



**Pascal**  
Editora

**Camila Pinheiro Nobre**  
(Organizadora)

# Estudos Biológicos e Ambientais do Brasil



2019

**1**  
volume

**CAMILA PINHEIRO NOBRE  
(Organizador)**

**ESTUDOS BIOLÓGICOS  
E  
AMBIENTAIS DO BRASIL**

**EDITORA PASCAL  
2019**

**2019 - Copyright© da Editora Pascal**

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

**Edição e Diagramação:** Prof. M.Sc. Eduardo Mendonça Pinheiro

**Edição de Arte:** Marcos Clyver dos Santos Oliveira

**Revisão:** Os autores

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Aurea Maria Barbosa de Sousa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosany Maria Cunha Aranha

Prof. Dr. Glauber Túlio Fonseca Coelho

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

B615c

Coletânea Estudos Biológicos e Ambientais do Brasil / Camila Pinheiro Nobre (Org). São Luís (MA): Editora Pascal, 2019.

134 p. ; il. : 1 v.

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-80751-03-7

D.O.I.: 10.29327/53330

1. Meio Ambiente. 2. Biologia. 3. Impacto Ambiental. I. Título.

CDD: 344.046

577

CDU: 82-8

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

**2019**

[www.editorapascal.com.br](http://www.editorapascal.com.br)

contato@editorapascal.com.br

# APRESENTAÇÃO

O presente livro é composto por 11 capítulos nas áreas das Ciências Biológicas, Ambientais e Agrárias com relevância não só científica, mas também econômica e social. O objetivo deste e-book é apresentar resultados de pesquisas realizadas por diversos grupos de pesquisa do país e disponibilizar a todos os interessados nos temas. Trabalhos com temas como armazenamento de água, contaminação do solo e biorremediação, produtos alternativos para produção de etanol, efeitos climáticos na produção vegetal e criação animal, impactos ambientais em ecossistemas e fontes de energia alternativa são abordados neste volume.

Aproveitem a leitura!

Camila Pinheiro Nobre  
Organizadora

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>7</b>
<b>CONTROLE DE SECAS NO MEIO RURAL DA REGIÃO SUL DO BRASIL UTILIZANDO CISTERNAS PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA</b>	
Rodrigo Couto Santos, Ana Paula Cassaro Favarim, Hélio Ávalo, Luciano Oliveira Geisenhoff, Carlos Alberto Chuba Machado, Juliano Lovatto, Gismery da Silva Monteiro, Rafaela Silva Cesca, Francisco Pedroso Fernandes, Karina Freitas Costa	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
<b>APROVEITAMENTO DO FARELO DE MANDIOCA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL POR HIDRÓLISE-SACARIFICAÇÃO</b>	
João Paulo Silva Monteiro, Rafaela Luisa Kowalski, Jothson Gustavo Ribeiro, Diógenes Luiz Cardoso, Luis Fernando Souza Gomes	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
<b>ANÁLISE DE SOLO DANIFICADO E EMPOBRECIDO DEVIDO À EFEITOS DE AGROTÓXICOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A POPULAÇÃO CONSUMIDORA DE SEUS MEIOS</b>	
Mylca Costa de Oliveira, Fernanda Freitas Paiva, Geisa Manuelle Sousa Vieira, Mayara Gomes, Stephanny Ingrid Nunes Pereira, Zilmar Timóteo Soares	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
<b>A CORRELAÇÃO ENTRE A VEGETAÇÃO E A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE EM PONTA GROSSA-PR-BRASIL</b>	
Gilson Campos Ferreira da Cruz	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
<b>PANORAMA DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO MARANHÃO</b>	
Débora Danna Soares da Silva, Layse Lorena Neves Sales, Gabrielle Silva de Almeida, Pablo Seixas da Silva França, Jeferson Botelho Rodrigues	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
<b>MICROORGANISMOS E BIORREMEDIAÇÃO: PESTALOTIOPSIS MICROSPORA, UM FUNGO ENDOFÍTICO TROPICAL CAPAZ DE TOLERAR MERCÚRIO</b>	
Juliano dos Santos, Mairla Santos Colins, Núrzia Cristina Correia Santana, Leandro Souza Silva, Raiza Pacheco Mendonça, Ilisandra Zanandrea	

**CAPÍTULO 7 ..... 73**

**O ECOSSISTEMA MANGUEZAL NO CONTEXTO DA URBANIZAÇÃO: IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREA DE MANGUE DO BAIRRO VILA PALMEIRA, SÃO LUÍS – MA**

Ingrid Nicolly Oliveira Lyra, Glauce Danielle Gonçalves dos Santos, Ramon Sousa da Costa, Eduardo Pinheiro Mendonça

**CAPÍTULO 8 ..... 86**

**USO DE SISTEMA ESPECIALISTA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA PRODUÇÃO DE AVES DE CORTE E SUÍNOS EM MATO GROSSO DO SUL**

Rodrigo Couto Santos, Juliano Lovatto, Hélio Ávalo, Luciano Oliveira Geisenhoff, Carlos Alberto Chuba Machado, Gismery da Silva Monteiro, Ana Paula Cassaro Favarim, Rafaela Silva Cesca, Francisco Pedroso Fernandes, Karina Freitas Costa

**CAPÍTULO 9 ..... 95**

**VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DE OVINOS SUBMETIDOS A CONDIÇÕES DISTINTAS DE ESTRESSE TÉRMICO NO SEMIÁRIDO**

Nágela Maria Henrique Mascarenhas, Bonifácio Benício de Sousa, Dermeval Araújo Furtado, Maycon Rodrigues da Silva, Luanna Figueirêdo Batista, Raimundo Calixto Martins Rodrigues, Luiz Henrique de Souza Rodrigues, Ribamar Veríssimo Macedo, Leonardo Flor da Silva, Daniele Ferreira de Melo

**CAPÍTULO 10 ..... 103**

**TENDÊNCIA CLIMÁTICA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A PRODUÇÃO DE MILHO EM UM MUNICÍPIO DE BIOMA CERRADO NO ESTADO DO MARANHÃO: PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA**

Rafiza Najara Pereira Costa, Paula Verônica Campos Jorge Santos, Ayrton Santos Da Silva, Jorcelo Carvalho da Silva Filho, Juliana Silva De Matos, Julyana Santos de Santana Moraes, Polyene dos Santos Castro, Ronaldo Souza Silva

**CAPÍTULO 11 ..... 116**

**VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR NO ESTADO DO MARANHÃO**

Andréa Karla Câmara Lopes, Layse Lorena Neves Sales, Eduardo Mendonça Pinheiro, Débora Danna Soares da Silva, Darllan Weskley Sousa Silva

# CAPÍTULO 1

## **CONTROLE DE SECAS NO MEIO RURAL DA REGIÃO SUL DO BRASIL UTILIZANDO CISTERNAS PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA**

*DRY CONTROL IN THE COUNTRYSIDE FROM THE SOUTH REGION OF  
BRAZIL USING TANKS FOR WATER STORAGE*

**Rodrigo Couto Santos  
Ana Paula Cassaro Favarim  
Hélio Ávalo  
Luciano Oliveira Geisenhoff  
Carlos Alberto Chuba Machado  
Juliano Lovatto  
Gismery da Silva Monteiro  
Rafaela Silva Cesca  
Francisco Pedroso Fernandes  
Karina Freitas Costa**



## Resumo:

Devido às condições climáticas adversas, em algumas épocas do ano há períodos de escassez de água no Brasil. A busca pelo desenvolvimento sustentável frente às questões ambientais tem despertado interesse nas estratégias de racionalização da água. A cisterna é conhecida como um reservatório fechado que pode armazenar a água da chuva dos telhados para uso em tempos de escassez. Além disso, também tem seu viés sustentável, fornecendo o uso de água na produção vegetal e animal. Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar o potencial de um modelo de cisterna fechada como uma construção rural utilizada no abastecimento de água durante a estação seca no Rio Grande do Sul. Foi realizado o dimensionamento de uma cisterna, considerando a precipitação média de um ano para o Rio Grande do Sul, volume da cisterna e área mínima do telhado para coleta de água, sendo verificado que um telhado de 8 x 9m é o suficiente para abastecer uma família de 4 pessoas. Ao final do estudo foi possível concluir que as cisternas são uma alternativa construtiva viável para a captação e armazenamento de água nos períodos de seca na região estudada. Cisternas também são recomendadas para a produção de plantas e animais, com benefícios relacionados ao uso sustentável e economia de água.

**Palavras chave:** Construções Rurais, Estiagem, Reserva De Água.

## Abstract:

Due to the adverse climatic conditions, in some times of the year there are periods of water scarcity in Brazil. The search for sustainable development in the face of environmental issues has provided an interest in water rationalization strategies. The cistern is known as an enclosed reservoir that can store rainwater from roofs for use in times of scarcity. In addition, it also has its sustainable bias by providing the use of water in plant and animal production. Therefore, the objective of this study was to analyze the potential of a closed cistern model as a rural construction used in the water supply during the dry season in Rio Grande do Sul. Was performed the sizing of a cistern was carried out, considering the average rainfall of one year for Rio Grande do Sul, capacity of the cistern and minimum area of the roof for water collection, it being verified that a roof of 8 x 9m is enough to supply a family of 4 people. At the end of the study it was possible to conclude that cisterns are a viable constructive alternative for the capitation and storage of water during periods of drought in the studied region. Cisterns are also recommended for plant and animal production, with benefits related to sustainable use and water saving.

**Key-words:** Rural Buildings, Drought, Water Supply.





# 1. INTRODUÇÃO

A busca pelo “desenvolvimento sustentável” frente às questões ambientais tem ocasionado grande preocupação por parte dos governantes, de forma a buscarem problemas não apenas que resolvam questões voltadas ao desenvolvimento, mas também relacionadas a imagem que é refletida na sociedade (RODRIGUES et al., 2016).

O planeta Terra é constituído pela maior parte de água, possuindo aproximadamente 70% de sua superfície coberta por este líquido, porém apenas 2,5% deste montante é de água doce, sendo a maior parte encontrada em geleiras e em aquíferos de difícil acesso (DE SOUZA e MORAES, 2016).

No Brasil, as reservas hídricas geralmente atendem as necessidades de uso, entretanto, devido às condições climáticas adversas, em algumas épocas do ano estão havendo períodos de escassez. Segundo Koetz et al., (2010) a falta de água, comum em parte da região Nordeste do Brasil passa a ser observada também com maior frequência na região Sul do Brasil, principalmente no Rio Grande do Sul, despertando o interesse por estratégias de racionalização da água.

Ao contrário do que ocorre no restante do Brasil, nos meses de maior seca no País, acontece alta densidade pluviométrica, com excesso de chuvas concentradas, no Rio Grande do Sul. Porém, durante os meses de novembro a abril, o Estado recebe uma influência menor do trópico úmido, quando as chuvas são mais intensas em quase todo o Brasil.

A ausência de chuva no verão do Rio Grande do Sul é um fenômeno natural, o que exige um tratamento estrutural e não emergencial. Em anos excepcionalmente secos na Patagônia, quando coincide com a predominância do fenômeno conhecido como La Niña, chove menos no Rio Grande do Sul. Em outros locais, para combater o efeito da estiagem, uma estrutura muito utilizada para a captação e armazenamento da água das chuvas é a cisterna, estrutura esta ainda pouco comum neste Estado (COCCO et al., 2017).

A cisterna é conhecida como um reservatório fechado para armazenar água de chuva proveniente de telhados, secadores de grãos, pátios de residências, etc. Se bem armazenada esta água pode ser utilizada para uso doméstico (MARTINS e NOGUEIRA, 2015). Devido às condições climáticas, o Sul e o Nordeste apresentam períodos de escassez diferenciados, porém parecidos em intensidade, o que propicia uma captação da precipitação em épocas diferentes. No Rio Grande do Sul, portanto, pode-se acumular a água abundante no inverno para ser usada no verão, ao contrário do que ocorre no Nordeste.

As cisternas são importantes, pois minimizam os problemas com verminoses, assim como o menor gasto de horas por dia para buscar água nos açudes, a independência aos caminhões-pipa e a fixação da população na região. Assim, a



captação de água de chuva por cisternas proporciona às famílias água com mais qualidade (DOS SANTOS et al., 2015).

Posto isto, o objetivo deste estudo foi analisar o potencial de um modelo de cisterna fechada como construção rural importante paliativa do problema de abastecimento de água para a população do meio rural no período da seca no Rio Grande do Sul.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Segundo Feitosa et al. (2018) as cisternas são reservatórios que podem ser de forma retangular, quadrada, cilíndrica, pré-fabricadas, construídas, enterradas ou não, entre outras, que captam a água principalmente dos telhados das casas por meio de calhas ligadas a tubulações. O reservatório deve ser fechado para evitar a evaporação e a contaminação da água (Figura 1).



Figura 1 – Modelos de cisterna circular.  
Fonte: FEITOSA et al. (2018); DOS SANTOS et al., (2015)

De acordo com Azevedo et al., (2007), para a conservação da água, é interessante que a cisterna fique enterrada até aproximadamente dois terços da sua altura, mantendo a temperatura da água mais baixa. Da mesma forma, para evitar a contaminação desta água, torna-se necessário o uso de fossa séptica, separadas destas construções rurais, para o tratamento e posterior armazenamento de água residuária.

No Rio Grande do Sul, o verão é o período de maior evaporação, e menor precipitação, diminuindo ou secando rios e reservatórios. Entretanto, a precipitação nos demais períodos do ano, é suficiente para o armazenamento de água nas cisternas para uso na época da seca, por famílias da zona rural (CERA e FERRAZ, 2015).

Segundo De Sousa et al. (2017) como critério a ser avaliado na captação e armazenagem da água da chuva deve ser considerada a demanda de água para as

pessoas atendidas e o índice médio de precipitação para a região, no caso deste estudo o RS, no período de projeto, aqui considerado de um ano. Para fins de dimensionamento, deve ser considerada a área do telhado envolvido no projeto e o tempo mínimo de armazenagem da água no reservatório.

No dimensionamento de uma cisterna, o índice de precipitação deve ser obtido em instituições confiáveis como INPE, INMET, entre outros. Para o cálculo do volume ( $V_{\text{cisterna}}$ ) de uma cisterna qualquer pode ser utilizada a Equação 1, descrita por Gris et al., (2017).

$$V_{\text{cisterna}} = D_{\text{diária}} \times N_{\text{dias}} \quad (1)$$

em que:

$V_{\text{cisterna}}$  = volume da cisterna ( $\text{m}^3$ );

$D_{\text{diária}}$  = demanda de água ( $\text{m}^3$ );

$N_{\text{dias}}$  = número de dias de uso de água (365 dias).

Para fins de projeto, considerou-se que as águas enviadas às cisternas serão captadas exclusivamente por telhados, visto que estas possuem menor contato com contaminantes mantendo melhor qualidade. Assim, segundo Gris et al., (2017) faz parte do projeto um tratamento prévio da cobertura do telhado deixando-o melhor destinado para este fim.

No projeto, calcula-se a área superficial do telhado considerando a precipitação média anual para a localidade ou região mais próxima, determinando-se o volume da cisterna para que possa ser armazenada água suficiente para a demanda da família durante o período de seca anual. Koetz et al., (2010) recomendam que se possível construa um telhado com superfície molhada pouco maior que a necessária no projeto demandado, pois caso ocorra chuva menor que a de projeto ou maior consumo não haverá falta de água no período da seca.

De acordo com Gris et al., (2017) pode-se calcular a área necessária ( $A_{\text{necessária}}$ ) para a captação da chuva e dessa forma, atender ao volume necessário de água anual para uma família com a Equação 2.

$$A_{\text{necessária}} = \frac{V_{\text{cisterna}}}{\text{Precipitação}} \quad (2)$$



em que:

$A_{necessária}$  = área mínima do telhado ou outra superfície ( $m^2$ );

$V_{cisterna}$  = volume da cisterna (L);

Precipitação = precipitação média anual (mm).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste dimensionamento, segundo Koetz et al., (2010), para a região do Rio Grande do Sul (RS) deve-se considerar em dimensionamento de cisternas que uma família de 4 pessoas necessite em média de  $300 L \cdot dia^{-1}$  de água, por ano. E considerando 365 dias em um ano, esta necessitará de 109.500 L de água por ano ( $300 \times 365 = 109.500L$ ). Segundo o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (PROCERGS, 2018), a precipitação média anual varia entre 1500 mm na região de fronteira com o Uruguai e a Argentina e 2100 mm na região Norte do Estado, conforme verificado na Figura 2.

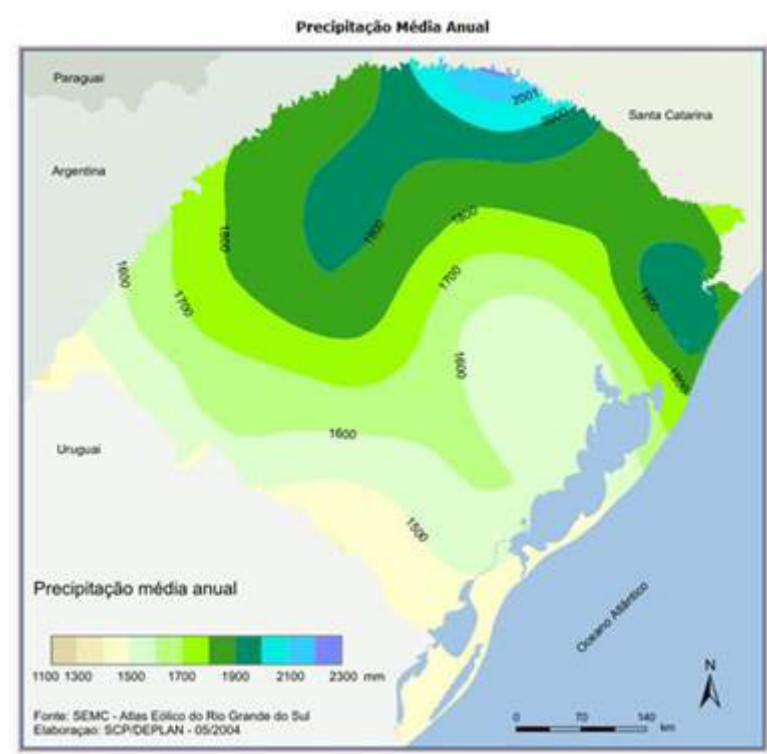


Figura 2 – Precipitação média anual.  
Fonte: PROCERGS (2018)

Considerando no cálculo a menor precipitação média anual para RS de 1500 mm, e um volume de água anual necessário de 109.500 L, a área necessária de telhado ou outra superfície para captação da água seria:

$$A_{necessária} = \frac{V_{cisterna}}{Precipitação}$$

$$A_{necessária} = \frac{109.500L}{1500mm}$$

$$A_{necessária} = 73 \text{ m}^2$$

Neste caso, uma casa simples com duas águas (Figura 3), para disponibilizar uma área de captação de 73 m<sup>2</sup>, deverá ter a área de suas águas (planos inclinados) o mais próximo possível do necessário. Ajustando para uma área de 75 m<sup>2</sup>, será necessário um telhado com 37,5 m<sup>2</sup> para cada água. Neste caso, se for arbitrado para cada água, dimensões de 9 m de largura por 8 m de comprimento e um telhado com 30° de declividade, tem-se um telhado com 37,6 m<sup>2</sup> em cada água e a seguinte estrutura:

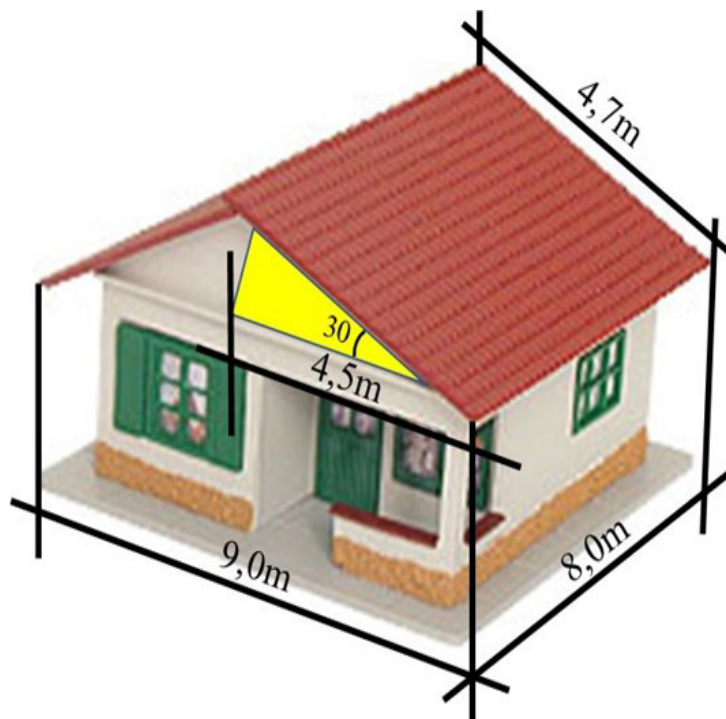


Figura 3 – Casa de duas águas.  
Fonte: Os Autores

Analisando a Figura 3 é possível verificar que uma casa com uma projeção horizontal da cobertura de 9m x 8m seria suficiente para captar a água necessária para atender os períodos de seca. Todavia, se disponível, recomenda-se o uso de valores de precipitação mínima anual exatamente na região em que será construída a cisterna e também alguns outros fatores, como evaporação e absorção do telhado, para assim, obter uma maior exatidão do que realmente acontece no local.

Segundo Brito et al. (2012) se bem manejada, a água armazenada em cisternas pode ser utilizada não apenas para consumo humano, mas também na produção vegetal, conforme Figura 4, onde são mantidas fruteiras e hortaliças para consumo familiar. Araujo et al. (2011) consideram a possibilidade de cultivar várias



espécies frutíferas com cisterna de produção e, com a produção obtida, incrementar melhorias significativas na dieta das famílias rurais atendidas.



Figura 4 – Cisternas de produção vegetal.  
Fonte: DOS SANTOS et al. (2015)

A cisterna também é mais uma opção para atender à demanda de água para pequenos animais (Figura 5), como aves, suínos, caprinos e ovinos. As tecnologias de captação e armazenamento da água de chuva são uma solução para diminuir os problemas causados por estiagens severas em sistemas de criações de animais nas épocas do ano que ocorrem estiagem. Para aproveitar essa água, a Embrapa Suínos e Aves de Concórdia (SC) recomenda a construção de cisternas de produção animal (EMBRAPA, 2012).



Figura 5 – Cisternas de produção animal.  
Fonte: DOS SANTOS et al. (2015)

Um exemplo de custo da cisterna para armazenamento de água de consumo humano com capacidade de armazenamento de 31 mil litros de água, construída com caixas pré-moldadas em 2016 foi de aproximadamente R\$ 12.380,00, considerando todas conexões, instalações elétricas e peças de coleta de água (ROTHER et al., 2016).

## 4. CONCLUSÕES

As cisternas são soluções para grandes estiagens, e por ser uma tecnologia mais limpa, acessível e sustentável, colaboram para a preservação do meio ambiente e qualidade de vida de populações com restrição de acesso a água.

O aproveitamento do uso da água da chuva no meio rural torna-se uma realidade com a implantação de cisternas de produção vegetal e animal, apresentando benefícios relacionados ao uso sustentável e economia da água.

Baseando-se na média anual de precipitação para a região de fronteira no Rio Grande do Sul, a utilização de cisternas demonstrou ser uma alternativa construtiva viável para a captação e armazenamento de água nos períodos de estiagem desta região.

