M^3} e^{r/2M}. \quad (23)$$

Analogamente para a eq.(19), teremos que

$$h = \left(\frac{r}{2M} - 1\right)^{1/2} e^{r/4M} \sinh\left(\frac{t}{4M}\right), \quad (24)$$

onde derivando a eq.(24), encontraremos

$$dh = \alpha \sinh\left(\frac{t}{4M}\right) + \beta \cosh\left(\frac{t}{4M}\right). \quad (25)$$

A diferença entre os quadrados da eq.(20) e eq.(24), será

$$z^2 - h^2 = \left(\frac{r}{2M} - 1\right) e^{r/2M} \quad (26)$$

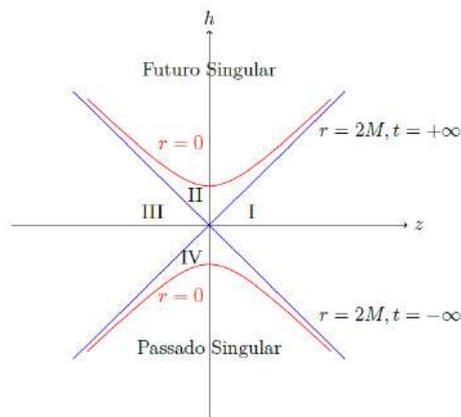
e a diferença entre os quadrados de suas derivadas, eq.(21) e eq.(25), corresponderá a

$$dz^2 - dh^2 = \alpha^2 dr^2 - \beta^2 dt^2. \quad (27)$$

Substituindo a eq.(22) e a eq.(23) na eq.(27) e posteriormente substituindo o resultado na eq.(3),

$$ds^2 = \frac{32M^3}{r} e^{-r/2M} (dz^2 - dh^2) + r^2(z, h)d\Omega^2, \quad (28)$$

que nos dá a solução de Kruskal-Szekeres para a métrica de Schwarzschild. Note que na eq.(28) também não há restrições para  $r = 2M$  (SAA, 2016).



**Figura 2** - Diagrama de Kruskal.

A região I da Figura 2 representa o mundo real, a região II representa um buraco negro (visto que objetos atravessam  $r = 2M$  em direção a  $r = 0$ ), a região III é uma região simétrica a

região I, e a região IV é um buraco branco, sendo que objetos saem da singularidade real para a região I.

Diagramas de Carter-Penrose:

Os diagramas de Penrose nos ajudarão a identificar os objetos astronômicos citados com uma transformação conforme de  $ds$ . Assim, consideremos a métrica do espaço-tempo de Minkowski,

$$d\tilde{s}^2 = -dt^2 + dr^2 + r^2 d\Omega^2. (29)$$

Em termos de coordenadas nulas avançadas e retardadas no tempo,  $\tilde{u} = t - r$  e  $\tilde{v} = t + r$ , respectivamente, teremos que a eq.(29) será

$$d\tilde{s}^2 = -d\tilde{u}d\tilde{v} + \frac{(\tilde{u}-\tilde{v})^2}{4} d\Omega^2. (30)$$

Multiplicando a eq.(30) pelo fator conforme a seguir,

$$\delta^2 = \frac{1}{(1+\tilde{u}^2)(1+\tilde{v}^2)}, (31)$$

teremos uma transição de  $d\tilde{s}$  para  $ds$ , onde

$$ds^2 = -\frac{d\tilde{u}d\tilde{v}}{(1+\tilde{u}^2)(1+\tilde{v}^2)} + \frac{(\tilde{u}-\tilde{v})^2}{4(1+\tilde{u}^2)(1+\tilde{v}^2)} d\Omega^2. (32)$$

Para trazer regiões do infinito a regiões finitas, introduzimos novas coordenadas à eq.(32).