## Referências

- ARAUJO, J. O.; BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B. Água de chuva pode incrementar qualidade nutricional da dieta das famílias. **In:** Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza - CE. 2011.
- AZEVEDO, M. A. de; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B. do; LEAL, A. F. Cisternas Rurais. **Revista Educação Agrícola Superior**. ABEAS, v. 22, n. 1, p. 47-52, 2007.
- BRITO, L. T. L.; ARAÚJO, J. O.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, M. J. Água de chuva armazenada em cisterna produz frutas e hortaliças para o consumo pelas famílias rurais: estudo de caso. **In:** Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Campina Grande - PB. 2012.
- CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.1, p.81-88. 2015.
- COCCO, G. P. R.; DE ALMEIDA, G. H. L.; LUPP, L. S. L.; JACOB, R. S.; BODEVAN, R. I.; BARBOSA, R. K. R. C.; SALES, V. D. S. L. Projeto de aproveitamento da água de chuva para o uso não potável domiciliar. **Percurso Acadêmico**, v.7, n.13, p.42-73. 2017.
- DE SOUSA, A. B.; DE ANDRADE NETO, C. O.; MAIA, A. G. Análise dos métodos de dimensionamento de cisternas com base na avaliação de volumes calculados para zonas pluviais homogêneas distintas. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 5, n.2, p.147-160, 2017.
- DE SOUZA, J. S.; MORAES, B. S. Analysis of public policies implemented for water management in Brazil. **Ciência e Natura**, v.38, n.2, p.913-918, 2016.
- DOS SANTOS, D. B.; MEDEIROS, S.S.; BRITO, L.T.L.; GNADLINGER, J.; COHIM, E.; PAZ, V.P.S.; GHEYI, H.R. Captação, manejo e uso de água de chuva/organizadores. **INSA**. Campina Grande, PB, 2015.
- EMBRAPA. Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves. 2012. Disponível em < [http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_v7r28u3f.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v7r28u3f.pdf)>. Acesso em 15 jun 2019.
- FEITOSA, E. R.; YADA, M. M.; SOARES, N. M. Uso de cisternas na captação da água da chuva para uso animal. **Revista Interface Tecnológica**, v.15, n.1, p.305-314, 2018.
- GRIS, V. G. C.; BERTOLINI, G. R. F.; JOHANN, J. A. Rural tanks: economic viability and perception of farmers in Palotina-PR. **Revista Nera**, v.37, p. 169-194, 2017.
- KOETZ, M.; SANTOS, R. C.; SILVA, N. M.; CABACINHA, C. D.; FERREIRA, W. C.. Uso de cisternas como prevenção às secas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-7, 2010.
- MARTINS, S. C. A S.; NOGUEIRA, N. O. Captação de água da chuva em propriedades rurais. **Nucleus**, v. 12, n.1, p.87-106, 2015.
- PROCERGS – Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão DO Rio Grande do Sul. Clima, temperatura e precipitação. 3 ed. 2018. Disponível em <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/midia/imagem/precipitacao3>> Acesso em 20 jun. 2019.
- RODRIGUES, A. L. S.; MIRANDA, A. C.; OLIVEIRA, J. P.; TORRES, K. R. C., CARVALHO, M. M.; ALMEIDA, R. V.; MOREIRA, S. P. R. Meio ambiente e sustentabilidade: a questão dos recursos hídricos e tecnologias de tratamento. **Revista Expressão**, n. 9, p.1-15, 2016.





ROTHER, F.; DEWES, T.; SCHNEIDER, M. Coleta da água da chuva: um meio sustentável e eficaz. **Revista Infinity**, v.1, n.1, 2016.



**APROVEITAMENTO DO FARELO DE  
MANDIOCA PARA A PRODUÇÃO  
DE ETANOL POR HIDRÓLISE-  
SACARIFICAÇÃO**

*HARNESSING THE CASSAVA BRAN FOR PRODUCTION OF ETHANOL BY  
HYDROLYSIS-SACCHARIFICATION*

**João Paulo Silva Monteiro**

**Rafaela Luisa Kowalski**

**Jothson Gustavo Ribeiro**

**Diógenes Luiz Cardoso**

**Luis Fernando Souza Gomes**

## Resumo:

O etanol pode ser produzido a partir de uma ampla diversidade de biomassas sacaríneas e amiláceas, disponíveis de forma abundante na natureza. O farelo de mandioca por sua vez, é um resíduo gerado em grande quantidade nas indústrias de beneficiamento de mandioca, e possui uma alta concentração de amido, podendo ser utilizado como matriz alternativa para produção de etanol. O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de etanol a partir do farelo de mandioca hidrolisado. Foram determinadas características do resíduo como a umidade do farelo, pH inicial e concentração de açúcares redutores. A hidrólise da biomassa amilácea foi realizada com o emprego de enzimas comerciais, após conclusão do processo de fermentação e destilação, o etanol obtido foi caracterizado, alcançando um teor alcoólico de 3,6 %, comprovando que é possível a produção de etanol a partir do farelo de mandioca.

**Palavras chave:** bioetanol, resíduo, amido, hidrólise.

## Abstract:

Ethanol can be produced from a wide variety of saccharin and starch biomasses abundantly available in nature. Cassava bran, in turn, is a waste generated in large quantities in cassava processing industries, and has a high concentration of starch and can be used as an alternative matrix for ethanol production. The present study aimed to evaluate ethanol production from hydrolyzed cassava bran. Residue characteristics such as bran moisture, initial pH and concentration of reducing sugars were determined. The hydrolysis of the starch biomass was performed with the use of commercial enzymes. After completion of the fermentation and distillation process, the obtained ethanol was characterized, reaching an alcohol content of 3.6%, proving that it is possible to produce ethanol from the Cassava bran.

**Key-words:** bioethanol, residue, starch, hydrolysis



## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de fontes de energia com potencial emissão de gases causadores do efeito estufa vem sofrendo críticas. Após decisões do protocolo de Kyoto em 1997, Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudança do Clima e Rio 92, políticas voltadas para redução na emissão de gases nocivos para o ser humano e meio ambiente vêm sendo adotadas. O uso de combustíveis ecologicamente corretos, como o etanol e o biodiesel, contribui com a redução do impacto ambiental (CGNEE; BNDES, 2008)

A maior parte da produção mundial de biocombustíveis se baseia na conhecida tecnologia de 1<sup>o</sup> geração, que se fundamenta na fabricação de etanol a partir de biomassas sacaríneas e amiláceas. A principal matéria prima utilizada no Brasil para produção de etanol, é a cana-de-açúcar, cultura com boa adaptabilidade ao solo brasileiro, sendo amplamente cultivada desde o período colonial. Atualmente, temos a disseminação da cultura por quase todos os estados brasileiros, havendo um destaque para a região Centro-Sul-Sudeste, com mais de 85% da produção, São Paulo é o estado de maior produção nacional com 60% da produção (CONAB; C. D. DE A., 2017).

A produção de etanol a partir da mandioca teve início no auge do Programa Pró-Álcool, apesar da cultura ser mais robusta que a cana-de-açúcar e ter disponibilidade o ano todo, possui difícil manejo e apresenta produtividade inferior a cana-de-açúcar. O Brasil continua entre os principais produtores mundiais da mandioca, ocupando a 4<sup>a</sup> posição no ranking mundial com 23 milhões de toneladas produzidas, a planta de origem brasileira é cultivada em grande parte dos estados (CONAB, 2017).

Nas fecularias, para cada tonelada de raiz processada são produzidos cerca de 928,6kg de farelo com 85% de umidade. Após seco, este resíduo apresenta em média 75% de amido e 11,5% de fibras, tendo normalmente como destino final a alimentação animal e adubo orgânico (CREDA, M. P., 1996)

Devido ao alto teor de amido presente no resíduo do farelo de mandioca, foi proposto que o farelo seja empregado para produção de etanol, caracterizando-o como biocombustível de 2<sup>o</sup> geração. Deste modo, a produção de etanol a partir do farelo de mandioca se torna uma escolha conveniente devido às características do resíduo, bem como propor uma nova destinação para o resíduo. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de etanol a partir do farelo de mandioca coletado de uma agroindústria do setor de amido de mandioca localizada no oeste do Paraná.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da matéria-prima

Foram coletados 3 kg de farelo de mandioca em uma amidonaria localizada no oeste do estado do Paraná. A amostra foi embalada em saco de polietileno e mantida sob refrigeração a 0°C para inibição da ação de microrganismos. O farelo foi caracterizado utilizando a metodologia de AOAC (1975), avaliando características como o teor de umidade e pH.

### 2.2 Teor de umidade

Para determinação do teor de umidade, cadinhos contendo 5g de amostra cada permaneceram 3 horas em estufa com circulação de ar a 105°C. Após resfriados em dessecador até temperatura ambiente, pesou-se em balança analítica, repetindo o processo até peso constante. Os ensaios foram conduzidos em triplicata.

### 2.3 pH

Para verificação do pH, foram utilizados 500 g de amostra em béquer e adicionado 1 L de água destilada. Após homogeneização da amostra o pH foi aferido em pHmetro.

### 2.4 Hidrólise enzimática do farelo

Para hidrólise enzimática e sacarificação do farelo, utilizou-se a metodologia da literatura, observando as indicações do fabricante das enzimas. A amostra foi previamente homogeneizada (500 g em 1 litro de água destilada). Ajustou-se o pH do farelo para 6,5 com o uso NaOH 1N. Após homogeneização adicionou-se 80 µL da enzima  $\alpha$ -amilase Termamyl® 2X. O conteúdo foi submetido a geleificação por calor, sendo aquecido lentamente em chapa aquecedora sob agitação suave até a temperatura de 90 °C, em seguida foi adicionado mais 130 µL enzima  $\alpha$ -amilase. A amostra foi mantida sob agitação e controle de temperatura à 90°C por 1 hora. Após resfriamento, à amostra foi adicionado ácido cítrico até pH 4,5. O conteúdo do béquer foi aquecido novamente até a temperatura de 70 °C, adicionou-se 200 µL da enzima amiloglicosidase AMG 300L, mantendo a agitação e temperatura por mais 120 minutos. Ao final deste processo foi realizado o teste com lugol a fim de verificar a presença de amido (NEVES, V. J. M. DAS; BROETTO, F. et al., 2008)

### 2.5 Fermentação

Após a conversão dos açúcares, o material foi esterilizado e então seguiu-se para a etapa de fermentação, onde foram adicionados 5 g de levedura *Saccha-*



*romyces cerevisiae*. O béquer contendo o mosto foi mantido em estufa à temperatura de 30°C por 24 horas. Ao término do processo de fermentação uma amostra de 100mL do fermentado foi retirada para determinação da concentração de açúcares redutores pelo método de DNS (MILLER, G. L, 1959).

## 2.6 Separação e obtenção do produto

O fermentado obtido foi centrifugado à rotação de 1000G. Após a centrifugação o sobrenadante foi retirado e transferido para um balão volumétrico de 100mL. O conteúdo dos balões volumétricos foi transferido para o extrator Soxhlet, 75 °C por 3 horas. Subsequente a destilação, houve a determinação do teor alcoólico do destilado utilizando-se de um densímetro.

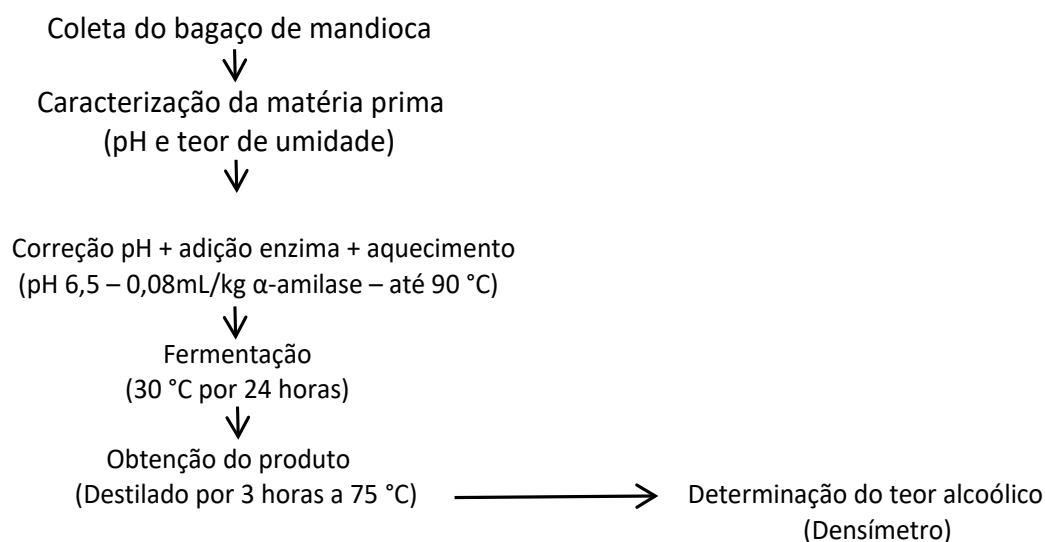


Figura 1. Fluxograma do processo

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A porcentagem de umidade da amostra está expressa na Tabela 1, onde também se encontram os valores de massa dos cadinhos e a massa do farelo. A umidade consiste na diferença entre a massa inicial e final do processo de secagem. A umidade média do farelo foi de 25,14% ± 0,332%, concentração relativamente baixa, visto que o bagaço de mandioca gerado durante a etapa de separação da fécula apresenta alto teor de umidade, com valores em torno de 70 % a 80 % (FIORDA, F. A.; JUNIOR M. S. et al., 2013).

Tabela 1. Umidade e massa seca do farelo de mandioca

Amostra (g)	Amostra seca (g)	Umidade (g)	Umidade (%)
5,07	3,57	1,5	29,59
5,08	3,77	1,31	25,79
5,39	4,31	1,08	20,04

O beneficiamento desta matéria prima produz para as fecularias cerca de 928,6 kg de bagaço para cada tonelada de mandioca processada. Dados da produção brasileira de fécula de mandioca ressaltam o grande volume gerado deste resíduo úmido, em torno de 2,09 milhões de toneladas (FAO, 2011).

A fim de verificar a eficácia da etapa de sacarificação do farelo de mandioca, aplicou-se o teste do lugol, exibindo uma coloração amarelada indicando a ausência parcial de amido. Esta etapa se caracteriza pela gelatinização do amido onde ocorre a liberação dos polissacarídeos amilose e amilopectina, na presença de enzimas como a  $\alpha$ -amilase e amiloglicosidase estes polissacarídeos sofrem quebra das ligações do tipo  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6, liberando dextrinas e oligossacarídeos de diferentes pesos moleculares (PANDEY, 2006).

A presença de açúcares redutores após a etapa de fermentação, foi determinada através do método (DNS) ácido 3,5-dinitrosalicílico com leitura de absorbância a 540 nm (NEVES, V. J. M. DAS; BROETTO, F. et al., 2008). A absorbância obtida para a triplicata foi de 0,229; 0,214 e 0,227, a partir destes valores e com o auxílio de uma curva analítica previamente construída para o padrão glicose, foi possível determinar a concentração de açúcares redutores. Quando em uma análise é feita a determinação de açúcares redutores, também é possível realizar o caminho inverso e determinar a concentração de amido a partir da concentração de açúcares redutores.

A conversão de amido a glicose atinge um máximo por volta de 94% em peso. A reação de hidrólise do amido aumenta 11,1% em massa ao incorporar uma molécula de água em cada unidade de glicose anidra (monômero), desta forma 100 g de amido produzem teoricamente 111,1 g de glicose (LLOYD, N.E., NELSON, W.J, 1984). O fator de conversão empregado pela metodologia da AOAC (1975) atribui uma taxa de 90% e baseando-se nesta recomendação assume-se que 100 g de amido produzem 100 g de glicose (AOAC, 1975).

Seguindo esta metodologia chegou-se a concentração inicial de amido de 0,2 g/L na amostra, uma concentração relativamente baixa. Os baixos valores encontrados podem ser justificados em função do processo utilizado durante a extração da fécula de mandioca nas indústrias, ou seja, quanto mais otimizado o processo de extração maior o teor de fibra alimentar total no bagaço e menor o teor de amido (CABELLO, C., 2006)





O rendimento do processo de separação e purificação do etanol produzido, que consiste nas etapas de centrifugação e destilação, está demonstrado na Tabela 2. Houve uma variação nos volumes de sobrenadante obtido após a centrifugação, isso se deve ao alto teor de fibras ainda presente.

Tabela 2. Rendimento (mL) das etapas de centrifugação e destilação do fermentado.

Amostra bruta*	Amostra centrifugada**	Destilação***
360	117	80
360	130	110
360	117,5	100

\* Volume de farelo fermentado utilizado para a etapa de centrifugação

\*\* Sobrenadante contendo a solução água + etanol

\*\*\* Volume destilado

Como o valor obtido na destilação não é o valor do teor alcoólico, foi necessário utilizar um densímetro, que mede a densidade da amostra de água + álcool, o resultado da média da densidade foi de  $0,9947 \pm 0,0027$  a 20°C. Utilizando como padrão a tabela do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), foi possível descobrir o volume de álcool contido na amostra destilada, resultando em uma porcentagem de 3,6% v/v (MAPA, 2018).

O resultado é satisfatório tendo em vista a produção de etanol de segunda geração, confirmando que é possível produzir etanol através da hidrólise enzimática e fermentação do farelo de mandioca residual.

## Referências

CGEE; BNDES. **Bioetanol de cana-de-açúcar. Energia para o Desenvolvimento Sustentável**, p. 316, 2008.

CONAB, C. N. DE A.-. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar Safra 2017/18**. Brasília, v. 4, n. 3, p. 177, 2017.

CONAB. **CONJUNTURA MENSAL: MANDIOCA**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017.

CEREDA, M. P. **Caracterização, usos e tratamentos de resíduos da industrialização da mandioca**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, p. 56, 1996.

NEVES, V. J. M.; DAS; BROETTO, F.; MARCHESI, J. A. **Aproveitamento do resíduo da produção de farinha de mandioca na produção de álcool fino**. Revista Raízes e Amidos Tropicais, v. 4, p. 14–21, 2008.

MILLER, G. L. **Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar**. Analytical Chemistry, v. 31, n. 3, p. 426–428, mar. 1959.

FIORDA, F. A.; JUNIOR M. S.; SILVA F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. **Farinha de bagaço de mandioca: Aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 43, n. 4, p. 408–416, 2013.

FAO. **Prognóstico agropecuário: análise da conjuntura agropecuária safra 2010/11**: mandioca.

PANDEY, A. **Enzyme technology**. Springer, p. 742, 2006.

LLOYD, N.E.; NELSON, W.J. **Glucose and fructose containing sweeteners from starch**. In: WHISTLER, R.; BEMILLER, J.N.; PASCHALL, E.F. *Starch Chemistry and Technology*, 2ª ed. Orlando: Academic Press, 1984,



p. 611-60

AOAC – **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12<sup>a</sup> ed. Washington, 1975.

CABELLO, C. **Determinação da Concentração de Carboidratos em Hidrolisados de Amidos de Mandioca Por Espectroscopia de Infravermelho**. Revista Raízes e Amidos Tropicais, v. 2, p. 37–45, 2006.

MAPA. **Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/metodos/arquivos-metodos-da-area-bev-iqa/nao-alcoolicos-08-solidos-soluveis-o-brix.pdf>>. Acesso em 28 jul. 2018.



**ANÁLISE DE SOLO DANIFICADO  
E EMPOBRECIDO DEVIDO À  
EFEITOS DE AGROTÓXICOS E  
SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A  
POPULAÇÃO CONSUMIDORA DE SEUS  
MEIOS**

*SOIL ANALYSIS DAMAGED AND DEPLETED DUE TO TREEFFECTS  
OF PESTICIDES AND THE CONSEQUENCES FOR THE CONSUMING  
POPULATIONS OF THEIR MEANS*

**Mylca Costa de Oliveira**

**Fernanda Freitas Paiva**

**Geisa Manuelle Sousa Vieira**

**Mayara Gomes**

**Stephanny Ingrid Nunes Pereira**

**Zilmar Timóteo Soares**

## Resumo:

A manutenção de um solo que está sempre em processo de preparação para receber resíduos e maquinarias, é de suma importância, pois, sua parte biológica é afetada e esta manutenção auxilia para a melhoria das características químicas (teor de matéria orgânica), físicas e biológicas desta área. Pelo fato de, em agricultura de conservação, ser normal a existência de resíduos das culturas que já estão na superfície do solo, a aplicação de herbicidas em pré-emergência pode não fazer sentido, pois os resíduos ao provocarem o chamado efeito "guarda-chuva", não vai permitir que os herbicidas atinjam a superfície do solo, tendo por isso pouco ou nenhum efeito, visto tratar-se de herbicidas residuais. A melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos proporciona melhores condições para o desenvolvimento das culturas, com um aumento esperado das produtividades tão significativo quanto a consolidação do sistema, o que tem benefícios, quer na redução dos custos de produção, quer na redução do impacto ambiental das atividades realizadas. Desta forma, objetivamos implantar uma nova ideia de Conservação de solo agrícola, dando ênfase à uso de agrotóxicos menos evasivos, técnicas de plantação e preservação do solo (deixar práticas errôneas objetivando o enriquecimento do solo, preservando-o), adotar maneiras corretas para o manejo do solo (uso adequado de produtos químicos) e analisar as diferenças entre uma parte deste solo já degradado devido ao uso de agrotóxicos e outro local sem impurezas. O local escolhido para o desenvolvimento da pesquisa foi a Fazenda Arca de Noé localizada no Município de Davinópolis.

**Palavras chave:** Agrícolas. Agrotóxicos. Conservação. Preservação.

## Abstract:

The maintenance of a soil that is always in the process of preparing to receive waste and machineries is of paramount importance, because its biological part is affected and this maintenance helps to improve the chemical characteristics (organic matter content), Physical and biological characteristics of this area. Because in conservation agriculture the experience of crop residues that are already on the soil surface is normal, the application of herbicides in the pre-existence may not make sense, because the residues by causing the so-called umbrella effect, Will not allow herbicides to reach a soil surface, however little the effect is because they are residual herbicides. Improving the physical, chemical and biological characteristics of soils, better conditions for crop development, the reduction of production costs, the reduction of the system, the benefit, the reduction of production costs, the reduction of the environmental impact of the activities carried out, in order to implement a new idea of conserving soil agriculture, emphasizing the use of less evasive pesticides, planting techniques and soil preservation, and the addition of soil practices, preserving it. chemical differences) and analysis as differences between soil from degraded soil due to the use of pesticides and another site without impurities. The place chosen for the development of the research was a Noah's Ark Farm located in Davinópolis.

**Key-words:** Agricultural. Pesticides. Conservation. Preservation.



# 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que, a manutenção de um solo que está sempre em processo de preparação para receber resíduos e maquinarias, é de suma importância pois, sua parte biológica é afetada e esta manutenção auxilia para a melhoria das características químicas (teor de matéria orgânica), físicas e biológicas desta área.

O conceito de agricultura e conservação, isto é, trabalhar a agricultura procurando manter e/ou melhorar a fertilidade do solo manejado, de forma que as gerações futuras possam obter produtividades iguais ou superiores às que se obtinham no modo convencional, objetiva exatamente isto: inverter o grande ciclo de degradação que se faz associado à instalação de culturas comuns com o recurso à mobilização do solo.

O processo de degradação ambiental tem início quando a exploração de um determinado recurso natural se torna maior do que a capacidade da natureza de repor ou reconstituir este recurso com suas características originais. Mas, sabe-se que, para que se faça possível a construção de uma manufatura ou máquina para consumo próprio e sustento de um lar ou para venda (com o mesmo fim); é necessário que haja uma interrupção na forma e no modo de vida de um determinado local para que outros produtos sejam ali cultivados.

Desta forma se dá todos os plantios. Porém, por mais que haja um entendimento sobre "o que é preservar", "quais formas mais viáveis para que não se utilize produtos químicos em um plantio", não fazem 100% correto; realmente, agricultores têm razão quando se defendem de pragas com herbicidas, mas, o manejo, e conseqüentemente a quantidade exercida se torna algo de segundos planos, não se preocupando com dados futuros tanto para quem irá consumir os produtos que receberam estes materiais quanto para o solo que com os efeitos, empobrece, perdendo sua essência, força e naturalidade.

A melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos proporciona melhores condições para o desenvolvimento das culturas, com um aumento esperado das produtividades tão significativo quanto a consolidação do sistema, o que tem benefícios, quer na redução dos custos de produção, quer na redução do impacto ambiental das atividades realizadas e nos produtos utilizados. Estando inteiramente ciente da insustentabilidade existente na esfera agrônômica, ambiental e econômica do sistema Convencional ou tradicional de instalação de culturas com recurso a sequências de inúmeras operações de mobilização do solo por vezes tão longas quanto despropositadas, com elevados custos e também de impacto ambiental negativo leva-nos a ter que mudar o paradigma e procurar realizar um tipo de agricultura que seja ambientalmente sustentável através da conservação do solo, da água e da proteção do ar e economicamente viável pela redução dos custos de produção e aumento da produtividade dos solos.

Lamarche (1993) define a agricultura como tendo uma forte relação entre tra-



balho e família. Cada família é detentora da terra, dos instrumentos de trabalho e de um conjunto diversificado de técnicas para a administração do patrimônio, que muitas vezes é passado de geração a geração. A força de trabalho empregada na terra é geralmente composta pelos próprios membros das famílias e, de acordo com a necessidade desta, é composta por trabalhadores temporários. O Sistema de agricultura deu um salto bastante evolutivo quando descobriu-se um modo prático de adubar as culturas (plantações), com os produtos químicos necessários.

No entanto, esta praticidade trouxe para os dias de hoje os maiores problemas relacionados ao manejo inadequado do solo. Dentre estes: A erosão (desgaste do solo), a compactação (reduz-se os vazios deixando o solo mais denso) e o aumento da salinidade do solo (problema socioambiental grave, que gera impactos, transformando espaços agricultáveis em terrenos inférteis). Estes problemas, estão relacionados diretamente com a escassez de alimentos (suprimentos em geral) num futuro não muito distante, resultando num profundo desequilíbrio do sistema produtivo, se práticas corretas não forem adotadas.

Desta forma, objetivamos implantar uma nova ideia de Conservação de solo agrícola, dando ênfase à uso de agrotóxicos menos evasivos, técnicas de plantação e preservação do solo (deixar práticas errôneas objetivando o enriquecimento do solo, preservando-o). Assim, foi escolhida a Fazenda Arca de Noé localizada em Davinópolis para que pudéssemos estar desenvolvendo tanto a parte teórica quanto a parte prática deste projeto.

Quando se faz abordagens sobre o manejo inadequado do solo, é necessário lembrar de procedimentos que se executados em áreas prioritárias se tornam-se eficazes para a conservação. Diante disso, podemos citar um processo denominado Planejamento Sistemático de Conservação, que consiste na identificação de áreas e análises do solo para a conservação. Este planejamento, se destaca entre muitas outras técnicas em relação a maximizar a conservação do solo.

Como objetivo geral nós planejávamos demonstrar práticas, mostrar ideias e trazer novidades ao proprietário da fazenda escolhida para se trabalhar fazendo com que o mesmo começasse à fazer uso de maneiras corretas para o manejo do solo (uso adequado de produtos químicos) e analisar as impacto diferenças entre uma parte deste solo já degradado devido ao uso de agrotóxicos e outro solo sem impurezas. Obtivemos sucesso em nossa prática. E como objetivos específicos buscamos identificar a origem de problemas presentes no local em questão de fertilidade de solo e propor soluções para os possíveis problemas encontrados; onde novamente, obtivemos êxito pois o proprietário é dotado de conhecimento biológico e sustentável.

## 2. METODOLOGIA

O estudo se deu na Fazenda Arca de Noé, localizada no Município de Davinópolis. Como instrumentos de coleta aplicamos questionários (ANDRÉ; LÜDKE, 1986)



para 6 pessoas residentes nas proximidades da Fazenda e que de alguma forma usufruíam de seus bens e Entrevista (Realizada apenas com o Proprietário da Fazenda, o Sr. Gilberto Castro. Todas as informações foram cedidas com veracidade.

Assim, nossa metodologia se concretizou em duas etapas. A primeira: Aplicar os questionários com a população que consumia hortaliças ou outro alimento proveniente da Fazenda e fazer a primeira visita no local, conversando e esclarecendo as dúvidas do proprietário quanto ao projeto e começar a análise da área de plantio desta fazenda, o que era cultivado e como era repassado para a população.

Utilizamos o modo de coleta manual e convencional com 200g de solo e em seguida levamos ao laboratório de Biologia Geral da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão. Nesta etapa utilizamos tubos de ensaio para quantificar os níveis de acidez, fertilidade e demais outros parâmetros e em seguida entregamos os resultados da amostra na segunda visita ao local. A segunda etapa se deu por mostrar os resultados ao proprietário e lhe oferecer ideias sobre como trazer a Conservação para sua agricultura.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já era previsto, não houveram níveis que determinam um alto teor de defensivo agrícola nesta propriedade. Os dados utilizados neste estudo são recortes de manifestações expressas por parte da população ali residente, relacionados às questões: **Você consome com frequência os alimentos produzidos na fazenda Arca de Noé? Você sabe qual a procedência destes alimentos? Você já chegou a sentir algo (tontura, fraqueza, alergia e outros sintomas) após o consumo de alimentos provenientes deste local? Você sabe quais os perigos eminentes em alimentos com alto teor de agrotóxicos, pesticidas, herbicidas e outros?**

Dentre todos os questionários, houveram as mesmas respostas onde: Conso-mem com frequência: hortaliças, leguminosas e cereais; Sabem que os produtos ali cultivados são de boa qualidade (com uso sábio de defensor agrícola); nunca chegaram a sentir nenhum problema e sabem pouco sobre perigos do consumo de agrotóxicos, porém, o suficiente para não colocarem produtos de má qualidade na mesa (Figura 1).







Figura 1 – Plantação de Feijão e outras leguminosas (A)  
Fonte: Oliveira, M. (2017)

Assim, mesmo com a existência de diversos setores a favor da liberação de mais defensivos, muitos optam por um alimento fresco produzido sem riscos para a saúde. Enquanto essa discussão não chega a um fim, nos resta tomar atitudes no dia a dia para consumir alimentos seguros sem que haja alguma interferência de defensivo ou veneno. Logo, dessas saídas é apostar no consumo de orgânicos, principalmente hortaliças, que são mais baratas e fáceis de encontrar.

Nesta fazenda são vendidas hortaliças por um preço abaixo do normal, para que a população tenha mais facilidade de consumir. Muitos não sabem o que é, de fato, um alimento orgânico, qual a diferença dos biodinâmicos e o que é, afinal, o sistema de plantio agroflorestal. Alimento orgânico é todo aquele produzido sem o uso de agrotóxicos ou defensivos agrícolas.

Existem certificações apropriadas para que determinados produtos possam utilizar o selo de alimento orgânico. Para ser chamado de orgânico, o cuidado com o alimento é feito de maneira integral, desde o manejo da terra (sem o uso de fertilizantes químicos), até uma proposta de não-agressão da natureza e de preservação do meio ambiente. Assim, as técnicas para produção de orgânicos incluem o uso de compostagem orgânica, adubação verde e também diversidade de culturas e essas foram as ideias que passamos ao proprietário. Logo, o solo sem contaminação é importante não só para alimentos consumidos por nós mas, ervas para o gado, plantas para extração de óleo essencial (fazendo com que o Dono tenha mais uma fonte de renda). Na figura 2, implantamos mudas de plantas aromáticas em uma grande área que havia sido degradada a um tempo e estava sem uso.



Figura 2 – Colheita de Plantas aromáticas para obtenção de óleo essencial (B); Área de plantio de sementes e capim para pastagem do gado (C) e Pastagem vitaminada para gado (D)  
Fonte: Oliveira, M. (2017)



Figura 3 – Espécie cultivada para sombreamento (E); Plantio de uma nova planta para posteriores estudos (Moringa) (F) e área de cultivo das hortaliças; Moringa (G)  
Fonte: Oliveira, M. (2017)





Figura 4: Mudas de açaí adquiridas com a Embrapa para restauração das margens do Riacho Cacau que passa dentro de sua propriedade (H); Graviola. Um dos frutos plantados nesta fazenda e comercializados dentro de Davinópolis e arredores (I); Limão-galego, também cultivo e comercializado em Davinópolis (J)  
 Fonte: Oliveira, M. (2017)



Figura 5: Parte do Riacho Cacau onde serão plantadas as mudas de açaí (K); Etapa onde fomos colher amostras de solo para fazermos a análise (L e M) e Entrevista com o proprietário Gilberto Castro (N)  
 Fonte: Oliveira, M. (2017)

Para o proprietário, foram feitas as perguntas, em forma de entrevista onde

observamos quais eram as formas de manejo deste defensivo, o quanto aplicava, qual o período de tempo de uma aplicação para outra e se havia por parte dele uma grande preocupação com o enriquecimento do solo, quais os efeitos causados à população devido a ingestão de produtos ali cultivados e quais melhorias ainda se tinha em mente para uma Agricultura em constante conservação.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos nocivos do uso inadequado de defensivos agrícolas tem sido objeto de inúmeros estudos, inclusive deste. A utilização de agrotóxicos no meio rural tem trazido uma série de complicações tanto para o ambiente como para com os trabalhadores rurais e/ou pessoas que fazem o consumo de alimentos provenientes destes locais. Além da exposição à estes produtos, há também a contaminação alimentar e ambiental deixando os rastros de destruição pelo solo.

Durante esta pesquisa pudemos estar observando a importância de uma agricultura conservada, limpa; o solo é rico e os recursos naturais apenas aumentam juntamente com os fins lucrativos para quem adota técnicas de conservação. Anualmente são perdidos vários hectares para a agricultura e pela severa degradação do solo que muitas vezes ela proporciona, quando os devidos métodos a serem feitos não são aplicados. A recuperação de um solo degradado leva cerca de 500 anos dependendo da gravidade do impacto. O conjunto de funções do solo é bastante amplo, ele atua como filtro do ar e da água, troca gases com a atmosfera, e assim influencia o clima do planeta.

Portanto, a agricultura e conservação procura manter ou melhorar a qualidade do solo, de forma que as gerações futuras possam obter produtividades iguais ou superiores as que se obtinham as gerações passadas que utilizavam métodos convencionais, melhorando assim a sua qualidade de vida e não causando muitos impactos para a biodiversidade. A conservação tem também o objetivo da recuperação da fertilidade dos solos danificados através da melhoria das suas características físicas, químicas e biológicas.

#### Referências

- ANDRÉ, M. E.; LÜDKE, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. SP: EDU, 1986
- BARROS, J. F. C., Freixial, R. & Amante, R. (2011). **El control de malezas em agricultura de conservación y siembra directa**. Revista Tierras, Agraria 11, 176: 82- 86, Valladolid, España.
- BRUMER, A. et al. A exploração familiar no Brasil. In: LAMARCHE, H. (Coord.). **Agricultura familiar**. Tradução Ângela M. M. Tigiwa. Campinas: UNICAMP, 1993. p. 179-234, (Coleção Repertórios).
- FREIXIAL, Ricardo J. Murteira de Carvalho, Carvalho, Mário J. (2004) – **A Sementeira directa de Culturas Arvenses. Porquê? Uma Experiência no Alentejo**. Vida Rural, nº 1700, pp. 38-40.
- MASTROROSA, L. Dia saudável. **Disponível em:** <://menudodia.blogosfera.uol.com.brsem-agrotoxico-o-que-e-alimento-organico-agroflorestal-biodinamico. Acesso em: 08 de setembro de 2017.





## CAPÍTULO 4

# **A CORRELAÇÃO ENTRE A VEGETAÇÃO E A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE EM PONTA GROSSA-PR- BRASIL**

*THE CORRELATION BETWEEN THE VEGETATION AND THE  
TERRESTRIAL SURFACE TEMPERATURE IN PONTA GROSSA-PR-BRAZIL*

**Gilson Campos Ferreira da Cruz**

## Resumo:

O ser humano provoca diversas alterações na superfície terrestre, para realizar a ocupação do espaço ou para realizar as atividades necessárias para a sua sobrevivência, como as atividades econômicas e a construção das cidades. Uma das principais alterações provocadas pelo ser humano na superfície terrestre é a remoção da vegetação, seja campo ou mata. A vegetação tem um papel importante no controle do aquecimento da superfície terrestre, assim como no aquecimento do ar. As imagens do satélite Landsat 8, permitem determinar a temperatura de superfície, por meio de sua banda termal e o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), através da composição das bandas espectrais 4 e 5. Ao analisarmos os cartogramas gerados com a TST e NDVI, é possível entender como se dá a relação entre temperatura de superfície e vegetação, respeitando os limites determinados pela escala das imagens. Os resultados obtidos possibilitaram o entendimento de que a vegetação influencia diretamente na temperatura de superfície terrestre, produzindo a formação de ilhas frias, onde a uma maior concentração de vegetação.

**Palavras chave:** Vegetação, temperatura de superfície, NDVI, termal.

## Abstract:

The human being causes various alterations in the terrestrial surface in order to occupy the land or to perform activities required to its survival, such as economic activities and construction of cities. One of the main alterations caused by the human being in the terrestrial surface is the removal of vegetation, whether field or forest. The vegetation has an important role in the control of the terrestrial surface warming, as well as in the air warming control. The images obtained by the satellite Landsat 8, make it possible to determine the temperature of the surface, using its thermal band, and the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), using the composition of spectral bands 4 and 5. Analyzing the maps generated with the TST and the NDVI it is possible to understand how the relationship between terrestrial surface temperature and vegetation happens, observing the limits established by the images scale. The results achieved made it possible to acknowledge that vegetation affects the terrestrial surface temperature, by creating cold islands where the vegetation is larger.

**Key-words:** Vegetation, surface temperature, NDVI, thermal.





## 1. INTRODUÇÃO

Na medida em que o homem ocupa as áreas naturais ou intensifica a ocupação de áreas já antropizadas, provoca a redução ou a eliminação da vegetação natural ou cultivada, interferindo de forma significativa nas condições ambientais, principalmente, no que diz respeito a temperatura de superfície terrestre (TST), o que por sua vez reflete na temperatura do ar, provocando variações para mais ou para menos, dependendo da situação.

A importância da vegetação enquanto controlador da TST e da temperatura do ar, pode ser percebida quando nos aproximamos ou adentramos a uma área de mata, principalmente, nas áreas urbanas ou próximo a elas, pois os vegetais tendem a consumir grande parte da radiação que recebem, para realizar a fotossíntese e para a evapotranspiração. Desta forma, quando alteramos a distribuição da vegetação, provocamos um desequilíbrio no balanço de radiação, que pode ser danoso para todos os seres vivos, incluindo o homem (CRUZ; LOMBARDO, 2007).

Segundo Lombardo (1985) a vegetação arbórea nas áreas urbanas ameniza o clima, pois permite maior equilíbrio térmico em diferentes horas do dia, com algumas variações em função das estações do ano. No caso das praças, onde se observa uma concentração maior das espécies arbóreas, o efeito sobre o clima é ainda maior.

Como o uso da terra promovido pelo homem tende a criar paisagens heterogêneas, em particular nas áreas urbanas, este uso resulta em diferentes refletâncias, para os sensores imageadores, à medida em que são utilizados diferentes materiais nas construções e impermeabilização do solo, além da remoção da vegetação (SOUZA; KUX, 2005).

A identificação das áreas com vegetação e suas condições, pode ser feita a partir da determinação do *NDVI* (Normalized Difference Vegetation Index) (Índice de vegetação por diferença normalizada), que é um dos índices mais importantes, para a realização de estudos que envolvam a cobertura vegetal, o qual permite fazer uma correlação com a TST, conforme (ZANZARINI et al 2013).

A identificação do *NDVI* de uma região é feita a partir da composição de bandas espectrais, que possibilita obter, em uma mesma imagem o infravermelho próximo e o vermelho, processando as bandas 4 e 5 de uma imagem do satélite *Landsat 8*, conforme proposto por Rouse et al (1973), sendo que a fórmula é a seguinte:

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

Onde

*NIR* (*near infra-red*) = Infravermelho próximo





*VIS (visible)* = Vermelho

O índice varia de -1 a 1, quando os valores são positivos, ou seja, o valor de *NIR* é maior, significando uma densidade de vegetação mais representativa do que outros elementos da paisagem, isto porque uma fração considerável dos comprimentos de onda refletida pelos mesmos é justamente no infravermelho próximo. O oposto se dá com os aclorofilados, predominando a faixa de luz visível, principalmente o vermelho para o espectro considerado (valores negativos) representativo dos campos e da área urbana construída. No entanto, mesmo uma mesma baixa densidade de indivíduos arbóreos é necessária para que se obtenham valores maiores que zero (BORATTO; GOMIDE, 2013).

A temperatura de superfície terrestre ou temperatura radiante da superfície de um objeto ou da superfície terrestre é resultado da concentração da quantidade de fluxo radiante deixando, isto é, sendo emitido pelos mesmos, que permite utilizar a tecnologia do sensoriamento remoto e o tratamento por geoprocessamento (JENSEN, 2009).

Na presente pesquisa, a área de estudo corresponde à área urbana do município de Ponta Grossa onde, segundo Cruz (2009), o clima é do tipo Cfb, zona temperada sempre úmida, com mais de cinco geadas anuais. A temperatura média anual fica entre 16° C e 25° C.

Em pesquisa realizada entre 2005 e 2009, Cruz (2009) identificou três importantes variáveis que determinam o do Clima Urbano de Ponta Grossa-PR, sendo a orientação de vertentes, o *NDVI* e a altitude.

O *NDVI*, além do fato de ser um índice que permite identificar espacialmente a vegetação, também permite determinar a relação entre temperatura de superfície e uso da terra em áreas urbanas, justamente pela ausência da vegetação, além do que também é possível o seu uso para tratar da evolução temporal, em um período interanual, em função das variações fisiológicas, sazonais, que as plantas experimento ao longo do ano (CRUZ, 2009).

Os resultados da pesquisa poderão ser utilizados para o planejamento urbano da cidade de Ponta Grossa, pelos tomadores de decisão, pois trata-se de um estudo inédito e de grande relevância, pois vem de encontro com outras pesquisas já realizadas (CRUZ; LOMBARDO, 2007, CRUZ, 2009, CRUZ; RIBEIRO, 2016).

A pesquisa teve como objetivo principal analisar a correlação entre o *NDVI* e a TST, para a área urbana do município de Ponta Grossa. Para atingir o objetivo geral, os objetivos específicos foram: determinar a temperatura de superfície terrestre para a área de estudo, identificar 40 pontos com coordenadas e valores de temperatura de superfície e *NDVI*, tratar estatisticamente os dados obtidos e correlacionar *NDVI* com TST.



## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1. Área de estudo

A área ou perímetro urbano do município de Ponta Grossa, no Paraná constitui a área de estudo da pesquisa que serve de base para o presente artigo.

A cidade de Ponta Grossa – PR/Brasil, segundo estimativa do Ibge (2018) possui 348.043 habitantes, está localizada no Segundo Planalto Paranaense, com altitude média de 975 m, área total de 2.112,6 km<sup>2</sup>, sendo que o perímetro urbano ocupa 917,2 km<sup>2</sup>, entre as coordenadas UTM 575.00/598.000 e 7.212.000/7.230.000 (Figura 1).

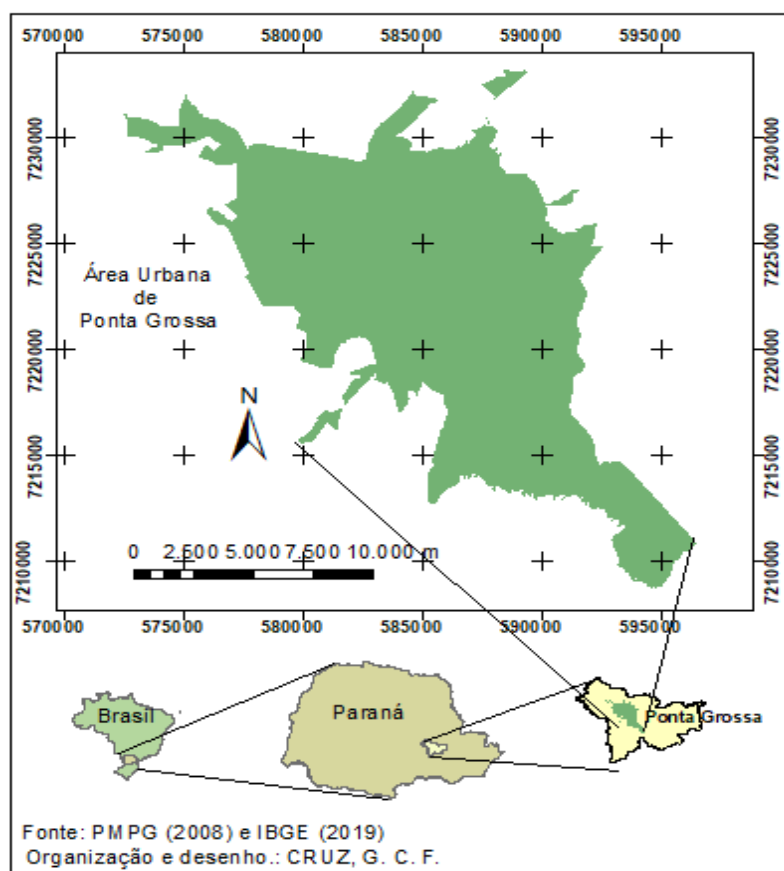


Figura 1 – Localização da área de estudo.

### 2.2. Procedimentos metodológicos

Inicialmente, foi realizada a revisão bibliográfica sobre a temática em questão e sobre os procedimentos metodológicos ou técnicas que seriam utilizados durante a pesquisa, como no caso da conversão de números digitais em radiância, composição de diferentes bandas, extração da temperatura de superfície, definição do tipo de projeção, identificação das bandas espectrais e extração do índice de ve-

getação, com o intuito de determinar o estado a arte, do tema e da metodologia.

Nos últimos 5 anos vários trabalhos foram realizados, utilizando a temperatura de superfície a partir do processamento de imagens de satélite *landsat 8*, alguns voltados para o clima urbano e outros para estudos ambientais.

A temperatura de superfície foi extraída da imagem *landsat 8*, a partir do processamento feito com a utilização do *software Arcgis 10.3*. com a utilização da *raster calculator*. Foram utilizadas as imagens orbitais disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Serviço Geológico Americano (*USGS - United States Geological Survey*). As datas foram definidas de acordo com a disponibilidades de imagens, pois as mesmas não podem apresentar a presença de nuvens (*USGS, 2018*).

Todas as imagens correspondem a banda espectral 10 do termal *TIRS 1* (10.6 - 11.19  $\mu\text{m}$ ) sendo que foram realizados downloads das imagens orbitais do *Land-sat 8* do Serviço Geológico estadunidense (*USGS, 2018*). A área delimitada corresponde a área urbana de Ponta Grossa, PR, num recorte temporal compreendendo o segundo semestre de 2017 o primeiro semestre de 2018, para o horário de passagem correspondente, 13h10min (*GMT - Greenwich Mean Time*), 10h10min no horário local.

Além dos mapas de temperatura de superfície e *NDVI*, foram construídos gráficos de linha e dispersão com os dados do *NDVI* e temperatura de superfície, para estabelecer o comportamento, a linha de tendência e a correlação. Com isto em coordenadas foi criado um arquivo *shape* dos pontos para serem exibidas sobre a imagem para analisá-las.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados alcançados permitiram identificar a relação existente entre a cobertura vegetal de uma região e a temperatura de superfície terrestre (TST), assim como a relação entre esta temperatura e as áreas sem cobertura vegetal, como no caso da área urbana de Ponta Grossa, que provoca um aumento da TST e por consequência da temperatura do ar.

Vários cartogramas foram elaborados a partir dos dados de *NDVI* e TST, porém apenas dois fazem parte do presente artigo, os quais são referentes aos dados do dia 10 de setembro de 2017, onde é possível observar na figura 2b, que existe toda uma área bem destacada em vermelho, que reflete a área urbana do município, onde a vegetação está ausente e os valores de *NDVI* são baixos e a figura 2 a, onde são apresentados os valores da TST, onde também é possível observar o desenho formado pela espacialização da variável, também reflete a área urbana, só que neste caso com os valores crescentes da TST, da periferia para o centro, sem deixar de considerar os fundos de vale, que ainda possuem vegetação de mata o que determina a ocorrência de temperaturas mais baixas.

Ficou evidente que a urbanização provoca aumento da temperatura de superfície terrestre, quando da comparação dos dois cartogramas, mas que, no entanto, não responde sozinha pelo comportamento térmico da área urbana do município.

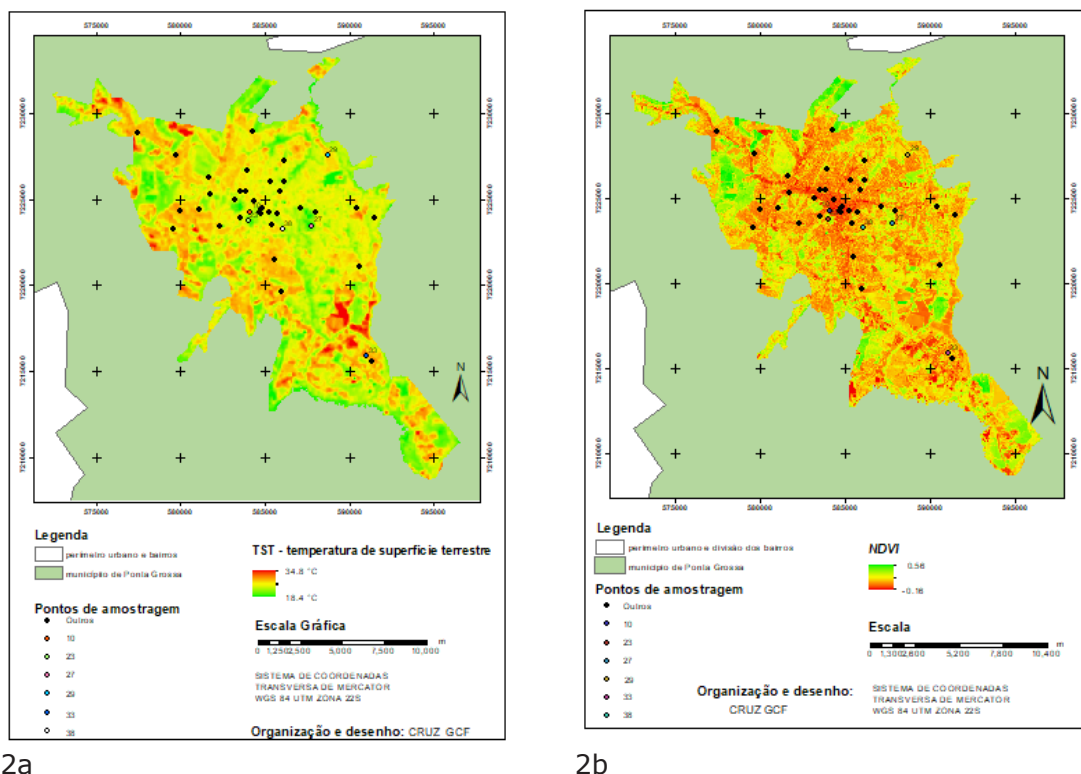


Figura 2 – 2a Mapa da temperatura de superfície terrestre para a cidade de Ponta Grossa-PR/Brasil em 10/09/2017.  
2b Mapa do *NDVI* para cidade de Ponta Grossa-PR/Brasil em 10/09/2017.

A relação entre o índice de vegetação *NDVI* e a TST é inversamente proporcional, pois quando aumenta o *NDVI* a TST diminui e quando o *NDVI* diminui a TST aumenta. Sendo assim as áreas urbanizadas tendem a apresentar maior temperatura de superfície, em detrimento de áreas não urbanizadas.