$$\tilde{u} = \tan p, (33)$$

$$\tilde{v} = \tan q. (34)$$

Assim, substituindo a eq.(33) e a eq.(34) na eq.(32), teremos que

$$ds^2 = -dpdq + \frac{\sin^2(p-q)}{4} d\Omega^2, (35)$$

onde, por definição,

$$-\pi \leq p, q \leq \pi. (36)$$

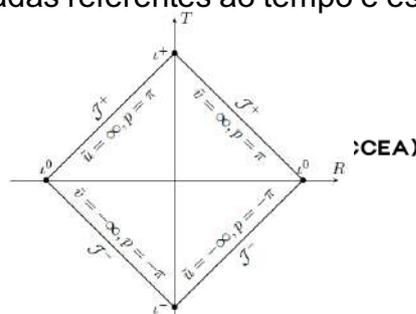
A métrica encontrada na eq.(35), conhecida como métrica do espaço-tempo de Minkowski, é a eq.(29) reescalonaconformalmente.

O tempo e o espaço nos diagramas de Carter-Penrose, são estabelecidos com novas coordenadas, representando o infinito de maneira finita (COIMBRA-ARAÚJO, 2016), onde

$$p = T - R, (37)$$

$$q = T + R. (38)$$

As coordenadas  $T$  e  $R$  são coordenadas referentes ao tempo e espaço nos diagramas de Carter-Penrose.



$t^-$  → passado tipo-tempo;  
 $t^+$  → futuro tipo-tempo;  
 $t^0$  → passado e futuro tipo-espaço;  
 $\mathcal{I}^-$  → infinito passado nulo;  
 $\mathcal{I}^+$  → infinito futuro nulo.

**Figura 3 - Diagrama compactado.**

Para representação das coordenadas de Kruskal-Szekeres nos diagramas de Penrose, adotamos novas coordenadas à métrica da eq.(17). Logo,

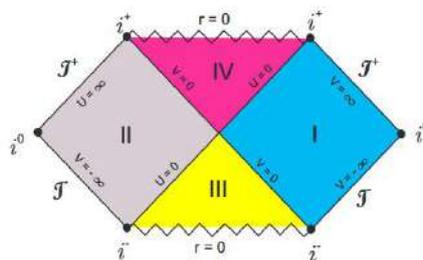
$$U = -4M e^{-v/4M}, \quad (39)$$

$$V = 4M e^{w/4M}. \quad (40)$$

Substituindo a eq.(14) na eq.(39), a eq.(16) na eq.(40), derivando os resultados, multiplicando as derivadas dos resultados,  $dUdV$ , e substituindo na eq.(17), teremos que

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right) dv^2 - 2dwdr + r^2\Omega^2. \quad (17)$$

Os resultados da eq.(39) e eq.(40), quando submetidas ao intervalo da eq.(33) e eq.(34) para as especificações da eq.(36), não condizem com os intervalos do espaço-tempo de Minkowski (CARROLL, 2003). Portanto, adotamos  $-\infty < U, V < \infty$ . O diagrama de Penrose para estas coordenadas será,



**Figura 4 - Diagrama de Penrose para a solução de Kruskal.**

A Figura 4 apresenta quatro regiões. A região I atende às condições reais de tempo e espaço, limitadas por  $U = 0$  e  $r = 2M$ , que são características de um horizonte de eventos. A região II, por sua vez, é a simetria inversa da região I, atendendo a  $V = 0$  e  $r = 2M$ . A região III representa o buraco branco, seguindo a congruência das geodésicas nulas avançadas no tempo, e a região IV é o buraco negro.

As regiões III e IV apresentam ondulação entre os pontos de futuro infinito tipo-tempo e entre os pontos de passado infinito tipo-tempo, definindo a singularidade em  $r = 0$ .

## Resultados

Levantamos fatos históricos que levaram Penrose a elaborar seus diagramas. Além do mais, demonstramos uma solução da equação de Einstein realizada por Schwarzschild em 1906, e construímos o diagrama de Carter-Penrose para a solução de Schwarzschild, utilizando o tratamento conforme de infinitos.