Para melhor analisar os dados, foram identificados 40 pontos na área urbana de Ponta Grossa, com diferentes tipos de uso da terra, TST e *NDVI*, e uma das primeiras relações confirmadas, foi a de que nos pontos com *NDVI* elevado, a TST era menor, conforme pode ser observado no gráfico, de forma bem clara, a exemplo dos pontos 10 e 38, e de forma mais acentuadamente nos pontos 23, 27 e 33. Os pontos 23 e 27 representam a arborização urbana significativa próxima de áreas densamente povoadas (Parque Margherita Massini no Centro e a mata entre o campus do Cescage e Hospital São Camilo em Uvaranas), ambos com o *NDVI* na faixa dos 0,3 (Figura 3 e 2).

De acordo com Storey (2014) o *landsat 8* tolera erros geométricos com no

máximo 65 metros de diferença em relação a localização exata, através de pontos de controle no solo esta distância é reduzida, no entanto para estes pontos de controle, a opção foi por áreas que apresentasse extensão maior do que 65m de comprimento e largura.

O tipo e altura da vegetação, também, constituem num fator importante, pois no caso de vegetação de pequeno porte, o *NDVI* tende a ser mais baixo, o que resulta em TSTs mais elevadas, por se tratar de arbustos ou gramíneas, a exemplo do ponto 29, no bairro Neves, na periferia da cidade (Figura 3 e 2).

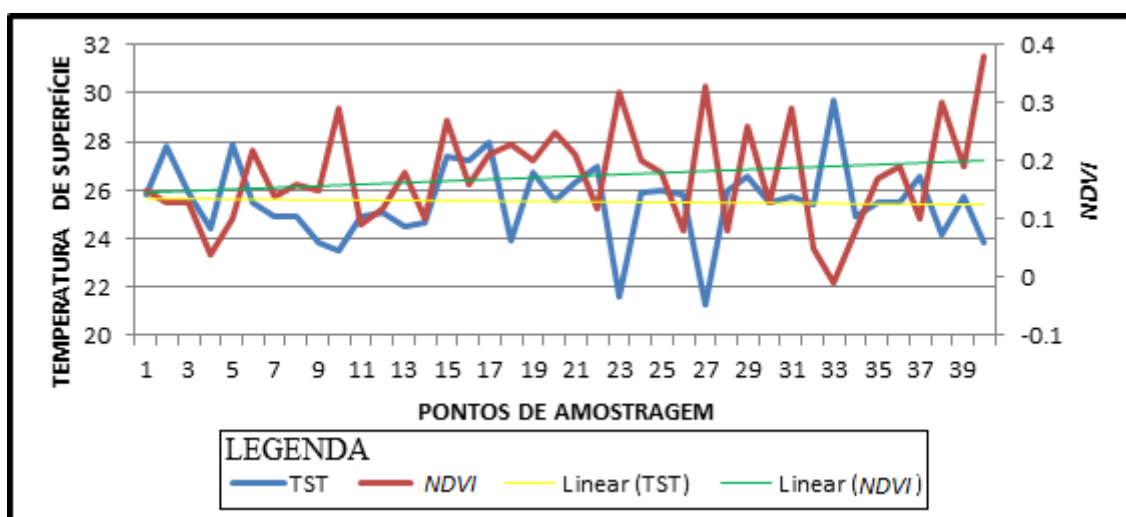


Figura 3 – Comportamento do *NDVI* e TST em Ponta Grossa-PR/Brasil em 10/09/2017 e tendências.

O valor mais alto de TST foi encontrado no ponto 33 com  $29,7^{\circ}$  C sobre um telhado de uma fábrica de pisos, no Distrito Industrial, aonde também é encontrado o menor valor de *NDVI*  $-0.01$ , ou seja, absorve uma quantidade de energia maior no vermelho, o que explica a TST elevada (Figura 3 e 2).

A menor temperatura de superfície registrada foi de  $21,3^{\circ}$  C, no ponto 27, em área de mata, com árvores de grande porte e densa, próximo ao Hospital São Camilo. No entanto o valor da TST não coincidiu com o valor de *NDVI* mais alto, com deveria acontecer.

Para determinar a correlação entre a temperatura de superfície e o *NDVI*, nos 40 pontos de amostragem, com diferentes tipos de uso da terra, orientação de vertentes e altitude, foi feito o tratamento estatístico, a partir do qual foram gerado um gráfico de dispersão, com a linha de tendência e o cálculo do coeficiente de correlação, que ficou em  $-0,41$ , confirmando os que os dados mostram, de que quanto maior o *NDVI*, menor a TST e quanto menor o *NDVI*, maior a TST (Figura 4).

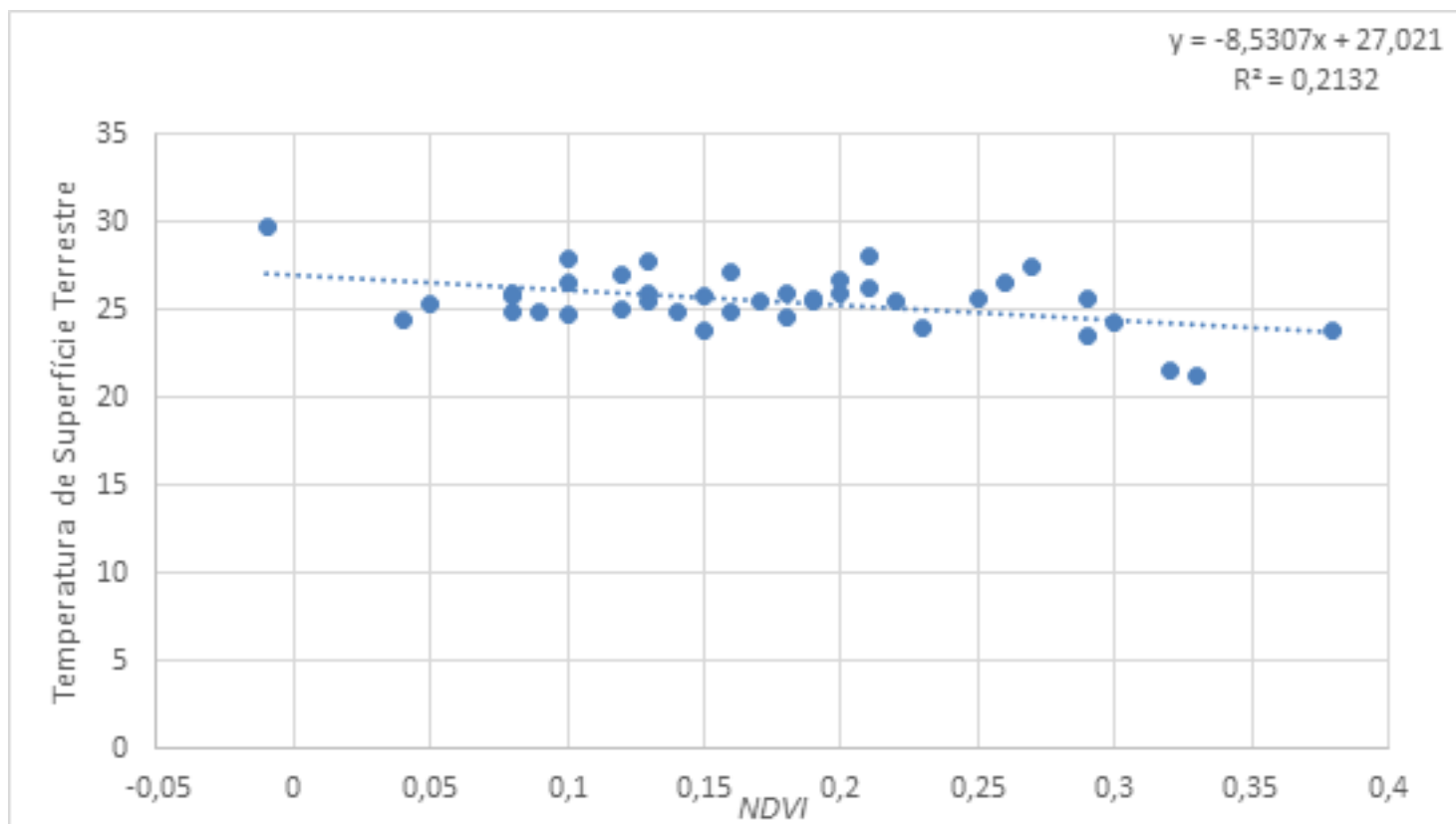


Figura 4 – Temperatura de Superfície e NDVI, tendência e correlação em Ponta Grossa-PR/Brasil.

Os resultados confirmaram o que foi observado no campo e o que já foi descrito na literatura, constatada durante o levantamento bibliográfico, de que as áreas arborizadas tendem a apresentar temperatura menores do que áreas não arborizadas e de que espécies arbóreas exercem um papel mais importante para o Clima Urbano, do que as espécies arbustivas e gramíneas, pois provocam uma diminuição mais acentuada da TST e por consequência da temperatura do ar.

#### 4. CONCLUSÃO

A vegetação tem um papel importante para o clima urbano de Ponta Grossa, pois apresenta forte relação com a temperatura de superfície e a sua espacialização pode ajudar a explicar parte das variações climáticas da cidade, assim possibilitar estabelecer correlação entre as duas variáveis.

Ao determinar o NDVI e a temperatura de superfície para a área urbana de Ponta Grossa, buscou-se estabelecer a relação entre ambas, para compreender melhor o comportamento da temperatura de superfície, sendo que ficou evidente que o centro da cidade e as áreas com maior intensidade de urbanização apresentam temperaturas mais elevadas, em detrimento de áreas arborizadas, como praças, ruas e quintais das casas.

A correlação linear entre as variáveis analisadas é negativa, isto é, quando o NDVI é menor a temperatura tende a ser mais elevada e quando ele é maior a



temperatura de superfície tende a ser mais baixa. Áreas extremas e com maior expressão, como solo expostos, principalmente ao norte da cidade e matas densas no interior da área urbana, permitem perceber de forma muito clara as correlações existentes e a importância da vegetação no equilíbrio das temperaturas.

O uso do geoprocessamento, das imagens de satélite e do software de estatística se mostraram extremamente eficientes para demonstrar a relação entre o *NDVI* e a temperatura de superfície. Permitiram a extração e tratamento dos dados de forma satisfatória e de tal forma que facilitou atingir os objetivos.

A partir da pesquisa percebeu-se, também, que a ausência da vegetação, em consequência do processo de urbanização, influenciou na temperatura de superfície, com o aumento de temperatura da periferia em direção ao centro da área urbana, indicado que o impacto ambiental da ação humana se reflete no clima.

A área urbana de Ponta Grossa substituiu áreas de campos e matas, no processo de formação da cidade e com isto provocou impactos na temperatura de superfície, que por sua vez tem consequências no comportamento da temperatura do ar, evidenciado durante a pesquisa ao se observar que ocorre um aumento gradativo da temperatura de superfície do periurbano ao centro da cidade, fato este que constitui um importante exemplo, na escala local das mudanças climáticas, pois neste caso as alterações são resultado direto da ação do ser humano, no uso e ocupação do solo urbano.

## Referências

ALMEIDA, A.J.P.; GUIMARÃES JUNIOR, S.A.M.; ANDRADE, E.D.E.L.; FERREIRA NETO, J.V.. Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-Al. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 17, **Anais...** João Pessoa: INPE. pp. 2047-2054, 2015.

BORATTO, I.M.de; GOMIDE, R.L.. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, **Anais...** São José dos Campos: INPE. pp. 7345-7352, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/956305/aplicacao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-savi-e-iaf-na-caracterizacao-da-cobertura-vegetativa-da-regiao-norte-de-minas-gerais>. Acessado em 30 de janeiro de 2019.

CRUZ, G.C.F.da; LOMBARDO, M.A.. A importância da arborização para o clima urbano. In: II Seminário Nacional Sobre Regeneração Ambiental de Cidades. **Anais...** Londrina: UEL, 2007.

CRUZ, G.C.F.da. **Clima Urbano de Ponta Grossa- PR**: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

CRUZ, G.C.F.da; RIBEIRO, J.C.G.. A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Ponta Grossa - PR: o microclima de uma área de mata no bairro de Uvaranas. In: IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. **Atas** do IX Seminário Latino-americano e V Seminário Ibero-americano de Geografia Física. Guimaraes: 1: pp.1029-1037, 2016.

ENGESAT. **Criando Índice de vegetação no Global Mapper**. ENGESAT. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/software/global-mapper/calculo-do-ndice-de-vegetacao-ndvi-no-globalmapper/>. Acessado em 01 de dezembro de 2018, 2016.





IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Panorama, Brasil, Paraná, Ponta Grossa**. 2018. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/ponta-grossa/panorama>. Acessado em 21 março de 2019.

LOMBARDO, M.A.. **Ilha de Calor nas Metrôpoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec. 214 p., 1985.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). **Measuring Vegetation (NDVI & EVI)**: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). NASA, 2011. Disponível em: [https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring\\_vegetation\\_2.php](https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php). Acessado em 11 de outubro de 2018.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; WELL, J.A.; DEERING, D.W.. Remote Sensingcenter, Texas A&M hiversity, Colfegp Station, Texas Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3. Washington: **Annals...** pp. 309-317, 1973.

SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná). **Boletim Climatológico**. SIMEPAR, 2017. Disponível e m : [http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/timeline/boletim\\_climatologico](http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/timeline/boletim_climatologico). Acessado em 18 de janeiro 2019.

SOUZA, R.deC.A; KIJX, H.J.H.. Comportamento Espectral e Alvos Urbanos: simulação com as bandas espectrais do satélite CBERS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 12. **Anais...** Goiania: INPE, 2005. pp. 1099-1106, 2005.

STOREY, J.; CHOATE, M.; LEE, K.. Landsat 8 Operational Land Imager On-Orbit Geometric Calibration and Performance. **Remote Sens** 6: 11: 1127-1152, 2014.

USGS (United States Geological Survey). **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. 2019. Disponível: [https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS\\_1574\\_L8\\_Data\\_Users\\_Handbook\\_v4.0.pdf](https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS_1574_L8_Data_Users_Handbook_v4.0.pdf). Acessado em 27 de março de 2019.

ZANZARINI, F.V.; PISSARA, T.C.T.; BRANDÃO, F.J.C.; TEIXEIRA, D.B.. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 17: 6: 608-614, 2013.



## CAPÍTULO 5

# **PANORAMA DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO MARANHÃO**

*PANORAMA OF THE SOLID WASTE SITUATION IN THE STATE OF  
MARANHÃO*

**Débora Danna Soares da Silva**

**Layse Lorena Neves Sales**

**Gabrielle Silva de Almeida**

**Pablo Seixas da Silva França**

**Jeferson Botelho Rodrigues**

## Resumo:

**O**s resíduos sólidos são produzidos diariamente nos diversos setores da sociedade e quando não geridos de forma adequada causam inúmeros impactos negativos, que vão desde problemas ao ambiente até risco a saúde pública. Diante disso, este estudo tem o objetivo analisar o cenário maranhense do serviço de manejo dos resíduos. Para isso, realizou-se uma pesquisa descritiva, em que se buscou observar o panorama da geração, coleta e disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Maranhão, por meio do banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para o ano de 2017. Em geral, apesar de terem ocorrido melhoras no gerenciamento dos resíduos sólidos no Maranhão, estas não foram suficientes para que as mudanças propostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos fossem notórias, caracterizando uma situação ambiental ainda preocupante.

**Palavras chave:** Qualidade ambiental, Resíduos Sólidos, Impactos.

## Abstract:

**S**olid waste is produced daily in the various sectors of society and when not adequately managed causes numerous negative impacts, ranging from problems to the environment to risk to public health. Therefore, this study aims to analyze the Maranhão scenario of the Waste Management service. For this, we conducted a descriptive research, in which we sought to observe the panorama of the generation, collection and final disposition of municipal solid waste in Maranhão, through the database of the national System of information on sanitation for the year 2017. In general, despite improvements in the management of solid waste in Maranhão, these were not sufficient for the changes proposed by the Política Nacional de Resíduos Sólidos to be notorious, characterizing a situation environmentally Still worrying.

**Key-words:** Environmental quality, Solid waste, Impacts.



# 1. INTRODUÇÃO

A falta de planejamento no processo de urbanização provoca a degradação das cidades que afeta diretamente a qualidade de vida das populações, entre os fatores, que configura o não planejamento das cidades destaca-se a ocupação desordenada, está por sua vez incide de modo direto na prestação dos serviços de saneamento básico, que por muitas vezes é disponibilizado de forma precária em boa parte das cidades brasileiras, tornando portanto, um dos principais problemas dos centros urbanos.

De acordo com a Lei Federal nº. 11.445/2007, que instituiu Política Nacional de Saneamento Básico: “saneamento básico é um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas” (BRASIL, 2007). Entre os serviços de saneamento básico conceituado na referida lei, ressalta-se a importância do manejo adequado dos resíduos sólidos, coleta e disposição final, por ser um dos principais causadores da poluição urbana e degradação da paisagem.

Os resíduos sólidos são produzidos em larga escala, diariamente, nas mais diversas atividades humanas. A problemática decorrente da geração de resíduos sólidos abrange vários aspectos, desde sua origem, produção, coleta, tratamento até disposição final (FENANDES, 2009). Tendo em vista seu alto potencial poluidor a gestão e o gerenciamento adequados desses materiais são cada vez mais urgentes. Para gestão oportuna dos resíduos sólidos é necessário uma análise precisa das condições do mesmo. Desta forma, este trabalho tem como objetivo construir um panorama da situação do serviço de manejo dos resíduos sólidos no Estado do Maranhão.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de estudo

O Estado do Maranhão fica localizado na Região Nordeste do país, com área de 331.937,450 km<sup>2</sup> distribuída em seus 217 municípios, é o segundo maior Estado da região Nordeste e o oitavo maior Estado do Brasil. Possui uma população de 7.035.055 habitantes, é o 11º Estado mais populoso do país (IBGE, 2019).

### 2.2. Coleta de dados

Esta pesquisa se desenvolveu de forma descritiva, tendo sido utilizado o banco de dados consolidado do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do qual foram coletadas informações sobre os serviços de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos prestados nos municípios do Maranhão, adotando como ano base da pesquisa o ano de 2017 (último dado disponível por ocasião desta pesquisa).



Considerando que o SNIS é composto a partir da resposta voluntária de questionários por parte das operadoras de saneamento municipais, dos 217 municípios do Estado do Maranhão apenas 71 municípios apresentaram as informações quanto a situação dos serviços de manejo dos resíduos sólidos, o que compreende 33% dos municípios do Estado, portanto, está parcela de municípios que foi considerada nesta pesquisa, a Figura 1 apresenta os municípios estudados.

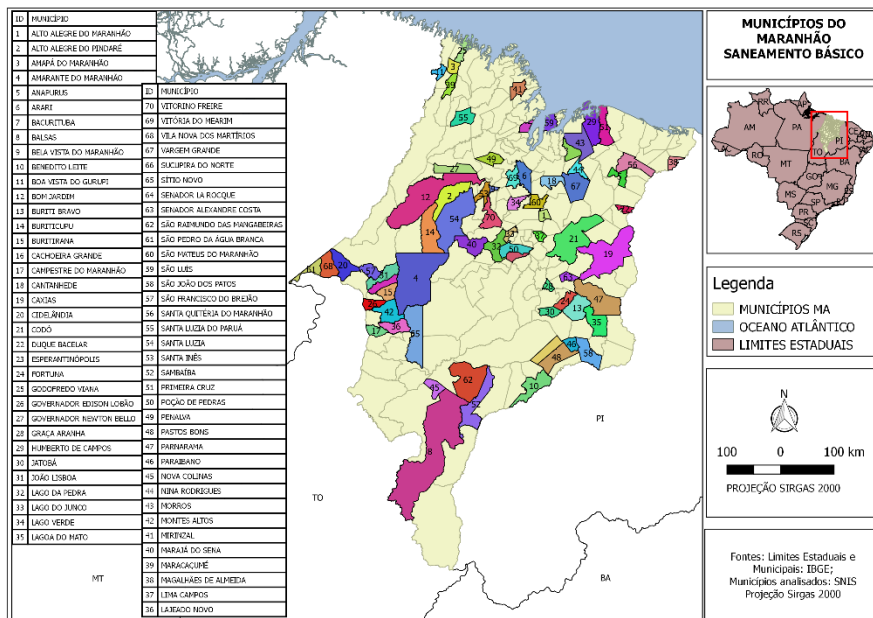


Figura 1 – Municípios participantes da pesquisa do SNIS. Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Os principais descritores buscados na coleta de dados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis estudadas.

Características dos Municípios			
Dimensões	Variáveis	Unidade	Fonte de Dados
	Custo do serviço da coleta	R\$/ton.	SNIS, 2017
Resíduos sólidos	Taxa de cobertura de coleta de RDO da pop. total	%	
	Taxa de cobertura de coleta de RDO da pop. urbana		
	Quantidade de PGIRS elaborado		
	Tipo de disposição final dos resíduos gerados		

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

A compatibilização do banco de dados foi realizada por meio de planilha eletrônica no Excel, com as informações de resíduos sólidos planilhadas foi possível realizar a análise destas, os resultados são apresentados em forma de tabelas e gráficos para melhor compreensão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Resíduos sólidos

Para avaliação desse eixo, considerou-se a reposta de 71 municípios ao SNIS, que compreende aproximadamente 35% de todo o Estado, que é composto por 217 municípios.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE), através do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, em 2017 foi gerado no país quase 215 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). O Estado do Maranhão registrou no mesmo ano uma geração estimada de cerca 10 mil toneladas por dia de RSU, aproximadamente 2% de todo o resíduo gerado no país para o mesmo ano (ABRELPE, 2017).

Ainda conforme dados disponibilizados pela ABRELPE, através do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, entre 2011 a 2015 houve um aumento na geração de RSU no Maranhão de quase 1,5% ao ano (ABRELPE, 2015). Em relação a geração per capita de RSU, tem-se uma média de geração estimada de 0,76 kg/hab. dia para os municípios estudados, valores próximos a média nacional e estadual, de 0,98 kg/hab.dia e 0,85 kg/hab.dia, respectivamente.

8 municípios registraram uma geração per capita de RSU acima da média nacional e estadual (0,98 kg/hab.dia e 0,85 kg/hab.dia, respectivamente) e superior a 1 kg/hab.dia, a Tabela 1 lista esses municípios. O município de Sucupira do Norte, que possui segundo IBGE (2010) população de 10.444 habitantes, registrou uma geração de RSU per capita altíssima, de 3,89 kg/hab.dia. Conforme Monteiro et al. (2001) a variação da geração de RSU per capita varia de acordo com o tamanho da cidade e sua população. Dessa forma, para o tamanho de uma cidade pequena (população urbana de até 30 mil habitantes) a geração per capita de RSU deve ser em torno de 0,5 kg/hab./dia, o que diferente bastante dos valores apresentados pelo município de Sucupira do Norte.

Tabela 1 – Geração per capita de RSU.

MUNICÍPIOS	Massa de RSU per capita - pop. urbana (kg/hab.dia)
Graça Aranha	1,13 kg/hab.dia
São Francisco do Brejão	1,38 kg/hab.dia
Caxias	1,49 kg/hab.dia
Jatobá	1,77 kg/hab.dia
Magalhães de Almeida	2,22 kg/hab.dia
Santa Luzia	2,50 kg/hab.dia
Lima Campos	3,10 kg/hab.dia



Sucupira do Norte	3,89 kg/hab.dia
-------------------	-----------------

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

A grande geração de resíduos tem relação direta com a redução dos recursos naturais, que conseqüentemente causa a diminuição da capacidade ambiental para a prestação dos serviços ecossistêmicos, o que restringe o bem-estar social, causa doenças, extremos climáticos, perdas na produção de alimentos, disponibilização de água, etc.. Desse modo, o gerenciamento inadequado dos RSU ocasiona vários impactos negativos, tanto de ordem ambiental quanto para a saúde da população (GOUVEIA, 2012).

Quanto ao atendimento a coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO), no Maranhão a quantidade coletada de RDO é menor do que a quantidade gerada, no ano de 2015, por exemplo, deixou-se de ser coletado mais de 2 mil de toneladas de resíduos/dia que, conseqüentemente, tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2015), no entanto, ressalta-se que apenas a coleta regular não garante que os resíduos coletados estejam sendo depositados em áreas adequadas.

De modo geral, o índice de cobertura de coleta de resíduos sólidos domiciliares nos municípios do Maranhão acompanha os índices nacionais para a população urbana, mais de 95% da população da zona urbana dos municípios maranhenses estudados é atendida pela coleta regular de RDO. Contudo, esses valores não acompanham a realidade das localidades rurais, sendo observado que apenas 40% da população das zonas rurais é atendida pela coleta. Registra-se que a prática mais comum da população não atendida pelo serviço é queimar, enterrar ou dispor seu resíduo em terrenos baldios.