## Discussões e Conclusões

Ao fim de toda esta abordagem, notamos que os cálculos de Eddington-Finkelstein e Kruskal-Szekeres para a métrica de Schwarzschild, proporcionam soluções para a singularidade removível,  $r = 2M$ . Também há implementações de novas coordenadas, por parte de Penrose, para compactar as soluções infinitas ao domínio finito. O que permite a demonstração finita, através de diagramas, do que denominamos de buraco negro, buraco branco e buraco de minhoca (ponte de Einstein-Rosen).

## Referências

ALENCAR, R. C. ***Diagrama de Carter-Penrose: Uma Abordagem Conforme de Infinitos.***

Orientador: Madson Rubem Oliveira Silva. 2022. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal do Maranhão. 2022.

CARROLL, S. ***Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity.***[S.l.]: Benjamin Cummings, 2003.

COIMBRA-ARAÚJO, C. H. ***Diagramas de Carter-Penrose em Relatividade Geral: buracos negros e outros exemplos explícitos.***[S.l.]: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2016. (Vol.38).

D'INVERNO, R. ***Introducing Einstein's Relativity.*** [S.l.]: Oxford University Press, 1992.

FROLOV, V. P.; ZELNIKOV, A. ***Introduction to black hole physics.*** Oxford: Oxford Univ. Press, 2011.



PENROSE, R. *The road to reality : a complete guide to the laws of the universe*. London: Vintage, 2005.

RYDER, L. *Introduction to General Relativity*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2009.

SAA, A. *Cem anos de buracos negros: o centenário da solução de Schwarzschild*. [S.l.]:

Revista Brasileira de Ensino de Física, 2016.

## ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS E TRATAMENTOS DE FÁRMACOS EM EFLUENTES PRESENTES EM DIVERSAS MATRIZES AQUÁTICAS: UMA REVISÃO

**Carlos Daniel Nazareno Ferrão<sup>1\*</sup>, Maria de Jesus Cavalcante<sup>1</sup>, Itaelma Gomes dos Santos<sup>2</sup>, Pedro Augusto Pimentel de Vasconcelos<sup>2</sup>, Jonatas da Silva Castro<sup>1</sup>, Débora Batista Pinheiro Sousa<sup>1</sup>**

*E-mail: carlos.ferrao@discente.ufma.br\**

<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*



<sup>1</sup>Coordenação do Curso de Engenharia Civil, *Centro de Ciências de Balsas, Universidade Federal do Maranhão*

**Palavras-Chave:** Ecotoxicologia; fármacos; ecossistema aquático.

## Introdução

Atividades antrópicas e industriais são as principais responsáveis pela contaminação dos ecossistemas aquáticos, pois grande parte do que é consumido tem como destino os corpos hídricos (FILHO et al., 2018). Os produtos farmacêuticos são uma classe de contaminantes ambientais que surgiram no final do século XX devido ao rápido desenvolvimento de instrumentação analítica sensível e automatizada (PITTA et al., 2017), e atualmente o descarte inadequado desses químicos é visto com preocupação, considerando seus efeitos nocivos ao meio ambiente, em particular aos organismos aquáticos. Dentre os compostos farmacêuticos mais produzidos, destacam-se os antipiréticos, analgésicos, reguladores lipídicos, antibióticos, antidepressivos, agentes quimioterápicos e as drogas contraceptivas (GEBHARDT; SCHRODER, 2017).

A detecção frequente de medicamentos no ambiente aquático reflete o rápido crescimento da indústria farmacêutica (MASZKOWSKA et al., 2014) e um alto consumo indiscriminado desses medicamentos em todo o mundo (GU et al., 2012; BAYER et al., 2014). Outras razões para a alta frequência de detecção desses contaminantes em ambientes aquáticos são a remoção incompleta durante a passagem por estações de tratamento de esgoto (ETE) (TERNES, 1998; BAYER et al., 2014) e a persistência relativamente alta em matrizes de água (PIRAM et al., 2008; MASZKOWSKA et al., 2014).