Os municípios que apresentaram os menores índices de população total coberta pelo serviço de coleta de RDO foram, Bacurituba, Buritirana, Marajá do Sena, Senador La Rocque e Sítio Novo, que registram atendimento menor que 30%, como apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 – Cobertura da coleta de RDO.

MUNICÍPIOS	Taxa de cobertura de coleta de RDO - pop. total (%)
Bacurituba	22,07%
Buritirana	27,67%
Marajá do Sena	27,52%
Senador La Rocque	30,27%
Sítio Novo	29,69%

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Em relação aos custos unitários do serviço de coleta de RDO, tem-se que em média este serviço custa para os municípios estudados R\$ 149,44 por tonelada coletada, valor acima, mas próximo da média regional para o Nordeste, de R\$ 123,83 por ton., quanto as despesas anuais com a coleta de resíduos observou-se que estes municípios gastam em média R\$ 319.648,05 por ano. Conforme FUNDACE (2018). Em geral, o custo da coleta pode estar associado a um conjunto de fatores

tais como: tamanho do município, regras de deslocamento nas cidades, densidade demográfica, tecnologias de coleta, efeito congestionamento, custo da mão-de-obra, entre outros fatores.

Como dito anteriormente apenas a coleta não garante que os resíduos coletados estejam sendo tratados (compostagem, reciclagem, logística reversa) de forma adequada. Nos 217 municípios do Maranhão há resíduos dispostos em lixões e 97% desses municípios ainda utilizam o lixão como local para disposição final dos resíduos coletados, inclusive para disposição dos resíduos de serviço de saúde. Em relação aos municípios maranhenses estudados (f=71) 81% desses utilizam o lixão para depositar os resíduos gerados no município, conforme apresenta Figura 2.

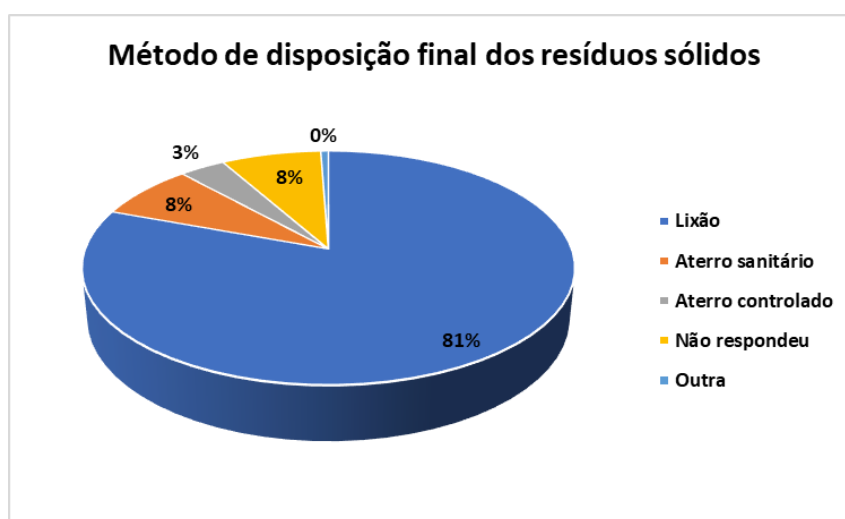


Figura 2 – Disposição final dos resíduos sólidos no Maranhão.  
Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

A disposição final de resíduos sólidos nos lixões é uma prática cotidiana no Brasil, em virtude de apresentar menor custo se comparada a outros processos, exigindo poucos equipamentos e mão de obra não especializada (ALBERTE et al., 2005). A disposição dos resíduos sólidos em lixões causa diversos impactos ambientais, destaca-se o comprometimento do lençol freático e contaminação do solo, devido a percolação do chorume no solo; a contribuição para a poluição do ar; a catação em condições insalubres; entre outros (JACOBI; BESEN, 2011).

A catação insalubre é um dos principais impactos sociais negativos presente no ambiente do lixão, esta associado diretamente a segregação social, portanto, foi estudado a taxa de catadores dispersos que existe nos municípios do Maranhão e que podem estar trabalhando no lixão, assim notou-se que cerca de 70% dos municípios estudados (f=71) possuem catadores dispersos, como mostra a Figura 3.

As pessoas que trabalharam com lixo estão diariamente expostas há várias intempéries como: agentes físicos, químicos, biológicos e acidentes de trabalho. Com base na Norma Regulamentadora nº 15, que trata de Atividades e Operações Insalubres, o trabalho dos catadores é classificado como insalubridade de grau máximo, isso externa a preocupação que se deve ter com esse grupo de trabalhadores quanto sua saúde e qualidade de vida.

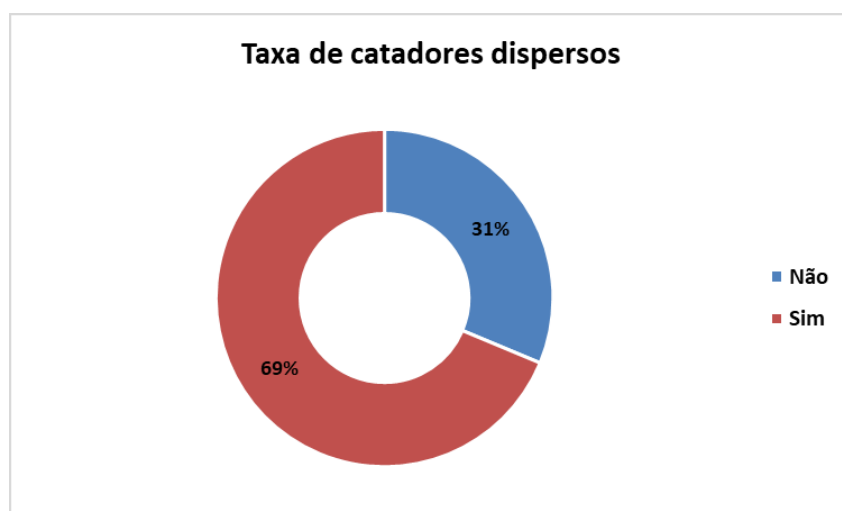


Figura 4 – Existência de catadores dispersos.  
 Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Devido ao grande risco de contaminação proveniente do ambiente do lixão, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº. 12.305/2010, estabelecia até o final de 2014 o prazo para que as prefeituras encerrassem suas atividades de disposição de resíduos em lixões. Contudo, em vista da grande dificuldade de cumprimento dos prazos, em julho de 2015, o Senado estendeu a data-limite para o fim dos lixões. Assim, ficou estabelecido que os municípios que contam com mais de 100 mil habitantes, com base no Censo de 2010, devem encerrar seus lixões ainda em 2019, as cidades com população entre 50 e 100 mil habitantes têm até 31 de julho de 2020 para resolver essa questão e os municípios menores, com menos de 50 mil habitantes, devem estar de acordo com a referida lei até 31 de julho de 2021 (CICLO VIVO, 2019).

Além disso, com a Lei os governos municipais e estaduais tinham o prazo de dois anos para elaborar os Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), com diagnóstico da situação do serviço prestado e metas e programas para redução e reciclagem dos resíduos e criar indicadores para medir o desempenho do serviço público nesse campo. A existência desse Plano é condição para o acesso a recursos da União (BRASIL, 2010). No tocante dos PGIRS dos municípios do Maranhão, pontou-se que 72% dos municípios estudados (f=71) não possuem o referido documento, assim como apresenta a Figura 4. Este é um retrato fiel da situação dos demais municípios do Estado, no Maranhão menos de 40% dos 217 municípios possui Plano.

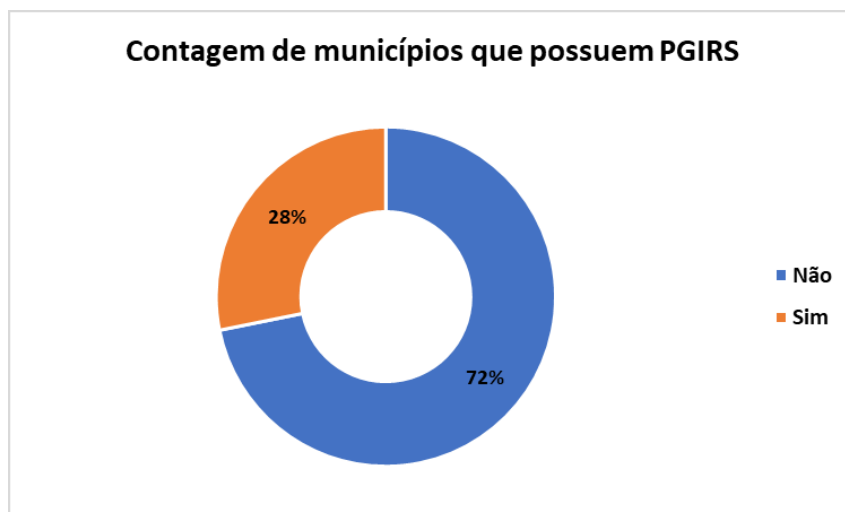


Figura 4 – Municípios que possuem PGIRS.  
Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

O Plano é um instrumento importante para a gestão adequada dos resíduos sólidos, uma vez que a partir dele é possível conhecer os reais problemas de uma determinada localidade, e portanto, propor programas cabíveis a tais situações.

#### 4. CONCLUSÕES

Os dados aqui apresentados e discutidos permitem conferir o panorama atual da prestação dos serviços de manejo de resíduos no Maranhão e os desafios ainda existentes para o Estado.

Em relação à geração dos RSU no Maranhão, notou-se com a pesquisa não existe uma perspectiva de diminuição do seu valor absoluto ou do seu valor per capita, contradizendo as primeiras ordens de hierarquia na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos propostos pela PNRS, que são não geração, redução e consequentemente a reutilização.

A coleta dos resíduos, apesar de ter um alto percentual de abrangência na zona urbana do Estado, precisa ser melhorada nas áreas rurais e nos aglomerados subnormais, onde o sistema de coleta convencional não é muito efetivo.

Em relação à disposição final dos RSU, quase a totalidade de municípios maranhenses destinam seu resíduo para lixões. Além disso, os municípios maranhenses em sua maioria (78%) não elaboraram os Planos Municipais de Gestão Integradas de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

Diante do exposto, é notório que é preciso que se estabeleça uma gestão integrada dos resíduos sólidos mais eficaz e sustentável tanto ao meio ambiente quanto à sociedade no Maranhão, para isso é importante a adoção de práticas de educação ambiental e adequação de infraestruturas de engenharia que permitam o manejo correto dos resíduos.

Por fim, salienta-se que o SNIS consiste em informações autodeclaradas e os serviços no âmbito local possui particularidades em diferentes matizes políticas, administrativas e de até mesmo de dificuldade de alimentar o sistema. Portanto, recomenda-se uma pesquisa a campo para maiores precisão das informações declaradas.

## Referências

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e de Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2015**. São Paulo: ABRELPE, 2015.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e de Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Diálogos & Ciência**: Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana, Feira de Santana, v.5, n.5, p.01-15, jun. 2005.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Presidência da República: Casa Civil, Brasília, 8 de Janeiro de 2007. Art. 3º, seção I. 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Brasília, 2010.

FERNANDES, D. N. O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos na comunidade do Prado, bairro do Catolé, Campina Grande/PB. **Revista OKARA**: Geografia em debate, v.3, n.2, p. 223-347, 2009.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência e Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 6, n. 17, p.1503-1510, abr. 2012.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**: São Paulo, v.25, n.71, p.135-158, jan./abr. 2011.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p. 2001.



**MICROORGANISMOS E  
BIORREMEDIAÇÃO: *PESTALOTIOPSIS  
MICROSPORA*, UM FUNGO  
ENDOFÍTICO TROPICAL CAPAZ DE  
TOLERAR MERCÚRIO**

*MICROORGANISMS AND BIOREMEDIATION: PESTALOTIOPSIS  
MICROSPORA, A TROPICAL ENDOPHYTIC FUNGUS CAPABLE OF  
TOLERATING MERCURY*

**Juliano dos Santos**

**Mairla Santos Colins**

**Núrzia Cristina Correia Santana**

**Leandro Souza Silva**

**Raiza Pacheco Mendonça**

**Ilisandra Zanandrea**



## Resumo:

Os microrganismos endofíticos são uma parcela pouco conhecida que habitam o interior de plantas com uma relação simbiótica ou neutra. Portanto, o objetivo deste estudo é fazer um levantamento bibliográfico sobre esse grupo de microrganismos e suas interações. E podemos afirmar que os microrganismos endofíticos, a exemplo dos fungos *Pestalotiopsis microspora*, são tolerantes às condições adversas e que são úteis para o processo simbiótico.

**Palavras chaves:** bactéria, fungos, plantas, solo.

## Abstract:

Endophytic microorganisms are a poorly known portion that inhabit the interior of plants with a symbiotic or neutral relationship. Therefore, the aim of this study is to make a bibliographic survey about this group of microorganisms and their interactions. And we can say that endophytic microorganisms, such as the fungi *Pestalotiopsis microspora*, are tolerant to adverse conditions and are useful for the symbiotic process.

**Key-words:** bacteria, fungi, plants, soil.



## MICROORGANISMOS ENDOFÍTICOS

A maior parte da biodiversidade de espécies está abrigada nas regiões tropicais do planeta. Embora esse padrão de distribuição de espécies tenha sido relacionado a interações entre fatores tanto bióticos quanto abióticos, essas interações ainda são mal compreendidas. Devido a essa complexidade estrutural das florestas tropicais, muitas espécies que aí ocorrem são endêmicas e pouco conhecidas. Dentre os seres vivos, um grupo muito diverso e ainda pouco conhecido é o grupo dos microrganismos endofíticos (BANERJEE, 2011; BOTERO et al., 2013; RAJAMANIKYAM et al., 2017).

Os endofíticos compreendem uma parcela pouco conhecida dos microrganismos, principalmente bactérias e fungos, que habitam o interior das plantas em uma relação simbiótica ou neutra. A definição do tipo de interação entre microrganismos endofíticos e plantas ainda é envolta em reflexões e confusa, pois diferentes autores definem o termo endofítico como meramente didático. Pode-se dizer que existe um gradiente entre os grupos de endofíticos e não-endofíticos, sem uma clara distinção ou limite entre eles (PEIXOTO NETO et al., 2002; AZEVEDO, 2014).

Desde o século XIX surgiram diferentes definições para os endofíticos, assim como tentativas de diferenciação entre os organismos que habitam o interior de plantas. Entretanto, a mais atual e mais completa definição considera todos os microrganismos cultiváveis ou não, que habitam o interior dos vegetais, sem causar danos à planta e que não desenvolvem estruturas externas, ou seja, excluindo bactérias de nódulos de raízes e fungos micorrízicos (AZEVEDO, 2014).

Esses fungos podem apresentar diferentes distribuições nos variados tecidos das plantas hospedeiras. Os fungos endofíticos podem habitar todas as partes da planta, como folhas, flores, estruturas reprodutivas, pecíolos, galhos, ramos, cascas e raízes. Devido à simbiose existente entre fungo endofítico e planta hospedeira, no geral, várias substâncias podem ser sintetizadas pelos endófitos para promoverem o crescimento e a proteção do vegetal (FAETH, 2002; RODRIGUEZ et al., 2009; ZHENG et al., 2015).

A produção de metabólitos secundários é um dos principais mecanismos pelos quais o fungo beneficia a planta hospedeira (SCHULZ et al., 1995). Nesses casos, pode-se dizer que existe mutualismo de defesa, em outras palavras, o fungo está dando proteção à planta e protegendo a si próprio, uma vez que o mesmo estará habitando o interior da planta. Logo, pode-se dizer que as intrincadas interações mutualísticas entre fungos endofíticos e planta hospedeira são reguladas, pelo menos, a nível ambiental, resultando nos benefícios de adaptabilidade tanto para a planta quanto para o fungo (SAIKKONEN et al., 1998; AZEVEDO, 1999; RAJAMANIKYAM et al., 2017).

Sendo assim, a seleção do endófito para estudo deve ser realizada com espécies vegetais de diferentes biotas, principalmente as que habitam regiões estres-



santes e que enfrentam intensas alterações no ambiente como plantas de regiões áridas, florestas tropicais, regiões com influência salina ou áreas contaminadas por metais pesados (ALI et al., 2017). Nesse contexto, áreas que vem sofrendo com o despejo de metais pesados são consideradas favoráveis para a prospecção de fungos endofíticos resistentes ou tolerantes.

## **METAIS PESADOS**

Um dos grupos de poluentes que causam preocupação, não só pela sua toxicidade como também pela elevada mobilidade nos compartimentos ambientais, como solo, água e sedimentos, é o grupo dos metais pesados. De acordo com Malavolta (1994), metais pesados são elementos que tem densidade maior que  $5 \text{ g/cm}^3$  ou que possuem número atômico superior a 20, como arsênio (As), cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni), e zinco (Zn), sendo conhecidos também como elementos traço ou metais traço, apesar de não existir consenso ou definição precisa para o termo. Esses elementos são comumente associados a problemas de contaminação ambiental. No entanto, alguns metalóides como Arsênio, que possui densidade menor, são incluídos no grupo dos metais pesados devido aos seus efeitos tóxicos no meio ambiente (MENESES, 2008; KHALID et al., 2017).

Os metais pesados estão presentes em todo o território ambiental e estão muitas vezes presentes em níveis baixos. Em quantidades maiores, entretanto, podem ser perigosos para a vida em geral. Esses elementos traço ocorrem de forma natural nos solos (FADIGAS et al., 2010), porém, nas últimas décadas, atividades humanas passaram a elevar de forma desenfreada a concentração de muitos destes metais em diversos ecossistemas (KABATA-PENDIAS, 2011).

Os metais pesados possuem origens litogênicas e antropogênicas, sendo as primeiras relacionadas às fontes geológicas, como resíduos de rochas e processo de intemperismo, indicando que esse teor natural pode estar relacionado ao material de origem. As fontes antropogênicas relacionam com as atividades humanas e podem atingir teores elevados, comprometendo a qualidade ambiental. Por exemplo, resíduos agrícolas ou produtos para correção da acidez do solo, assim como fertilizantes para uso agrícola também podem ser fonte de boa parte da contaminação dos ambientes naturais (SANTOS et al., 2015).

São variadas as formas pelas quais os metais pesados podem chegar ao ambiente, dentre elas, o despejo de lixo a céu aberto e aterros sanitários que não seguem normas adequadas para despejo de material sólido. Se o produto final da decomposição desses resíduos sólidos contém alta concentração de metais pesados, o chorume líquido gerado pode ser nocivo para o solo, água, vegetais e animais. Uma vez que os metais pesados são absorvidos por plantas, ocorre a acumulação sucessiva em tecidos animais, ou seja, a bioacumulação através da cadeia alimentar que faz com que saúde do meio ambiente e, conseqüentemente, dos seres humanos, esteja em risco (WONG et al., 2006; MISHRA et al., 2017).



Alguns metais pesados, como Fe, Zn, Ca e Mg foram relatados como sendo de importância para a vida no geral em pequenas quantidades. Berton (2000) destaca que os metais Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, são essenciais às plantas, o Co às bactérias fixadoras de nitrogênio e o Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, aos animais. No entanto, alguns outros metais, como As, Cd, Pb e formas metiladas de Hg não apresentam nenhuma importância para a fisiologia, e até mesmo em concentrações muito baixas podem ser tóxicos (DURUIBE et al., 2007).

A contaminação do solo com metais pesados tem uma influência negativa no crescimento e desenvolvimento de plantas, entre outros seres vivos, sendo que alguns desses metais são muito tóxicos mesmo em baixíssimas concentrações, por exemplo, o mercúrio (BHATTACHARYYA, et al., 2008). Muitas tentativas têm sido feitas para a remediação de ambientes contaminados por esses metais, como tratamentos eletroquímicos, trocas iônica, precipitação, osmose reversa, evaporação e sorção; no entanto, pouca eficiência tem sido notada além do alto custo desses métodos. Uma alternativa é a utilização do tratamento biológico de resíduos, tanto pelo baixo custo quanto pela boa acessibilidade (KADIRVELU et al., 2002; LUO et al., 2010; ZAHOR et al., 2017).

Metais pesados exercem efeitos tóxicos em microrganismos do solo e, consequentemente em muitos endofíticos, resultando em uma mudança da diversidade e tamanho de populações e comunidades microbianas (NARENDRULA-KOTHA; NKONGOLO, 2017). Elevadas concentrações de metais pesados e outros poluentes afetam qualitativamente e quantitativamente a composição dessas comunidades (GADD, 1993). Por exemplo, poluentes metálicos diminuem a densidade de fungos endofíticos de bétulas no ambiente (HELANDER et al., 1993), assim como podem diminuir a diversidade, inibir o crescimento e causar mudanças na fisiologia e morfologia (EZZOUHRI et al., 2009), e possivelmente agem como um agentes seletivos para a emergência de tipos de fungos resistentes a metais pesados (RANTA; NEUVONEN, 1994; HELANDER, 1995; GURURAJAN; PRASANNA, 2017).

Portanto, alguns fungos possuem a habilidade de tolerar esses metais em condições que são letais para outros organismos. Essa capacidade tem atraído o interesse de estudiosos devido aos seus mecanismos de sobrevivência a ambientes estressantes.

## **TOLERÂNCIA DE FUNGOS A METAIS PESADOS**

Mecanismos de sobrevivência sob estresse por metais pesados pode ser uma estratégia complexa. Alguns fungos considerados excepcionais possuem a habilidade de sobreviver e acumular esses metais sob condições que são letais para outros organismos (ZAPOTOCZNY et al., 2007). Os mecanismos de sobrevivência de certos fungos incluem, por exemplo, a redução da captação de metais, efluxo incrementado e imobilização de metais, biossorção pela parede celular, ligação extracelular por polissacarídeos e sequestro intracelular por metalotioneínas e fitoquelatinas, localização vacuolar, entre outros (COLLIN-HANSEN et al., 2005;



GADD, 2007).

Diretamente ou indiretamente, esse tipo de organismo pode utilizar diferentes estratégias de sobrevivência, por exemplo, por meio da síntese de c-glutamil peptídeos, ligação do cobre ou precipitação do mesmo ao redor da parede celular com transporte intracelular, os quais são mecanismos de resistência de *Saccharomyces cerevisiae* ao excesso de  $\text{Cu}^{2+}$  (GADD & WHITE, 1989). Contudo, a aclimatização ao estresse é realizada através de mecanismos intrincados e diversos, inclusive envolvendo múltiplos caminhos fisiológicos e metabólicos complexos ainda pouco estudados (FAZLI et al. 2015; ZHAO; LI; SHEN, 2015; HOQUE; FRITSCHER, 2016).

Outros complexos mecanismos envolvem a formação de precipitados extracelulares, complexações, cristalizações e transformações de metais (WHITE et al., 1997), diminuição do transporte, compartimentação intracelular, incremento da impermeabilidade e sistema de extrusão de substâncias tóxicas (BRUINS et al., 2000; ZAFAR et al., 2007). Por exemplo, de acordo com estudos, *Neurospora crassa* apresentou uma taxa de reforço de 25 % de parede celular na presença de cádmio, comparado ao controle (BHANOORI & VENKATESWERLU, 2000). Martino et al. (2000) mostraram que fungos ericoides micorrízicos secretam e depositam melanina na parede celular como resposta aos estresses causados por metais pesados no meio.

Os mecanismos de tolerância de certos fungos tem atraído o interesse de estudiosos para a capacidade de biorremediação que esses fungos possuem. A biomassa dos fungos possui grande quantidade de material na parede celular e este material é um ligante de metais excelente (SRIVASTAVA et al., 2007). Certas espécies de fungos, tais como *Coriolus versicolor*, *Phanerochaete chrysosporium* e *Aspergillus niger*, apresentam capacidade de sequestrar poluentes orgânicos, por exemplo, o hidroxilbenzeno (FOUNTOULAKIS et al., 2002; HAI et al., 2006; SANTAECLA et al., 2009; PASSOS et al., 2009) e os metais pesados (LIU et al., 2006), por meio de atividades do metabolismo, pela ativação da produção de enzimas e processos de biossorção (ZHAO; LI; SHEN, 2015).

Espécies fúngicas, tais como *Aspergillus niger*, *A. terreus*, *Trichoderma viride*, *T. atroviride* têm sido usados para remoção de metais em despejos de efluentes sintéticos (YIN et al., 1999; ERRASQUÍN & VÁZQUEZ, 2003; PORCEL, et al., 2005; MUKHOPADHYAY, et al., 2007). Além disso, os componentes da parede celular desempenharam um papel crítico na adsorção de íons de resíduos em fungos como *Flammulina velutipes*, *Auricularia polytricha*, *Pleurotus eryngii* e *Pleurotus ostreatus*. Devido à essa crescente utilização do tratamento biológico de águas residuais, tanto pelo baixo custo quanto pela boa acessibilidade, torna-se notória a necessidade do estudo da toxicidade de metais sobre a diversidade microbiana em ambientes de sistemas de tratamento (LI et al., 2017).