Uma das principais rotas de entrada dos resíduos de fármacos no ambiente é o lançamento de esgotos domésticos, tratados ou *in natura*, nos cursos d'água, sendo necessário um monitoramento constante dessas fontes pontuais com o intuito de evitar um maior dano ambiental. E mesmo que o percentual de poluente seja pequeno e não cause danos aparente em um curto espaço de tempo, a exposição constante desse poluente pode gerar problemas irremediáveis à saúde humana e ao meio ambiente. Dessa forma, nesta revisão apresentamos dados referente aos ensaios ecotoxicológico com foco nos fármacos investigados em diversos organismos aquáticos.



## Material e Métodos

O levantamento dos dados foi realizado por meio de informações coletadas em artigos científicos relacionados a ensaios ecotoxicológico e tratamentos de efluentes com foco nos fármacos produzidos entre os anos de 2005 e 2022. Foram analisados 15 artigos (anexo A), a partir da busca definida sistematicamente nas bases de dados cadastradas na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ScientificElectronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico, contendo os seguintes descritores em português e inglês: “ecotoxicologia”; “estudos ecotoxicológico”; “efluentes”; “tratamento”; “fármacos”; e “medicamentos”.

Os dados foram organizados baseados nos seguintes aspectos: objetos de estudo dos trabalhos, priorizando estudos que envolvam ensaios ecotoxicológico para avaliação de efluentes com foco nos fármacos; tipo de ambiente; método utilizado; modelo biológico; danos nos organismos avaliados; e relação saúde ambiente.

## Resultados e Discussão

A primeira classe de fármacos analisada foram os anticancerígenos. Apesar de serem lançados deliberadamente em ecossistemas aquáticos, os riscos desse grupo para os organismos residentes ainda não foram bem caracterizados. Li et al. (2021) relatam a toxicidade de 17 fármacos anticancerígenos testados para organismos aquáticos. Classificaram a toxicidade dessas drogas para *Daphia magna*, microcrustáceo de água doce, pertencente a ordem Cladocera e amplamente utilizado como indicador biológico em estudos e controle da qualidade da água e em testes de toxicidade na avaliação de efluentes. Nesta revisão *D. magna* foi a espécie aquática mais utilizada para bioensaiosecotoxicológico nos estudos avaliados. Entre as drogas anticancerígenas selecionadas neste estudo, a toxicidade aguda em *D. magna* indicou cisplatina ( $CE_{50-48h}$  de 0,94  $\mu\text{g/L}$ ) > tamoxifeno (140  $\mu\text{g/L}$ ) > bleomicina (770  $\mu\text{g/L}$ ) > doxorubicina (2,1 mg/L) > gemcitabina (110 mg/L) > ifosfamida (162 mg/L) > capecitabina (850 mg/L) > metotrexato (>1000 mg/L, 85 mg/L para peixes) = ciclofosfamida (>1000 mg/L, > 1000 mg/L para peixes). Ao classificar as diferentes classes de anticancerígenos, a ordem de toxicidade foi: complexos de platina > agentes de terapia endócrina > antibióticos > agentes antimetabólitos > agentes alquilantes (com exceção da ifosfamida com maior toxicidade).

Referente aos fármacos presentes em águas residuais hospitalares, Khan et al. (2020) relataram o uso irrestrito de muitos fármacos proibidos. A caracterização dos resíduos de



medicamentos revelou a existência de 12 classes terapêuticas. Essas classes abrangem o maior percentual em termos de analgésicos, antibacterianos e anti-infecciosos; e menores como antiepilépticos, anti-inflamatórios e bloqueadores. A carga massiva de medicamentos e seus resíduos varia com a localização geográfica bem como com o tipo de unidade de saúde e geralmente estão na faixa de cerca de 1,5 a 310 g/dia. Os efluentes hospitalares são fontes de contaminantes micropoluentes que chegam às estações de tratamento, rede de esgoto e corpos hídricos naturais, produzindo bactérias/microrganismos resistentes.