## FUNGOS ENDOFÍTICOS E SUA INFLUÊNCIA NA TOLERÂNCIA DE PLANTAS A METAIS PESADOS

Estudos mostram que a contaminação do solo com metais pesados tem uma influência negativa no desenvolvimento de plantas (BONANNO; BORG; MARTINO, 2017). Uma grande sensibilidade pode ser encontrada nos citros, espinafre e em uma ampla variedade de fabáceas, uma vez que a fitotoxicidade pelo excesso de metais é causada através do distúrbio dos processos fisiológicos devido a desordens na absorção de nutrientes que são necessários para o funcionamento apropriado dessas plantas (WYSZKOWSKI; WYSZKOWSKA, 2009; TRAN; POPOVA, 2013; SHAHABIVAND et al., 2017).

Plantas cultivadas em solos com elevada concentração de metais pesados podem sofrer com a inibição do crescimento, transpiração reduzida, clorose e de folhas, limitações da germinação de sementes e deformidades no sistema radicular, sendo que esses efeitos são mais fortes nos estágios iniciais de desenvolvimento dessas plantas (TRAN & POPOVA, 2013).

A mobilidade e disponibilidade de metais pesados para plantas depende do pH do solo, quantidade de matéria orgânica, granulometria, quantidade de óxidos de manganês, capacidade de sorção do solo e tipo do metal, entre outros. De forma geral, metais pesados estão mais disponíveis para plantas em solos com alto nível de ácidos húmicos (PIERANGELI et al. 2001; KABATA-PENDIAS, 2011; TRAN e POPOVA, 2013; ANTONIADIS et al., 2017).

Em ambiente natural, muitas plantas estabelecem associações com fungos para formar complexas simbioses. Alguns estudos provam que esses fungos podem tolerar altos níveis de metais pesados e acumular esses metais nos tecidos miceliais, ou seja, protegendo as plantas hospedeiras da contaminação por esses elementos tóxicos (LEYVAL et al., 1997; COLPAERT et al., 2000; SHAHABIVAND et al., 2017; BAN et al., 2017).

Muitos desses fungos têm a habilidades de reduzir o estresse causado por metais pesados em plantas e estimular o crescimento vegetal (SHIN et al., 2012; HE et al., 2013). Dentre essas habilidades, fungos mostram excelente capacidade de ligação a metais (GADD, 1990) e concedem algumas vantagens comparadas aos benefícios de bactérias em raízes de plantas (D'ANNIBALE et al., 2006). Os fungos possuem propriedades que influenciam a diminuição da toxicidade de metais, incluindo a formação da ligação metal-proteína, precipitações orgânicas e inorgânicas, transporte ativo, compartimentação intracelular, enquanto que os constituintes da parede celular do fungo, como a quitina, possuem capacidade de adsorver metais (GADD et al., 2001), tais mecanismos evidenciam a importância do uso desses fungos em associação com plantas para remediação ambiental.

O fungo endofítico *Piriformospora indica* coloniza o interior de várias espécies vegetais e promove crescimento celular e resistência contra fatores estressantes



abióticos e bióticos, resultando em um grande incremento na biomassa vegetal (UNNIKUMAR et al., 2013; VARMA, 2013; SHAHABIVAND et al., 2017). Outro fungo endofítico bem estudado faz parte do gênero *Neotyphodium*, o qual pode afetar a captação e transporte de minerais em plantas de *Festuca arundinacea* (RAHMAN & SAIGA 2005; MALINOWSKI et al., 2000). Em *Zea mays*, o fungo *Gaeumannomyces cylindrosporus* incrementou as taxas fotossintéticas e diminuiu a translocação de Pb dessas plantas (BAN et al., 2017).

Diferentemente dos fungos micorrízicos arbusculares, os fungos endofíticos podem ser encontrados colonizando tecidos de várias plantas, muitas vezes independentemente da taxonomia e preferências ambientais (SCHULZ & BOYLE, 2006). Além disso, fungos endofíticos são de particular interesse, pois eles possuem a vantagem de serem relativamente protegidos do competitivo e estressante ambiente do solo (RODRIGUEZ et al., 2008; LI et al., 2011).

Muitos fungos como *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Rhizopus* e fungos micorrízicos arbusculares (AMF) tem mostrado seu potencial em relação à remoção de contaminantes do solo, incrementando a fitorremediação (ADAMS et al., 2007; LEBEAU et al., 2008). Desses, AMF associados a plantas tem sido muito estudados pelas suas potencialidades de fitorremediação (MARQUES et al., 2006). Similarmente, muitos fungos endofíticos resistentes a metais pesados, especialmente os endófitos septados negros (DSEs), tem mostrado grande potencial de biossorção para o tratamento de áreas contaminadas por metais pesados em associação a plantas, pois incrementam o crescimento desses vegetais e promovem a biossorção de metais concomitantemente (LUO et al., 2010; LI et al., 2011, 2012; DENG et al., 2014).

Fitorremediação oferece uma promissora e econômica opção para o tratamento de ambientes contaminados por esses metais (ISKANDAR et al., 2011). O estudo sobre o uso de espécies vegetais de grande porte para a biorremediação de áreas contaminadas por metais pesados tem ganhado destaque por causa da maior imobilização destes na biomassa vegetal por períodos mais longos, uma vez que produzem grande quantidade de biomassa (ELTROP et al., 1991; ANTONIADIS et al., 2017).

Por outro lado, estudos evidenciam que as plantas herbáceas que apresentam baixa produção de biomassa possuem maior tolerância ao excesso de metais no solo do que as arbóreas. No entanto, muitas plantas consideradas hiperacumuladoras de metais não são adequadas para aplicações de fitorremediação em campo por causa de problemas críticos, como baixa taxa de crescimento e pouca biomassa, baixa faixa de tolerância, variável biodisponibilidade dos contaminantes para essas plantas, entre outros fatores (GERHARDT et al., 2009; GLICK, 2010; OJUEDERIE; BABALOLA, 2017). Para superar esses problemas, o incremento da tolerância concedido pelos fungos endofíticos pode ser explorado (RAJKUMAR et al., 2012), uma vez que alguns fungos nativos tem uma marcante adaptação a metais pesados quando sob constante estresse causado por esses metais. Além disso, os metais tóxicos podem até mesmo ser usados como micronutrientes por esses organismos



endofíticos. Portanto, pode ser de grande importância a inoculação desses fungos em plantas para o incremento da fitorremediação em solos contaminados por metais tóxicos (DODD & THOMPSON, 1994; ZHANG et al., 2008).

Sendo assim, a investigação das adaptações das plantas e fungos a estes elementos metálicos isoladamente, em combinação com estudos das intrincadas relações entre fungos endofíticos e vegetais, pode revelar aspectos importantes para o manejo destes poluentes em ambientes antropizados. Podendo assim subsidiar ações, manejos e políticas públicas com o intuito de prevenir e mitigar os efeitos desses metais nas populações.

## **POTENCIAL DE *PESTALOTIOPSIS MICROSPORA* NA BIORREMEDIAÇÃO DE METAIS PESADOS**

*Pestalotiopsis* Steyaert é um gênero de fungo anamórfico (coelomiceto) com conídios apendiculados da família Amphisphaeriaceae (BARR, 1975, 1990; KANG, et al. 1998, 1999). Espécies de *Pestalotiopsis* são comuns em ecossistemas de clima tropical e temperado (BATE-SMITH e METCALFE 1957), podem causar doença em plantas (DAS et al. 2010), são frequentemente isolados como endófitos (LIU ET AL. 2006; WEI et al. 2007; WATANABE et al. 2010), ou ocorrem como saprófitos (AGARWAL E CHAUHAN 1988; YANNA et al. 2002; HU et al. 2007; LIU et al. 2008a).

O gênero ganhou importância nos últimos anos, não por causa de sua natureza patogênica, mas sim porque espécies são capazes de produzir metabólitos secundários muito importantes (DING et al. 2008a, b; ALY et al. 2010; XU et al. 2010).

*Pestalotiopsis microspora* é uma espécie endofítica comum presente em plantas tropicais e subtropicais e saprófito de cascas e material vegetal em decomposição (METZ et al. 2000). A espécie tem sido mais comumente isolada como endófito associado a plantas da floresta tropical (STROBEL et al. 2002) ou como patógeno em diversas espécies de plantas, como a goiaba (*Psidium guajava*) (KEITH et al. 2010).

Isolados desta espécie tem variabilidade genética, provavelmente compreendendo um complexo de espécies diversas e, portanto, cada isolado é geralmente único nas substâncias que produz (HARPER et al. 2003). Compostos bioativos, como a droga anti-câncer taxol, além de jesterona, ácido ambuico, ácido torreínico, pestalosídios, pestalotiopsinas e 2-a hydroxydimeniol (STROBEL et al. 2002) e heteropolissacarídeos (KAI et al. 2003) foram obtidos de *P. microspora*. O taxol é uma medicação anti-câncer multimilionária, obtido de um isolado endofítico das plantas *Taxus wallachiana* (STROBEL et al. 1996a) e *Taxodium distichum* (STROBEL et al. 1996b).

No Brasil, mais especificamente no estado do Maranhão, estudo realizado por SILVA et al. (2017) mostrou que *P. microspora* foi o fungo endofítico mais preva-



lente (Fig. 1) em uma área de igarapé com histórico de contaminação por metais pesados (CAMPOS et al., 2009), sendo isolado de 6 das 8 espécies de plantas amostradas.

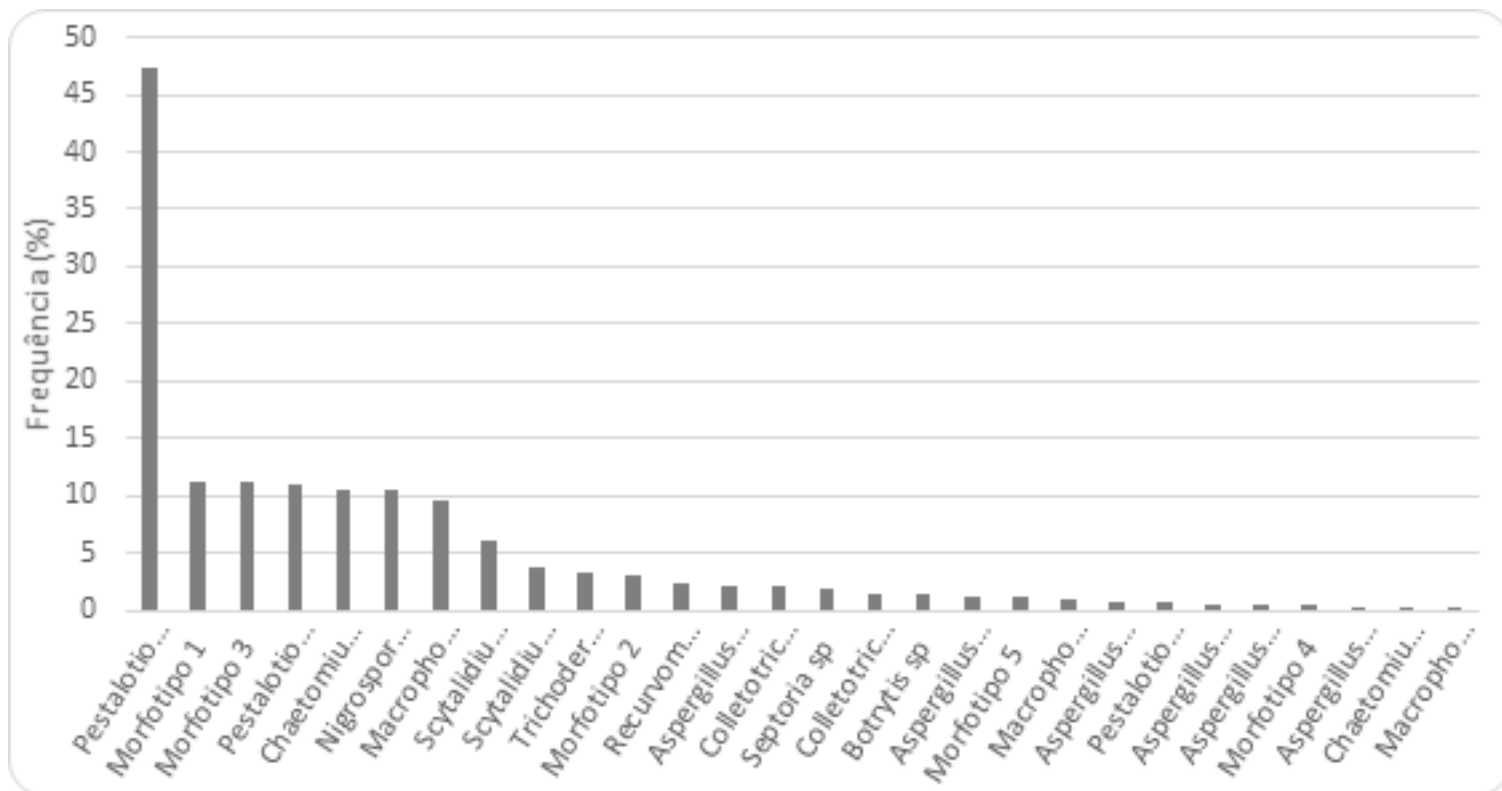


Figura 1. Frequência relativa de fungos endofíticos isolados em plantas das margens do Igarapé do Sabino, São Luís, MA, Brasil.

COLINS et al. (2017) avaliaram o crescimento micelial de *P. microspora* isolado da planta *Astrocaryum vulgare* Mart. (Asteraceae) em meio de cultura suplementado com diferentes concentrações de  $\text{HgCl}_2$ . As colônias do fungo apresentaram crescimento nos meios de cultura com até  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{HgCl}_2$ , sendo inibido somente nas placas com  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  do composto.

O crescimento tanto no tratamento controle quanto nas concentrações de  $0,5$  e  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  ocorreu de maneira linear no decorrer do tempo. Somente na concentração de  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$  o início do crescimento do fungo foi retardado, sendo que este crescimento adquiriu um comportamento quadrático ao longo do tempo (Fig. 2) (COLINS et al., 2017).

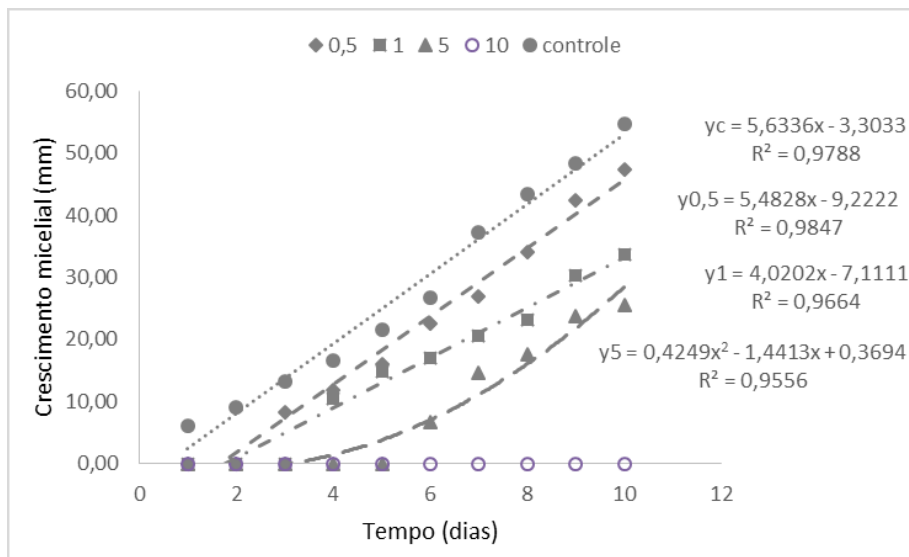


Figura 2. Crescimento micelial de *Pestalotiopsis cf. macrospora* ao longo do tempo sob diferentes concentrações de Cloreto de Mercúrio ( $HgCl_2$ )

Quando comparamos o crescimento final, ao décimo dia de crescimento, em relação as doses de  $HgCl_2$ , podemos verificar que diâmetro micelial do isolado decresce de maneira linear e inversamente proporcional as concentrações (Fig. 3). Não houve diferença significativa na velocidade de crescimento (IVCM) de *P. microspora* entre os tratamentos controle e 0,5, sendo estes os maiores segundo o teste de médias de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) (Colins et al., 2017).

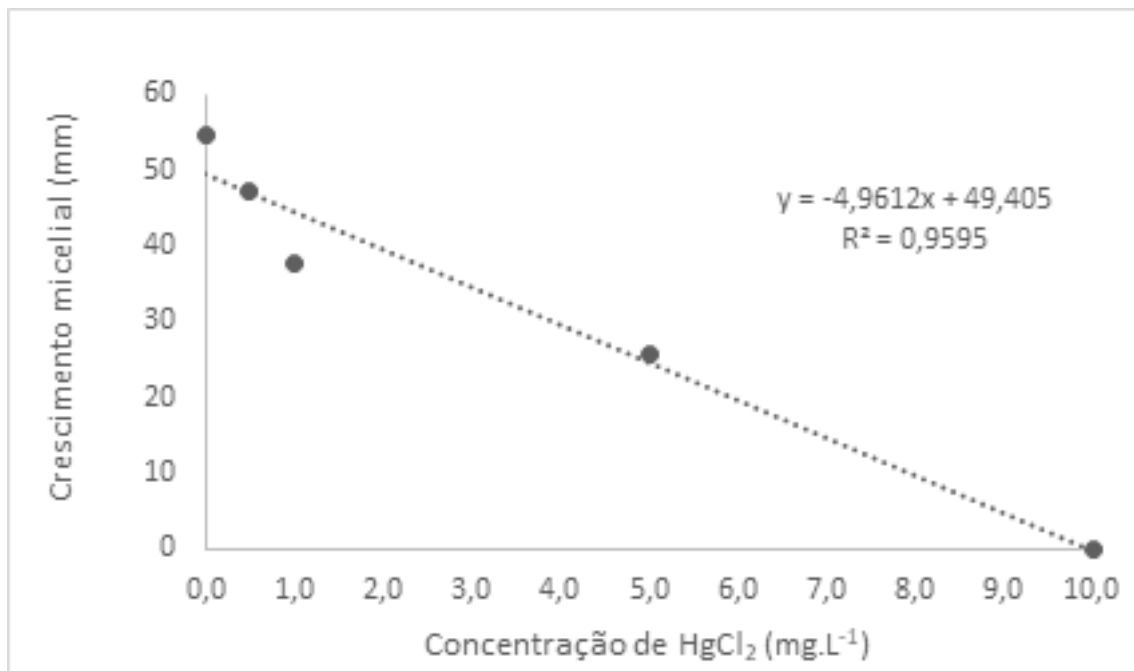


Figura 3. Diâmetro médio das colônias de *Pestalotiopsis cf. macrospora* após 10 dias de cultivo a 25 °C sob diferentes concentrações de Cloreto de Mercúrio ( $HgCl_2$ )

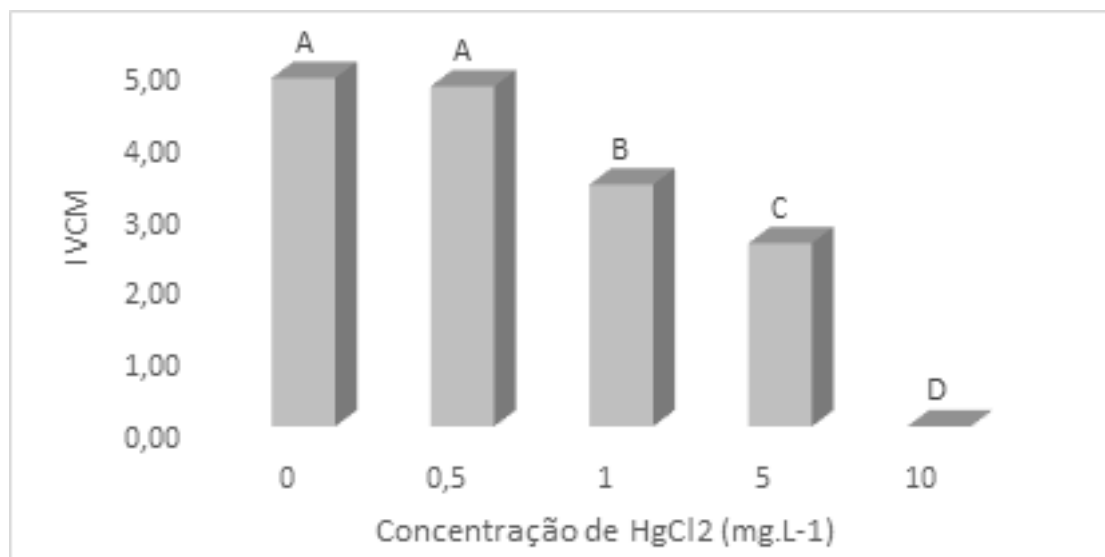


Figura 4. Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) de *Pestalotiopsis cf. macrospora* sob diferentes concentrações de Cloreto de Sódio (NaCl). Médias de barras com letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Colins et al. (2017) sugerem que *P. cf. macrospora* possui mecanismos que o permite sobreviver em condições de estresse. A tolerância desse microrganismo endofítico às condições adversas são extremamente úteis a ele e a suas plantas hospedeiras. Algumas plantas possuem estratégias morfofisiológicas que auxiliam sua permanência em solos contaminados por metais. Assim, os fungos endofíticos podem contribuir para a colonização das plantas nesses ambientes, auxiliando na tolerância e provavelmente na resistência das mesmas (HE et al. 2013).

O crescimento desse fungo em meio contaminado com HgCl<sub>2</sub> indica um bom potencial deste fungo para ser utilizado em estudos de biorremediação de ambientes contaminados com esse composto, entretanto novas pesquisas *in vitro* e *in loco* com outros metais, além de determinar a concentração mínima inibitória para o crescimento deste microrganismo, bem como se e de que forma ele utiliza o poluente em seu metabolismo. Outra pesquisa de interesse seria investigar o grau de influência deste fungo na vida de suas plantas hospedeiras, ou seja, se ele tem influência na sobrevivência destas plantas em locais contaminados com metais pesados (COLINS et al., 2017).

## Referências

ADAMS, P.; DE-LEIJ, F. A. A. M.; LYNCH, J. M. *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 Mediates Growth Promotion of Crack Willow *Salix fragilis* Saplings in Both Clean and Metal-Contaminated Soil. *Microb Ecol, Surrey*, v. 54, n. 2, p.306-313, 2007.

AGARWAL, A.K., CHAUHAN, S. A new species of the genus *Pestalotiopsis* from Indian soil. *Indian Phytopathol* v. 41; p. 625–627. 1988

ALI, A. H. et al. Effect of *Thermomyces* fungal endophyte isolated from extreme hot desert-adapted plant on heat stress tolerance of cucumber. *Applied Soil Ecology*, p.1-8, nov. 2017.