Em relação aos fármacos anti-hipertensivos, os locais de maior ocorrência são em água doce, águas superficiais marinhas, efluentes de estação de tratamento de águas residuais (ETAR/ETE), hospitais e instalações de produção de medicamentos (GODOY et al., 2015). Estudos mostram os efeitos individuais e sinérgicos dos anti-hipertensivos sobre diferentes espécies: em *D. magna* a mistura de atenolol, metoprolol e propranolol teve um efeito mais drástico quando avaliados individualmente (CLEUVERS, 2005); por outro lado, anti-hipertensivos propranolol e losartan, tiveram um efeito individual mais danoso sobre o crescimento da macrófita *Lemnaminor*, do que sinérgicamente (GODOY et al. 2015), a partir disso, podemos deduzir que o efeito varia entre espécies, tempo e concentrações; como demonstrado por Almeida (2021) ao avaliar o efeito do losartan sobre o bivalve *Perna perna*, verificou efeitos adversos no organismos apenas em concentrações mais altas (mg/L) após exposição de curto prazo. Um estudo realizado por Bento (2015), avaliando o efeito da amoxicilina no mexilhão *Perna perna*, verificaram que concentrações a partir de 1,0 g/L para a amoxicilina, não apresenta riscos ambientalmente relevantes, todavia o uso frequente desse medicamento no ambiente, mesmo que em baixas concentrações, pode acarretar o surgimento de organismos alvos resistentes (bactérias) ou toxicidade para microalgas por ser largamente utilizado em áreas de maricultura.

O aumento considerável de número de fármacos nas últimas décadas é consequência do crescimento populacional, entretanto, há também um aumento no descarte indevido desses fármacos no meio ambiente. Dentre esses fármacos estão os anti-histamínicos, uma classe de fármacos utilizados como aplicações para inflamações, doenças autoimunes, neurológicas e principalmente no controle de alergias humana, devido sua aplicação em diversas áreas e seu amplo uso, os anti-histamínicos se tornaram uma das maiores classes de fármacos utilizadas, por esse motivo, é de extrema importância a avaliar os impactos que este tipo de fármaco pode exercer no meio aquático (SANTOS, 2018). Sobre isso, o mesmo autor avalia a sensibilidade do peixe *Poeciliareticulata* aos anti-histamínicos cetirizina e loratadina por meio da CL<sub>50</sub>, verificando



valores baixos das concentrações de toxicidade para os fármacos cetirizina e loratadina (145,62 mg/L e 0,74 mg/L, respectivamente), principalmente para a loratadina, sendo registrado toxicidade em concentração cerca 198 vezes abaixo do valor médio da  $CL_{50}$  para cetirizina. Como há poucos trabalhos que avaliem a toxicidade do fármaco em questão em ecossistemas aquáticos, e menos ainda em relação aos efeitos subletais, faz-se necessário busca de maiores informações sobre a presença dos fármacos no ambiente para uma melhor compreensão dos riscos ambientais que podem ocasionar aos organismos aquáticos e à saúde humana.

Para avaliar a presença desses medicamentos nos ecossistemas aquáticos, o uso da Partição a Baixa Temperatura - EPBT e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas tem sido amplamente utilizado (FLORIPES, 2018). Para avaliar o efeito desses medicamentos sobre a fisiologia dos organismos aquáticos, existe uma série de metodologias de monitoramento que podem ser aplicadas, tais como testes genotóxicos, histológicos, bioquímicos e citotoxicidade que irão avaliar os efeitos em diferentes níveis celulares (SOUZA et al., 2020). Essas metodologias são úteis e permite as agências ambientais monitorar com mais eficiência os ecossistemas aquáticos, tomando medidas de remediação e prevenção, quando esses ambientes apresentarem concentrações danosas aos organismos presentes.