ALY, A.H.; DEBBAB, A.; KJER, J.; PROKSCH, P. Fungal endophytes from higher plants: a prolific source of



- phytochemicals and other bioactive natural products. *Fungal Divers* v. 41 n. 1 p. 1–16. 2010.
- ANTONIADIS, V. et al. Trace elements in the soil-plant interface: Phytoavailability, translocation, and phytoremediation—A review. *Earth-science Reviews*, v. 171, p.621-645, ago. 2017.
- AZEVEDO, J. L. Botânica: uma ciência básica ou aplicada?. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, p.225-229, 1999.
- AZEVEDO, J. L. Endophytic Fungi from Brazilian Tropical Hosts and Their Biotechnological Applications. *Microbial Diversity And Biotechnology In Food Security*, p.17-22, 2014.
- BAN, YIHUI; XU, ZHOUYING; YANG, YURONG. Effect of Dark Septate Endophytic Fungus *Gaeumannomyces cylindrosporus* on Plant Growth, Photosynthesis and Pb Tolerance of Maize (*Zea mays* L.). *Pedosphere*, v. 27, n. 2, p.283-292, abr. 2017.
- BANERJEE, Debdulal. Endophytic Fungal Diversity in Tropical and Subtropical Plants. *Research Journal Of Microbiology*, v. 6, n. 1, p.54-62, 1 jan. 2011.
- BARR, M.E. *Pestalotia*, a new genus in the *Amphisphaeriaceae*. *Mycologia* v. 67 p.187–194. 1975.
- BARR, M.E. Prodrômus to nonlichenized, pyrenomycetous members of class Hymenoascomycetes. *Mycotaxon* v. 39 p. 43–184. 1990.
- BATE-SMITH EC, METCALFE CR Leucanthocyanins .3. The nature and systematic distribution of tannin in dicotyledonous plants. *J Linn Soc (Bot)* v. 55 p. 669–705. 1957.
- BERTON, R S. Riscos de contaminação do agrossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 259-268.
- BHANOORI, M.; VENKATESWERLU, G. In vivo chitin–cadmium complexation in cell wall of *Neurospora crassa*. *Biochimica Et Biophysica Acta - General Subjects*, Hyderabad, v. 1523, n. 1, p.21-28, 2000.
- BHATTACHARYYA, P. et al. Fractionation and bioavailability of Pb in municipal solid waste compost and Pb uptake by rice straw and grain under submerged condition in amended soil. *Geosciences Journal*, India, v. 12, n. 1, p.41-45, 2008.
- BONANNO, Giuseppe; BORG, Joseph A.; MARTINO, Vincenzo di. Levels of heavy metals in wetland and marine vascular plants and their biomonitoring potential: A comparative assessment. *Science Of The Total Environment*, v. 576, p.796-806, jan. 2017.
- BOTERO, Carlos A.; DOR, Roi; MCCAIN, Christy M. Environmental harshness is positively correlated with intraspecific divergence in mammals and birds. *Molecular Ecology*, v. 23, n. 2, p.259-268, 27 nov. 2013.
- BRUINS, M. R.; KAPIL, S.; OEHME, F. W. Microbial Resistance to Metals in the Environment. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, Manhattan, v. 45, n. 3, p.198-207, 2000.
- CAMPOS, A.E.C.; NUNES, G.S.; DE OLIVEIRA, J.C.S. Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 4, p.960-964, 2009.
- COLINS, M. S.; SILVA, L. S.; SANTANA, N. C. C.; SANTOS, J. potencial de *pestalotiopsis* cf. *microspora* na biorremediação de metais pesados In: XII MACCBIO e II SIMPOSIO DE CIENCIAS BIOLOGICAS, 2017, São Luís. *Anais XII MACCBIO*. 2017.
- COLLIN-HANSEN, C.; ANDERSEN, R. A.; STEINNES, E. Molecular defense systems are expressed in the king bolete (*Boletus edulis*) growing near metal smelters. *Mycologia*, Trondheim, v. 97, n. 5, p.973-983, 2005.
- COLPAERT, J. V. et al. Genetic variation and heavy metal tolerance in the ectomycorrhizal basidiomycete *Suillus luteus*. *New Phytologist*, Leuven, v. 147, n. 2, p.367-379, 2000.
- D'ANNIBALE, A; ROSETTO, F.; LEONARDI, V.; FEDERICI, F.; PETRUCCIOLLI, M. Role of Autochthonous Filamentous Fungi in Bioremediation of a Soil Historically Contaminated with Aromatic Hydrocarbons. *Applied And Environmental Microbiology*, Venezia, v. 72, n. 1, p.28-36, 2006.
- DAS, R.; CHUTIA, M.; DAS, K.; JHA, D.K. Factors affecting sporulation of *Pestalotiopsis disseminata* causing



- grey blight disease of *Persea bombycina* Kost., the primary food plant of muga silkworm. *Crop Prot* v. 29 p. 963–968. 2010.
- DENG, Z.j. et al. Characterization of Cd-, Pb-, Zn resistant endophytic sp. MXSF31 from metal accumulating and its potential in promoting the growth of rape in metal-contaminated soils. *Environ Sci Pollut Res*, Guangzhou, v. 21, p.2346-2357, 2014.
- DING, G.; LIU, S.; GUO, L.; ZHOU, Y.; CHE, Y. Antifungal metabolites from the plant endophytic fungus *Pestalotiopsis foedan*. *J Nat Prod* v. 71 n. 4 p. 615–618. 2008.
- DODD, J.C.; THOMPSON, B.D. The screening and selection of inoculant arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. *Plant And Soil*, Canterbury, v. 159, n. 1, p.149-158, 1994.
- DURUIBE, J. O.; OGWUEGBU, M. O. C.; EGWURUGWU, J. N. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal Of Physical Sciences*, India, v. 2, n. 5, p.112-118, 2007.
- ELTROP, L.; BROWN, G.; JOACHIM, O.; BRINKMANN, K. Lead tolerance of *Betula* and *Salix* in the mining area of Mechernich/Germany. *Plant Soil*, Germany, v. 131, n. 2, p.275-285, 1991.
- ERRASQUÍN, L. E.; VÁZQUEZ, C. Tolerance and uptake of heavy metals by *Trichoderma atroviride* isolated from sludge. *Chemosphere*, Madrid, v. 50, n. 1, p.137-143, 2003.
- EZZOUHRI, L.; CASTRO, E.; MOYA, M.; ESPINOLA, F.; LAIRINI, K. Heavy metal tolerance of filamentous fungi isolated from polluted sites in Tangier, Morocco. *African Journal Of Microbiology Research*, Africa, v. 3, n. 2, p.35-48, 2009.
- FADIGAS, F. S.; DO AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; CUNHA DOS ANJOS, L.H.; MAZUR, N. Background levels of some trace elements in weathered soils from the Brazilian Northern region. *Sci. Agric. (piracicaba, Braz.)*, Piracicaba, v. 67, n. 1, p.53-59, 2010.
- FAETH, S. H. Fungal Endophytes: Common Host Plant Symbionts but Uncommon Mutualists. *Integrative And Comparative Biology*, Tempe, v. 42, n. 2, p.360-368, 2002.
- FAZLI, M. M.; SOLEIMANI, N.; MEHRASBI, M. Highly cadmium tolerant fungi: their tolerance and removal potential. *Journal Of Environmental Health Science And Engineering*, v. 13, n. 1, p.1-9, 14 mar. 2015.
- FOUNTOULAKIS, M.S. et al. Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water Research*, Patras, v. 36, n. 19, p.4735-4744, 2002.
- GADD, G. M. Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation. *Mycological Research*, Dundee, v. 111, n. 1, p.3-49, 2007.
- GADD, G. M. Interactions of Fungi with Toxic Metals. *New Phytol*, Dundee, v. 124, n. 1, p.25-60, 1993.
- GADD, G. M.; RAMSAY, L.; CRAWFORD, J.W.; RITZ, K. Nutritional influence on fungal colony growth and biomass distribution in response to toxic metals. *Fems Microbiology Letters*, Dundee, v. 204, n. 2, p.311-316, 2001.
- GADD, G. M.; WHITE, C. Removal of thorium from simulated acid process streams by fungal biomass. *Biotechnol. Bioeng.*, Dundee, v. 33, n. 5, p.592-597, 1989.
- GADD, G.M. Fungi and yeast metal accumulation. In: EHRlich, H.L. Ehrlich H.L., Brierley C.L. New York: McGraw-hill, p. 249-276, 1990.
- GERHARDT, K. E.; HUANG, X.; GLICK, B.R.; GREENBERG, B.M. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. *Plant Science*, Waterloo, v. 176, n. 1, p.20-30, 2009.
- GLICK, B. R. Using soil bacteria to facilitate phytoremediation. *Biotechnology Advances*, Waterloo, v. 28, n. 3, p.367-374, 2010.
- GURURAJAN, K. B. PRASANNA D. Screening and selection of indigenous metal tolerant fungal isolates for heavy metal removal. *Environmental Technology & Innovation*, p.1-17, 2017.
- HAI, F. I.; YAMAMOTO, K.; FUKUSHI, K. Development of a submerged membrane fungi reactor for textile wastewater treatment. *Desalination*, Hongo, v. 192, n. 1-3, p.315-322, 2006.
- HARPER, J.K.; BARICH, D.H.; HU, J.Z.; STROBEL, G.A.; GRANT, D.M. Stereochemical analysis by solid-state



- NMR: structural predictions in ambuic acid. *J Org Chem* v. 68 p.4609–4614. 2003.
- HE, H.; YE, Z.; YAN, D.; YAN, J.; XIAO, L.; ZHONG, T.; YUAN, M.; CAI, X, FANG, Z.; JING, Y. Characterization of endophytic *Rahnella* sp. JN6 from *Polygonum pubescens* and its potential in promoting growth and Cd, Pb, Zn uptake by *Brassica napus*. *Chemosphere, Guangzhou*, v. 90, n. 6, p.1960-1965, 2013.
- HELANDER, M. L. et al, O. Simulated acid rain affects birch leaf endophyte populations. *Microb Ecol, Turku*, v. 26, n. 3, p.227-234, 1993.
- HELANDER, M. L. Responses of pine needle endophytes to air pollution. *New Phytologist, Turku*, v. 131, n. 2, p.223-229, 1995.
- HOQUE, Enamul; FRITSCHER, Johannes. A new mercury-accumulating *Mucor hiemalis* strain EH8 from cold sulfidic spring water biofilms. *Microbiologyopen*, v. 5, n. 5, p.763-781, 13 maio, 2016.
- HU, H.L.; JEEWON, R.; ZHOU, D.Q.; ZHOU, T.X.; HYDE, K.D. Phylogenetic diversity of endophytic *Pestalotiopsis* species in *Pinus armandii* and *Ribes* spp.: evidence from rDNA and  $\beta$ -tubulin gene phylogenies. *Fungal Divers* v. 24 p. 1–22. 2007.
- ISKANDAR, N. L.; ZAINUDIN, N. A. I. M.; TAN, S. G. Tolerance and biosorption of copper (Cu) and lead (Pb) by filamentous fungi isolated from a freshwater ecosystem. *Journal Of Environmental Sciences, Malaysia*, v. 23, n. 5, p.824-830, 2011.
- KABATA-PENDIAS, A. Trace elements in soils and plants. 4. ed. Boca Raton: Crc. p. 534, 2011.
- KADIRVELU, K. et al. Activated carbon prepared from biomass as adsorbent: elimination of Ni (II) from aqueous solution. *Bioresource Technology, Coimbatore*, v. 81, n. 1, p.87-90, 2002.
- KAI, A.; KIKAWA, M.; HATANAKA, K.; MATSUZAKI, K.; MIMURA, T.; KANEKO, Y. Biosynthesis of hetero-poly-saccharides by *Pestalotiopsis microspora* from various monosaccharides as carbon source. *Carbohydr Polym* v. 54 p. 381–383. 2003.
- KANG, J.C.; HYDE, K.D., KONG, R.Y.C. Studies on the Amphisphaeriales. The Amphisphaeriaceae (sensu stricto). *Mycol Res* v. 103 p. 53–64. 1999.
- KANG, J.C.; KONG, R.Y.C.; HYDE, K.D. Studies on the Amphisphaeriales I. Amphisphaeriaceae (sensu stricto) and its phylogenetic relationships inferred from 5.8S rDNA and ITS2 sequences. *Fungal Divers* v. 1 p. 147–157. 1998.
- KEITH, L.M.; ZEE, F.T. Guava disease in Hawaii and the characterization of *Pestalotiopsis* spp. affecting guava. *Acta Horticulturae (ISHS)* v. 849 p. 269–276. 2010.
- KHALID, Sana; SHAHID, Muhammad; NIAZI, Nabeel Khan. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal Of Geochemical Exploration*, v. 182, p.247-268, nov. 2017.
- LEBEAU, T.; BRAUD, A.; JÉZÉQUEL, K. Performance of bioaugmentation-assisted phytoextraction applied to metal contaminated soils: A review. *Environmental Pollution, France*, v. 153, n. 3, p.497-522, 2008.
- LEYVAL, C.; TURNAU, K.; HASELWANDTER, K. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. *Mycorrhiza, France*, v. 7, n. 3, p.139-153, 1997.
- LI, T.; LIU, M.J.; ZHANG, X.T.; ZHANG, H.B.; SHA, T.; ZHAO, Z.W. Improved tolerance of maize (*Zea mays* L.) to heavy metals by colonization of a dark septate endophyte (DSE) *Exophiala pisciphila*. *Science Of The Total Environment, Kunming*, v. 409, n. 6, p.1069-1074, 2011.
- LI, Xia et al. Adsorption characteristics of Copper, Zinc and Mercury by four kinds of immobilized fungi residues. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, v. 147, p.357-366, jan. 2017.
- LIU, L.; LIU, S.; JIANG, L.; CHEN, X.; GUO, L.; CHE, Y. Chloropupukeananin, the first chlorinated pupukeanane derivative, and its precursors from *Pestalotiopsis fici*. *Org Lett* v. 10 p. 1397–1400. 2008.
- LIU, Y. G. et al. Removal of cadmium and zinc ions from aqueous solution by living *Aspergillus niger*. *Transactions Of Nonferrous Metals Society Of China, China*, v. 16, n. 3, p.681-686, 2006.
- LUO, J. M.; XIAO, X.; LUO, S. L. Biosorption of cadmium (II) from aqueous solutions by industrial fungus *Rhizopus cohnii*. *Transactions Of Nonferrous Metals Society Of China, Changsha*, v. 20, n. 6, p.1104-1111,



- 2010.
- MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental. São Paulo: Prodquímica, 95p, 1994.
- MALINOWSKI, D. P.; BELESKY, D. P. Adaptations of Endophyte-Infected Cool-Season Grasses to Environmental Stresses. *Crop Science*, Vernon, v. 40, n. 4, p.923-940, 2000.
- MARQUES, A. P. G. C. et al. Zinc accumulation in *Solanum nigrum* is enhanced by different arbuscular mycorrhizal fungi. *Chemosphere*, Porto, v. 65, n. 7, p.1256-1263, 2006.
- MARTINO, E. et al, S. Ericoid mycorrhizal fungi from heavy metal polluted soils: their identification and growth in the presence of zinc ions. *Mycological Research*, Italy, v. 104, n. 3, p.338-344, 2000.
- MENESES, T. S. Fauna, pesca e contaminação por metais pesados em pescado no litoral de Sergipe. 2008. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Saúde e Ambiente, Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008.
- METZ, A.M., HADDAD, A.; WORAPONG, J.; LONG, D.M.; FORD, E.J.; HESS, W.M.; STROBEL, G.A. Induction of the sexual stage of *Pestalotiopsis microspora*, a taxol-producing fungus. *Microbiology* v. 146 p. 2079-2089. 2000
- MISHRA, Harshit; KARMAKAR, Subhankar; KUMAR, Rakesh. A long-term comparative assessment of human health risk to leachate-contaminated groundwater from heavy metal with different liner systems. *Environmental Science And Pollution Research*, p.1-13, 16 nov. 2017.
- MUKHOPADHYAY, M.; NORONHA, S.; SURAIISKUMAR, G. Kinetic modeling for the biosorption of copper by pretreated *Aspergillus niger* biomass. *Bioresource Technology*, Chennai, v. 98, n. 9, p.1781-1787, 2007.
- NARENDRULA-KOTHA, R.; NKONGOLO, K. K. Bacterial and fungal community structure and diversity in a mining region under long-term metal exposure revealed by metagenomics sequencing. *Ecological Genetics And Genomics*, v. 2, p.13-24, fev. 2017.
- OJUEDERIE, Omena; BABALOLA, Olubukola. Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, v. 14, n. 12, p.1-26, 4 dez. 2017.
- PASSOS, C. T.; BURKERT, J.F.M; KALIL, S.J.; BURKERT, C.A.V. Biodegradação de fenol por uma nova linhagem de *Aspergillus* sp. isolada de um solo contaminado do sul do Brasil. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 4, p.950-954, 2009.
- PEIXOTO NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Microrganismos endofíticos. *Biotecnologia Ciencia & Desenvolvimento*, Brasília, v.29, p. 62-77, 2002.
- PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; OLIVEIRA, L.R.; CURI, N., SILVA, M.L.N. Efeito da força iônica da solução de equilíbrio sobre a adsorção e dessorção de chumbo em latossolos brasileiros. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 36, p. 1077-1084, 2001.
- PORCEL, E.M. R.; LOPEZ, J.L.; SANCHEZ, J.A.; FERNANDEZ, J.M.; CHISTI, Y. Effects of pellet morphology on broth rheology in fermentations of *Aspergillus terreus*. *Biochemical Engineering Journal*, Almeria, v. 26, n. 2-3, p.139-144, 2005.
- RAHMAN, M. H.; SAIGA, S. Endophytic fungi *Neotyphodium coenophialum* affect the growth and mineral uptake, transport and efficiency ratios in tall fescue *Festuca arundinacea*. *Plant Soil*, Bangladesh, v. 272, n. 1-2, p.163-171, 2005.
- RAJAMANIKYAM, M. et al. Endophytic Fungi as Novel Resources of natural Therapeutics. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, v. 60, p.1-26, 21 ago. 2017.
- RAJKUMAR, M.; SANDHYA, S.; PRASAD, M.N.V.; FREITAS, H. Perspectives of plant-associated microbes in heavy metal phytoremediation. *Biotechnology Advances*, Taramani, v. 30, n. 6, p.1562-1574, 2012.
- RANTA, H.; NEUVONEN, S. The host-pathogen system of *Gremmeniella abietina* Morelet and Scots pine: Effects of nonpathogenic phyllosphere fungi, acid rain and environmental factors. *New Phytol*, Turku, v. 128, p.63-69, 1994.
- RODRIGUEZ, R. J.; WHITE, J. R. J.; ARNOLD, A. E.; REDMAN, R. S. Fungal endophytes 3: diversity and functional roles. *New Phytologist*, Seattle, v. 182, n. 2, p.314-330, 2009.



- RODRIGUEZ, R.; REDMAN, R. More than 400 million years of evolution and some plants still can't make it on their own: plant stress tolerance via fungal symbiosis. *Journal Of Experimental Botany*, Seattle, v. 59, n. 5, p.1109-1114, 2008.
- SAIKKONEN, K.; FAETH, S. H.; HELANDER, M.; SULLIVAN, T. J. Fungal Endophytes: A Continuum of Interactions with Host Plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, Turku, v. 29, n. 1, p.319-343, 1998.
- SANTAELLA, S. T.; GOMES, S.J.; GADELHA, D.A.C.; COSTA, K.O.; AGUIAR, R.; ARTHAUD, I.D.B.; LEITAO, R.C. Tratamento de efluentes de refinaria de petróleo em reatores com *Aspergillus niger*. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p.139-148, 2009.
- SANTOS, N. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; ACCIOLY, A. M. Distribuição espacial de metais pesados em solos do entorno da baía de Todos os Santos - BA. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 2015.
- SCHULZ, B.; BOYLE, C. What are endophytes? In: SCHULZ, B.; BOYLE, C.; SIEBER, T.n.. *Microbial root endophytes*. Berlin: Springer-verlag, p. 1-13, 2006.
- SCHULZ, B.; SUCKER, J.; AUST, H.J.; LUDEWING, K.; JONES, P.G.; DORING, D. Biologically active secondary metabolites of endophytic *Pezizula* species. *Mycological Research*, Braunschweig, v. 99, n. 8, p.1007-1015, 1995.
- SHAHABIVAND, Saleh; PARVANEH, Azar; ALILOO, Ali Asghar. Root endophytic fungus *Piriformospora indica* affected growth, cadmium partitioning and chlorophyll fluorescence of sunflower under cadmium toxicity. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, v. 145, p.496-502, nov. 2017.
- SHIN, M. N.; SHIM, J.; YOU, Y.; MYUNG, H.; BANG, K.S.; CHO, M.; KAMALA-KANNAN, S.; OH, B.T. Characterization of lead resistant endophytic *Bacillus* sp. MN3-4 and its potential for promoting lead accumulation in metal hyperaccumulator *Alnus firma*. *Journal Of Hazardous Materials*, Iksan, v. 199-200, p.314-320, 2012.
- SILVA, L.S. Diversidade e Tolerância de Fungos Endofíticos em Plantas Sujeitas a Estresses Causados por Metais Pesados. São Luís: MA, 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação. 2017
- SRIVASTAVA, S.; AHMAD, A.H.; THAKUR, I. S. Removal of chromium and pentachlorophenol from tannery effluents. *Bioresource Technology*, Uttaranchal, v. 98, n. 5, p.1128-1132, 2007.
- STROBEL, G.; FORD, E.; WORAPONG, J.; HARPER, J.K.; ARIF, A.M.; GRANT, D.M.; FUNG, P.C.; CHAU, M.W. Isopestacin, an isobenzofuranone from *Pestalotiopsis microspora*, possessing antifungal and antioxidante activities. *Phytochemistry* v. 60 p. 179–183. 2002.
- STROBEL, G.; YANG, X.S.; SEARS, J.; KRAMER, R.; SIDHU, R.S.; HESS, W.M. Taxol from *Pestalotiopsis microspora* of *Taxus wallachiana*. *Microbiology* v. 142 p. 435–440. 1996a
- STROBEL, G.A.; HESS, W.M.; FORD, E.J.; SIDUHU, R.S.; YANG, X.J. Taxol from fungal endophytes and the issue of biodiversity. *Indian Microbiol* v. 17 p. 417–423. 1996b.
- TRAN, T. A.; POPOVA, L. P. Functions and toxicity of cadmium in plants: recent advances and future prospects. *J. Bot*, Turku, v. 37, n. 1, p.1-13, 2013.
- UNNIKUMAR, K. R.; SREE, K. S.; VARMA, A. *Piriformospora indica*: a versatile root endophytic symbiont. *Symbiosis*, India, v. 60, n. 3, p.107-113, 2013.
- VARMA, A. *Piriformospora indica*, Sebaciales and their biotechnological applications. London: Springer, Heidelberg, p. 397, 2013.
- WATANABE, K.; MOTOHASHI, K.; ONO, Y. Description of *Pestalotiopsis pallidotheae*: a new species from Japan. *Mycoscience* v. 51 p. 182–188. 2010
- WEI, J.G.; XU, T.; GUO, L.D.; LIU, A.R.; ZHANG, Y.; PAN, X.H. Endophytic *Pestalotiopsis* species associated with plants of Podocarpaceae, Theaceae and Taxaceae in southern China. *Fungal Divers* v. 24 p. 55– 74. 2007.
- WHITE, C.; SAYER, J.A.; GADD, G.M. Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: key biogeochemical processes for treatment of contamination. *Fems Microbiology Reviews*, Dundee, v. 20, n. 3-4, p.503-516, 1997.





- WONG, J. W. C.; SELVAM, A. Speciation of heavy metals during co-composting of sewage sludge with lime. *Chemosphere, China*, v. 63, n. 6, p.980-986, 2006.
- WYSZKOWSKI, M.; WYSZKOWSKA, J. The effect of soil contamination with cadmium on the growth and chemical composition of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and its relationship with the enzymatic activity of soil. *Environ: Bull, Fresen*, v. 18, n. 7, p.1046-1053, 2009.
- XU, J.; EBADA, S.S.; PROKSCH, P. *Pestalotiopsis* a highly creative genus: chemistry and bioactivity of secondary metabolites. *Fungal Divers* v. 44 n.1 p. 15–31. 2010.
- YANNA HO, W.H.; HYDE, K.D. Fungal succession on fronds of *Phoenix hanceana* in Hong Kong. *Fungal Divers* v. 10 p. 185–211. 2002.
- YIN, P.; YU, Q.; JIN, B.; LING, Z. Biosorption removal of cadmium from aqueous solution by using pretreated fungal biomass cultured from starch wastewater. *Water Research, China*, v. 33, n. 8, p.1960-1963, 1999.
- ZAFAR, S.; AQIL, F; AHMAD, I. Metal tolerance and biosorption potential of filamentous fungi isolated from metal contaminated agricultural soil. *Bioresource Technology, India*, v. 98, n. 13, p.2557-2561, 2007.
- ZAHOOR, Mahwish; IRSHAD, Muhammad; RAHMAN, Hazir. Alleviation of heavy metal toxicity and phytostimulation of *Brassica campestris* L. by endophytic *Mucor* sp. MHR-7. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, v. 142, p.139-149, ago. 2017.
- ZAPOTOCZNY, S.; JURKIEWICZ, A.; TYLKO, G.; ANIESLKA, T.; TURNAU.; K.. Accumulation of copper by *Acremonium pinkertoniae*, a fungus isolated from industrial wastes. *Microbiological Research, Poland*, v. 162, n. 3, p.219-228, 2007.
- ZHANG, Y.; ZANG, Y; LIU, M.; ZHAO, Z. Dark septate endophyte (DSE) fungi isolated from metal polluted soils: Their taxonomic position, tolerance, and accumulation of heavy metals In Vitro. *The Journal Of Microbiology, China*, v. 46, n. 6, p.624-632, 2008.
- ZHAO, DAKE; LI, TAO; SHEN, MI. Diverse strategies conferring extreme cadmium (Cd) tolerance in the dark septate endophyte (DSE), *Exophiala pisciphila*: Evidence from RNA-seq data. *Microbiological Research*, v. 170, p.27-35, jan. 2015.
- ZHENG, You-kun; QIAO, Xin-guo; MIAO, Cui-ping. Diversity, distribution and biotechnological potential of endophytic fungi. *Annals of Microbiology*, v. 66, n. 2, p.529-542, 25 set. 2015.





**O ECOSISTEMA MANGUEZAL NO  
CONTEXTO DA URBANIZAÇÃO:  
IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREA  
DE MANGUE DO BAIRRO VILA  
PALMEIRA, SÃO LUÍS - MA**

*THE MANGROVE ECOSYSTEM IN THE CONTEXT OF URBANIZATION:  
ENVIRONMENTAL IMPACTS IN THE MANGROVE AREA OF VILA  
PALMEIRA NEIGHBORHOOD, SÃO LUÍS - MA*

**Ingrid Nicolly Oliveira Lyra**

**Glauce Danielle Gonçalves dos Santos**

**Ramon Sousa da Costa**

**Eduardo Pinheiro Mendonça**

## Resumo:

Os manguezais são reconhecidos por serem ecossistemas ricos em biodiversidade, entretanto, em razão das ocupações irregulares, percebe-se uma gama de aspectos que interferem no equilíbrio ambiental destas áreas. Este estudo procura enfatizar os principais impactos ambientais ocasionados em decorrência da urbanização próxima a este ecossistema no bairro Vila Palmeira, localizado no município de São Luís, MA. A partir da organização dos impactos referentes ao meio físico, biótico e antrópico em uma matriz de impacto ambiental, buscou-se discutir os problemas encontrados. As análises dos resultados demonstram o desequilíbrio ambiental presente no ecossistema, em decorrência, principalmente, das atividades da população local que é a maior geradora dos resíduos depositados em área de mangue e que efetivamente ocasiona impactos neste ambiente. Além disto, a ineficiência de saneamento básico mostrou-se um dos problemas mais agravantes, pois os efluentes domésticos descartados diretamente no manguezal podem afetar a qualidade da água estuarina, além de desencadear contaminação dos animais e evidentemente ocasionar danos à saúde da população. A problemática das palafitas construídas demonstra com exatidão a negligência quanto à ocupação de áreas de preservação permanente. Por tanto, evidencia-se a extrema necessidade de ações de recuperação e planejamento ambiental urbano, para que seja possível garantir melhores condições para os moradores e a preservação do ecossistema.