## Conclusões

O tratamento de efluentes é considerado o ponto exato para a proteção de ecossistemas aquáticos em relação aos resíduos gerados pelo processo de fabricação de medicamentos, uma prática que deveria receber mais atenção, tendo em vista que o processo causa inúmeros problemas não somente para o meio ambiente e os animais ali presentes, mas também aos seres humanos que irão consumir essa água e/ou esses animais. Por esse motivo, é necessário que haja mecanismos para avaliar a qualidade dos corpos hídricos, pessoal responsável por supervisionar esse tipo de atividade, penalizar aqueles que transgridam os valores estabelecidos e, para aqueles corpos hídricos que já se encontram poluídos, receber tratamento adequado.

## Referências

ALMEIDA, J. E. Estudo Ecotoxicológico e Avaliação do Risco Ambiental do Fármaco Losartan em Ambientes Marinhos. 2021. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, 2021. Disponível em: <



[https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/61372/TCC\\_Final\\_JoaoEmanoeldeAlmeida\\_76741.pdf](https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/61372/TCC_Final_JoaoEmanoeldeAlmeida_76741.pdf). Acesso em: 10 de jul. de 2022

BAYER, A.; ASNER, R.; SCHÜSSLER, W.; KOPF, W.; WEIB, K.; SENGL, M.; LETZEL, M. Behavior of sartans (antihypertensive drugs) in wastewater treatment plants, their occurrence and risk for the aquatic environment. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, v. 21, p. 10830–10839, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-014-3060-z>.

BENTO, N. R. Avaliação ecotoxicológica dos fármacos fluoxetina e amoxicilina empregando o mexilhão marinho *Perna perna* (linnaeus 1758). Dissertação (Mestrado) – Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, 2015. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=2717425](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2717425)>. Acesso em: 10 de jul. de 2022

CLEUVERS, M. Initial risk assessment for three b-blockers found in the aquatic environment. *Chemosphere*, v. 59, p. 199–205, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.090>.

FILHO, J. A. A. C.; ALBUQUERQUE, T. B.; SILVA, N. B. N.; FREITAS, J. B. A.; PAIVA, A. L. R. Gestão de resíduos farmacêuticos, descarte inadequado e suas consequências nas matrizes aquáticas. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*. v. 4, n. 1, 228- 240, 2018.

FLORIPES, T.C. et al. Ocorrência de fármacos e desreguladores endócrinos em esgoto bruto e tratado na cidade de Belo Horizonte (MG). *Engenharia sanitária e Ambiental* [online]. 2018, v. 23, n. 06 [Acessado 5 Julho 2022] , pp. 1199-1211. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522018177703>>. ISSN 1809-4457.

GEBHARDT W.; SCHRÖDER H.Fr. Liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry for the follow-up of the elimination of persistent pharmaceuticals during wastewater treatment applying biological wastewater treatment and advanced oxidation. *J. Chromatogr. A*, v.1160, p.34-43, 2007



GODOY, A.A.; KUMMROW, F.; PAMPLIN, P.A.Z. Occurrence, ecotoxicological effects and risk assessment of antihypertensive pharmaceutical residues in the aquatic environment. *Chemosphere*, v. 138, p. 281–291, 2015. doi:10.1016/j.chemosphere.2015.06.024.

GU, Q.; BURT, V.L.; DILLON, C.F.; YOON, S. Trends in antihypertensive medication use and blood pressure control among United States adults with hypertension: The National Health and Nutrition Examination Survey, 2001 to 2010. *Circulation*, v. 126, p. 2105-2114, 2012.

KHAN, N.A.; AHMED, S.; FAROOQI, I.H.; ALI, I.; VAMBOL, V.; CHANGANI, F. Occurrence, Sources and Conventional Treatment Techniques for various antibiotics present in hospital wastewaters. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2020. doi:10.1016/j.trac.2020.115921.

LI, D.; CHEN, H.; LIU, H.; SCHELENK, D.; UM, J.; LACORTE, S.; YING, G.G.; XIE, L. Anticancer drugs in the aquatic ecosystem: Environmental occurrence, ecotoxicological effect and risk assessment. *Environment International*, v. 153, 2021. doi:10.1016/j.envint.2021.106543.

MASZKOWSKA, J.; STOLTE, S.; KUMIRSKA, J.; LUKASZEWICZ, P.; MIODUSZEWSKA, K. et al. Beta-blockers in the environment: Part II. Ecotoxicity study. *Sci. Total. Environ.*, v. 493, p. 1122-1126, 2014.

SANTOS, A. N. Avaliação ecotoxicológica da loratadina e cetirizina para *Poeciliareticulata*. 2018. TCC (Graduação) – Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, 2018. Disponível em: < [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/11237/2/Aline\\_Nunes\\_Santos.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/11237/2/Aline_Nunes_Santos.pdf) >. Acesso em: 10 de jul. de 2022

PIRAM, A.; SALVADOR, A.; VERNE, C.; HERBRETEAU, B.; FAURE, R. Photolysis of  $\beta$ -blockers in environmental waters. *Chemosphere*, v. 73, p. 1265-1271, 2008.

PITTA, M. G. R.; ANDRADE, C. A. S.; REGO, M. J. B. M.; ARAÚJO, B. C.; VILAR, K. M.; SANTOS, F. A.; ALMEIDA, A. R.; OLIVEIRA, W. L. M. Inovação tecnológica em fármacos e medicamentos. Olinda: Livro Rápido, 524p. 2017.



SOUZA, C.C.; AQUINO, S.F.; SILVA, S.Q. Ensaio toxicológicos aplicados à análise de águas contaminadas por fármacos. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2020, v. 25, n. 02 [Acessado 5 Julho 2022] , pp. 217-228. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522020183632>>. Epub 17 Abr 2020. ISSN 1809-4457.

TERNES, T.A. Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. Wat. Res., v. 32, p. 3245–3260, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00099-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00099-2).

## ANEXO A

### ARTIGOS AVALIADOS



Nº de autores	Nome do artigo	Revista	Ano
6	Ocorrência de fármacos e desreguladores endócrinos em esgoto bruto e tratado na cidade de Belo Horizonte (MG)	Engenharia Sanitária e Ambiental	2022
8	Anticancer drugs in the aquatic ecosystem: Environmental occurrence, ecotoxicological effect and risk assessment	EnvironmentInternational	2021
10	Occurrence, sources and conventional treatment techniques for various antibiotics present in hospital wastewaters	Trends in AnalyticalChemistry	2020
3	Ensaio toxicológicos aplicados à análise de águas contaminadas por fármacos	Engenharia Sanitária e Ambiental	2020
2	Invertebrados marinhos como biomarcadores de fármacos	ScientificElectronicArchives	2020
1	Repositório Institucional da Universidade Federal de Sergipe	Repositório Institucional da UFS	2018



6	Hospital effluents management: Chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries	Journal of Environmental Management	2016
4	Toxicidade ambiental de efluentes advindo de diferentes laboratórios de uma farmácia magistral	Ambiente & Água	2016
3	Occurrence, ecotoxicological effects and risk assessment of antihypertensive pharmaceutical residues in the aquatic environment	Chemosphere	2015
6	Characteristics of Effluent Wastewater in Hospitals of Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran	Health Scope	2015
1	Avaliação ecotoxicológica dos fármacos fluoxetina e amoxicilina empregando o mexilhão marinho Perna perna	Repositório Institucional da UNISANTA	2015
7	Ecotoxicidade de efluentes brutos e tratados gerados por uma fábrica de medicamentos veterinários	Ambiente & Água	2013



4	The mode of action (MOA) approach reveals interactive effects of environmental pharmaceuticals on <i>Mytilus galloprovincialis</i>	Aquatic Toxicology	2013
1	Fármacos no ambiente: implicações ecotoxicológicas	CAPTAR	2010
1	Initial risk assessment for three b-blockers found in the aquatic environment	Chemosphere	2005