**Palavras chave:** Ocupação desordenada, Ecossistema manguezal, Impactos ambientais.

## Abstract:

Mangroves forest are recognized for being ecosystems rich in biodiversity, however, due to irregular occupation, it is possible to find a range of aspects that interfere with the environmental balance of these areas. This study aims to identify the main environmental impacts caused by urbanization near this ecosystem in the Vila Palmeira neighborhood, located in the municipality of São Luis, MA. From the organization of impacts related to the physical, biotic and anthropic environment in an environmental impact matrix it was possible to analyze the main problems encountered. The analysis of the results demonstrate the environmental imbalance present in the ecosystem, principally due to the activities of the local population, which is the largest generator of waste deposited in a mangrove area and that effectively impacts this environment. In addition, the inefficiency of basic sanitation proved to be one of the most aggravating problems, since domestic effluents discharged directly into the mangrove can affect the estuarine water quality, are capable of unleashing animal contamination and evidently causing damage to the population's health. The problem of built stilts clearly demonstrates the neglect of the occupation of permanent preservation areas. Therefore, there is an extreme need for urban environmental planning and recovery actions, in order to provide better conditions for the residents and the preservation of the ecosystem services.

**Key-words:** Disorderly occupation, Mangrove ecosystem, Environmental impact.



# 1. INTRODUÇÃO

As relações entre o homem e a natureza tornam-se cada vez mais desequilibradas à medida que o homem ocupa os espaços em seu meio e utiliza os recursos naturais oferecidos de forma inadequada. As ações antrópicas designam um grande grupo de atividades que podem causar irreversíveis impactos ambientais em ecossistemas, provocando significativos déficits ecológicos.

Quando próximos às regiões que passaram ou estão passando por um intenso processo de urbanização, as áreas de mangue estão mais propensas aos danos ambientais, portanto, é evidente a grande ameaça enfrentada devido à relação irregular que o homem estabelece com estes locais ao modificar, a partir de suas ações, as estruturas naturais destes ecossistemas.

Compreendido como uma zona úmida, localizado em regiões litorâneas, para Correia e Sovierzoski (2005, p.24) "O manguezal é um sistema ecológico costeiro tropical, entre a terra e o mar, localizado em terrenos baixos na foz dos rios e estuários, com solo inundado pelas variações das marés e tendo grande variação de salinidade."

O Manguezal sofre constantemente diferentes tipos de impactos ambientais causados a partir de atividades antrópicas e tais ações podem colocar em risco o equilíbrio ecológico das zonas costeiras, pois o ecossistema possui importantes funções, conforme discutido:

Ao longo da zona costeira os manguezais desempenham diversas funções naturais de grande importância ecológica e econômica, dentre as quais destacam-se as seguintes: proteção da linha de costeira; funcionamento como barreira mecânica à ação erosiva das ondas e marés; retenção de sedimentos carregados pelos rios, constituindo-se em uma área de deposição natural; ação depuradora, funcionando como um verdadeiro filtro biológico natural da matéria orgânica e área de retenção de metais pesados; área de concentração de nutrientes; área de reprodução, de abrigo e de alimentação de inúmeras espécies e área de renovação da biomassa costeira e estabilizador climático. (ALVES, 2001, p.6)

É necessário enfatizar a grande necessidade de preservação destes ecossistemas, pois segundo Nanni, Nanni e Signini (2005, p. 2) "De todos os ecossistemas, o manguezal é um dos mais produtivos e também o mais vulnerável aos efeitos do desenvolvimento econômico e do crescimento desordenado das populações humanas".

Soares (2008) destaca que a manutenção de uma alta diversidade de espécies de interesse ecológico, econômico e social é uma importante atribuição deste ecossistema. Entretanto, estas importantes funções parecem passar despercebidas por muitos, Dos Santos e De Vasconcelos (2017) citam a existência de diferentes processos de destruição em decorrência das ações antrópicas como, por exemplo,



a exploração irregular de fauna e flora.

A partir das ideias de Krug et al (2007) percebe-se que alguns fatores evidenciam a grande pressão sofrida pelos manguezais, principalmente o aumento da população na região costeira que proporciona atividades irregulares como o desmatamento, aterro para expansão urbana, lançamento de lixo e esgoto, utilização de forma inadequada dos recursos naturais, além de outras atividades.

O bairro Vila Palmeira, local objeto de estudo desta pesquisa, em sua totalidade possui 130,47ha, é situado no município de São Luís – MA e detém aproximadamente uma área de 27,20ha que deveria ser completamente de ecossistema manguezal, entretanto, suas margens possuem ligação direta com a urbanização, pois diversos moradores vivem próximos a este ecossistema que sofre constantemente por ações antrópicas, devido a isto, parte significativa desta área encontra-se degradada.

Diante do exposto, analisar os impactos ambientais nestas áreas decorrentes da ação do homem é de suma importância, pois demonstra como estas ações irregulares estão interferindo no equilíbrio ecológico e contribuindo para a diminuição de um ecossistema com funções essenciais como o manguezal. Portanto, este estudo possui como objetivo principal conhecer os impactos ambientais causados em decorrência da urbanização em área de mangue localizada em São Luís, MA.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O município de São Luís do Maranhão está situado no interior do Golfão Maranhense e é banhado por águas estuarinas provenientes do encontro das águas oceânicas e continentais, o que possibilita o grande desenvolvimento de áreas de mangue (GOMES, 2001). O Bairro Vila Palmeira (Figura 1), localizado neste município, apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Lat: 2°32'18.95"S; Long: 44°15'13.76"W, possui área total de 130,47ha. O manguezal do bairro encontra-se situado na bacia hidrográfica do Rio Anil e segundo Bezerra (2008) o Rio Anil possui cerca de 13,8 km de extensão e está completamente inserido na capital maranhense.



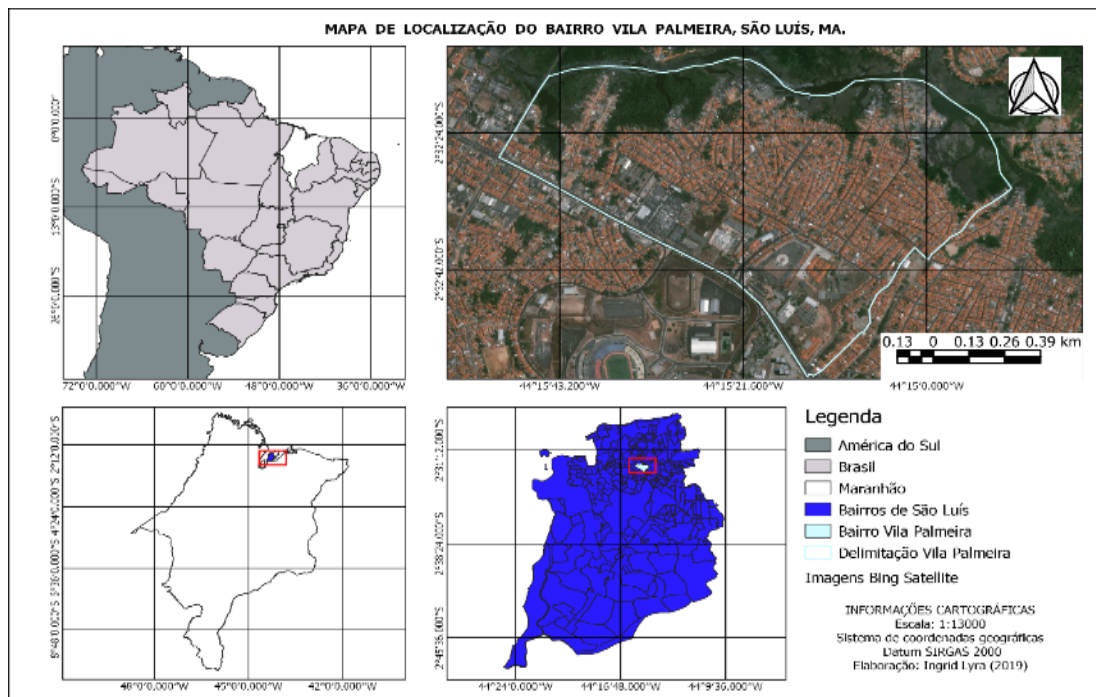


Figura 1. Mapa de Localização do Bairro Vila Palmeira no município de São Luís - MA  
 Fonte: Dos autores (2019)

## 2.2 Método

Este estudo é baseado em uma pesquisa de caráter descritivo e abordagem qualitativa, realizado a partir de três etapas: Pesquisa bibliográfica para tomar conhecimento acerca dos principais métodos de avaliação de impactos ambientais, visitas in loco para análise da área a ser estudada e por fim, identificação dos impactos ambientais.

Para a coleta de informações referentes à área de manguezal utilizou-se de alguns recursos como máquinas fotográficas, e auxílio da visualização das mudanças ocorridas através das imagens oferecidas pelo Google Earth. As áreas escolhidas para estudo compreendem sete ruas que possuem contato direto com a área de mangue e podem ser observadas classificadas da esquerda para a direita no mapa, conforme figura 2. As ruas e suas devidas coordenadas geográficas são: Rua Santa Júlia ( $2^{\circ}32'22.52''S$  e  $44^{\circ}15'40.18''O$ ); Travessa do Ribeirão ( $2^{\circ}32'23.54''S$  e  $44^{\circ}15'26.13''O$ ); Rua São Raimundo ( $2^{\circ}32'18.43''S$  e  $44^{\circ}15'22.18''O$ ); Rua Primeiro de Maio ( $2^{\circ}32'23.22''S$  e  $44^{\circ}15'13.47''O$ ); Rua Raimundo Nonato da Silva ( $2^{\circ}32'20.38''S$  e  $44^{\circ}15'5.96''O$ ); Avenida Sarney Filho ( $2^{\circ}32'21.01''S$  e  $44^{\circ}15'2.82''O$ ) e Rua da Felicidade ( $2^{\circ}32'32.46''S$  e  $44^{\circ}14'58.90''O$ ).



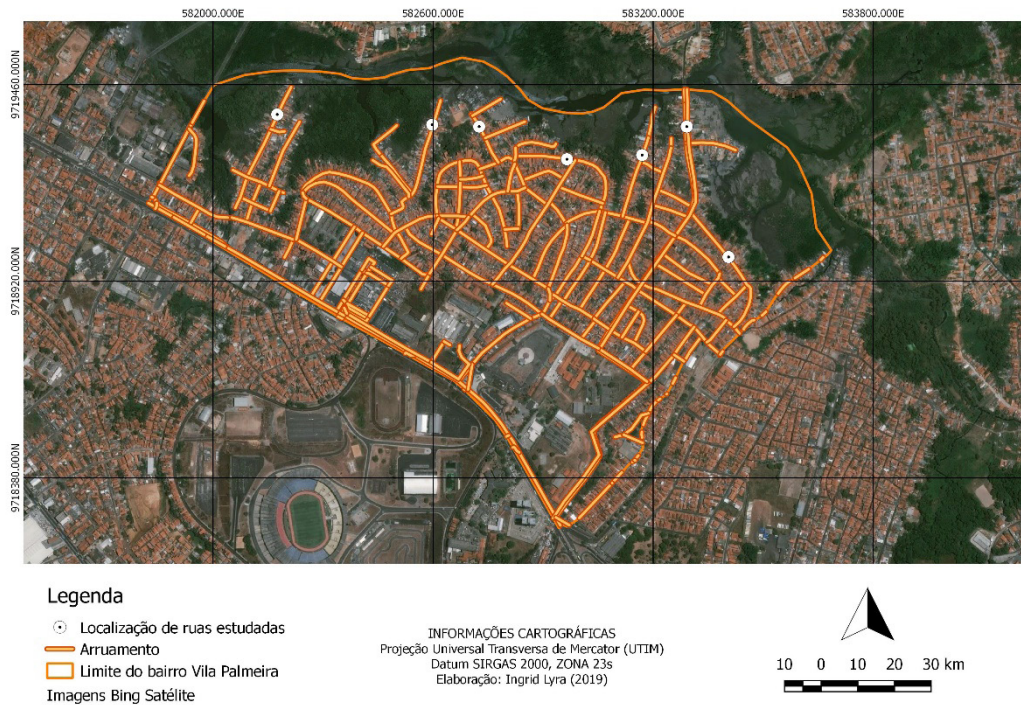


Figura 2. Mapa de Localização das ruas analisadas no bairro Vila Palmeira, São Luís – MA  
 Fonte: Dos autores (2019)

A partir da identificação dos métodos de avaliação de impactos ambientais, os critérios aqui selecionados para a análise da área objeto de estudo foram baseados na metodologia de Santos (2004), a abordagem do autor se refere a 18 critérios qualitativos de identificação de impactos. Neste estudo optou-se por seis deles, sendo estes: Origem, Extensão, Frequência, Estado evolutivo, Reversibilidade e Importância.

A tabela a seguir (Tabela 1) apresenta as características de cada critério de avaliação utilizado, bem como as respectivas características, tipos e as siglas adotadas neste estudo. Os impactos verificados e analisados foram distribuídos em uma matriz de impactos ambientais separados em três categorias: Meio Físico, Biótico e Antrópico.



Tabela 1 – Critérios para avaliação de impactos ambientais

FATOR	CARACTERÍSTICA	TIPO DE IMPACTO	SIGLA
Origem	Impacto é resultante de uma simples reação de causa e efeito	Impacto Direto	D
	Impacto é resultante de ação secundária em relação a ação, ou parte de uma cadeia de reações	Impacto Indireto	I
Extensão	Impacto afeta apenas o próprio local de origem e suas imediações	Impacto local	L
	Impacto afeta além das imediações do local de origem	Impacto regional	R
Frequência	Efeito do Impacto ocorre de forma intensa	Alta	FA
	Impacto ocorre ocasionalmente	Média	FM
	Impacto ocorre raramente	Baixa	FB
Estado evolutivo	Impacto estabilizado	Estacionário	E
	Impactos em diminuição	Retroativo	R
	Impactos em expansão	Em expansão	EX
Reversibilidade	Retonar ao fator ou condições ambientais originais é extremamente fácil	Grande	RG
	Retonar ao fator ou condições ambientais originais é possível somente a partir de algumas intervenções	Média	RM
	Retonar ao fator ou condições ambientais originais é possível somente a partir de manejo intenso	Baixa	RB
Importancia	Grau de significância de um impacto em relação ao fator ambiental afetado	Importante	IM
		Moderada	M
		Fraca	F

Fonte: Adaptado de Santos (2004)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de urbanização no bairro Vila Palmeira iniciou-se no final da década de 1960, este bairro é considerado um dos mais antigos da cidade de São Luís, enfrentou e ainda enfrenta inúmeros problemas relacionados a saneamento básico. O bairro está incluído na bacia do Rio Anil que assim como outras bacias, sofre constantemente com a ocupação desordenada, apresentando problemas como a ineficiência de planejamento ambiental urbano.

Um dos ambientes mais degradados em toda São Luís tem sido a zona costeira, especificamente os ecossistemas manguezais que representam no estado do Maranhão a maior extensão territorial de todo o país. Nestas áreas é possível perceber impactos ambientais tão sérios que ameaçam a vida de muitas espécies presentes nesse ecossistema. Vale ressaltar que toda a degradação observada durante esta pesquisa é provocada principalmente pela expansão urbana em direção ao centro da cidade; Esta ocupação irregular também apresenta sérios riscos à qualidade de vida dos próprios moradores.

É importante salientar a importância da recuperação dessas áreas ocupadas irregularmente, uma vez que os manguezais fornecem para a população serviços gratuitos como: a proteção contra invasão do mar, controle de erosão, retenção



de sedimentos e de material poluente, reciclagem de nutrientes, além é claro de ser berçário para várias espécies que servem como uma das principais fontes de economia local. Durante a pesquisa realizada no bairro da Vila Palmeira foram encontrados impactos pertencentes ao meio físico, biótico e antrópico, apresentados na tabela a seguir (Tabela 2):

Tabela 2 – Avaliação dos impactos ambientais

IMPACTOS		ORIGEM		EXTENSÃO		FREQUÊNCIA			ESTADO EVOLUTIVO			REVERSIBILIDADE			IMPORTÂNCIA		
		D	I	L	R	FA	FM	FB	E	R	EX	RG	RM	RB	IM	M	F
MEIO FÍSICO	AR																
	POLUIÇÃO OLFATIVA	X		X		X					X		X			X	
	ÁGUA																
	ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DO AR	X		X		X					X	X			X		
	PERDA DA QUALIDADE DA ÁGUA	X			X	X					X			X	X		
	ASSOREAMENTO DE MANANCIAS	X		X		X					X			X	X		
MEIO BIÓTICO	SOLO																
	ALTERAÇÃO DAS PROPIEDADES FÍSICAS		X	X			X				X			X	X		
	FAUNA																
	CONTAMINAÇÃO POR CHORUME	X		X		X					X			X	X		
	MONTANDE DE ANIMAIS	X		X		X					X		X		X		
	DISSEMINAÇÃO DE FAUNA NOCIVA		X	X		X					X	X			X		
MEIO ANTRÓPICO	FLORA																
	PERDA DE BIODIVERSIDADE	X		X			X				X		X		X		
	DESCARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM		X	X			X				X		X		X		
MEIO ANTRÓPICO	ALTERAÇÕES NA INFRAESTRUTURA LOCAL	X		X			X				X			X	X		
	ALTERAÇÕES NAS CONDIÇÕES DE SAÚDE	X		X		X					X		X		X		

**Legenda:** *Origem:* Direto (D), Indireto (I); *Extensão:* Local (L), Regional (R); *Frequência:* Frequência alta (FA), Frequência média (FM), Frequência baixa (FB); *Estado evolutivo:* Estacionário (E), Retroativo (R), Em expansão (EX); *Reversibilidade:* Reversibilidade grande (RG), Reversibilidade média (RM); Reversibilidade baixa (RB); *Importância:* Importante (IM), Moderada (M), Fraca (F).

Fonte: Dos autores (2019)

### 3.1 Impactos ao meio físico

As práticas irregulares analisadas no manguezal do bairro Vila Palmeira são realizadas diariamente e tem ocasionado danos irreversíveis ao meio ambiente, pois os mesmos não estão sendo tratados e nem evitados. A área estudada apresentou impactos em diferentes vertentes das quais evidenciam-se os impactos ao ar, água e solo.

Durante o percurso feito pelas ruas do bairro, mais especificamente pela rua 1º de Maio, é possível perceber um acúmulo de resíduos sólidos de forma alarmante em área de mangue (Figuras 3a e 3b), que produzem impactos como alteração da qualidade do ar e o aumento da poluição olfativa, visto que a área de mangue em si já é um ambiente com odor característico. Os moradores do bairro que vivem em contato direto com a área de mangue são os mais afetados com os impactos mencionados, pois incomoda de forma considerável.



Figura 3. Resíduos em área de mangue  
Fonte: Dos autores (2019)

Os processos de degradação ambiental causado por ações antrópicas são de elevada magnitude e estão sendo agravados por diferentes fatores, como por exemplo o lançamento efluente doméstico in natura, o que implica na alteração da qualidade da água estuarina, como mostra a rua Nonato da Silva (Figura 4a), e que afeta de forma direta o ecossistema e prejudica a população local.

Outro impacto notado ao meio físico que afeta a região da bacia no qual esta área de mangue está inserida diz respeito a retenção de sedimentos no manguezal. A partir do aumento de erosão ao longo tempo, e a retirada da vegetação típica que desempenha a função de acumulo de sedimentos (Figura 4b), obtém-se o assoreamento dos rios próximos. Dessa forma, percebe-se que as atividades irregulares propiciam impactos que impedem importantes funções do ecossistema, consequentemente indicando que a qualidade desse ambiente está comprometida.



Figura 4. Alterações no equilíbrio ambiental do ecossistema  
Fonte: Dos autores (2019)

Inúmeros são os problemas inerentes aos impactos sofridos no manguezal da área objeto de estudo, dos quais podemos exemplificar um dos mais importantes sofridos pelo solo desse ecossistema, que é a alteração das propriedades físicas. O solo presente no manguezal é rico em matéria orgânica, contém a presença de vários decompositores, sendo esse um dos responsáveis pelo forte odor, característico desse ecossistema. Uma das causas da perda dessa riqueza existente no manguezal da Vila Palmeira é a contaminação do solo por chorume, que é produ-

zido devido à quantidade de resíduos sólidos depositados diariamente pela população local.

### 3.2 Impactos ao meio biótico

Os aspectos ambientais causadores dos impactos encontrados no manguezal trazem diversos danos, e estes podem ser compreendidos como principais agentes relativos ao desequilíbrio encontrado no local, uma vez que em áreas de mangue em estado preservado, os animais e vegetais são abundantes, as raízes presentes nesse tipo de área são berçários e servem para a desova e defesa de muitas espécies, desempenhando o papel de abrigo.

Essa área é rica em nutrientes que são carreados diretamente para o mar e assim servem não só para as espécies presentes no mangue, mas também contribuindo para uma grande variedade de espécies em meio aquático. Observou-se que nesse ambiente, impactos inerentes à mortalidade da fauna são constantes, pois a grande quantidade de resíduos e as construções indevidas constituem-se um grave problema para as espécies existentes no ecossistema.

Outro fator de elevada preocupação para a população área é a presença de fauna sinantrópica nociva, que transmitem doenças graves como a leptospirose, malária e a dengue, uma das doenças mais presentes na atualidade. A proliferação de fauna nociva desenvolve-se com maior facilidade em áreas consideradas periféricas, como é o caso do bairro objeto de estudo.

A supressão da vegetação nativa, principalmente para a construção de moradias constitui-se um significativo impacto (Figura 5a). Vale destacar que o início da ocupação urbana em São Luís caracterizou-se pelo crescente número de habitações em locais próximos às pontes, como é o caso da avenida Sarney filho (Figura 5b), o que propiciou a migração para as áreas que ainda não eram ocupadas, como o manguezal da Vila Palmeira, dessa forma, ocorrendo um alto índice de retirada da típica vegetação da área.

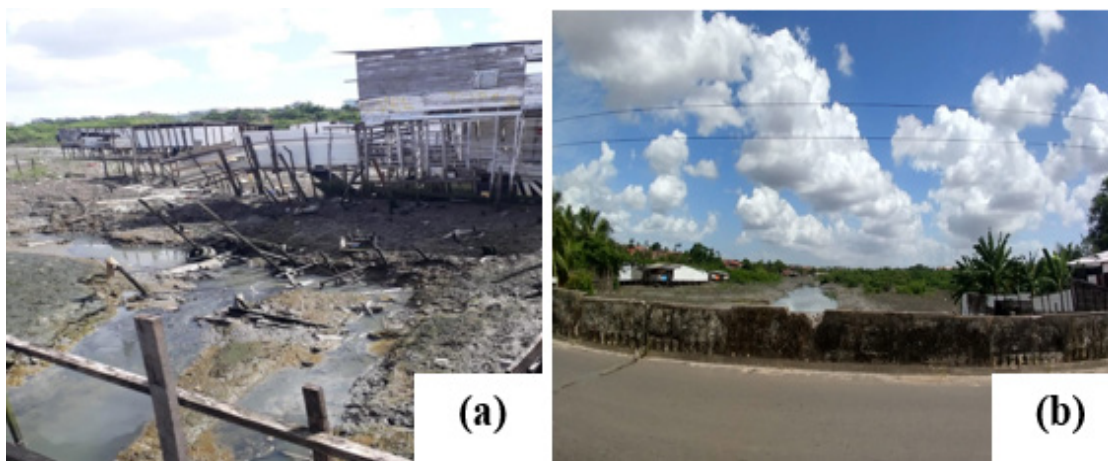


Figura 5. Supressão da vegetação nativa, Ponte Avenida Sarney Filho  
Fonte: Dos autores (2019)



Portanto, entende-se que o acúmulo de resíduos, as construções irregulares de casas, entre outras problemáticas demonstradas, contribuem significativamente para perda de biodiversidade da flora existente, além de causarem intensa descaracterização da paisagem, pois os impactos relatados contribuem para a diminuição da vegetação do manguezal.

Ainda em relação aos impactos ao meio físico, na Rua da Felicidade (Figura 6a), apesar de existirem casas próximas a área de mangue, ainda há em maior grau a preservação da vegetação nativa. Quando comparada com as ruas mais problemáticas analisadas, percebe-se que o grau de interferências ao ecossistema é menor em relação ao acúmulo de lixo em área de mangue e a construção de moradias irregulares, como na Rua Santa Júlia (Figura 6b), por exemplo.

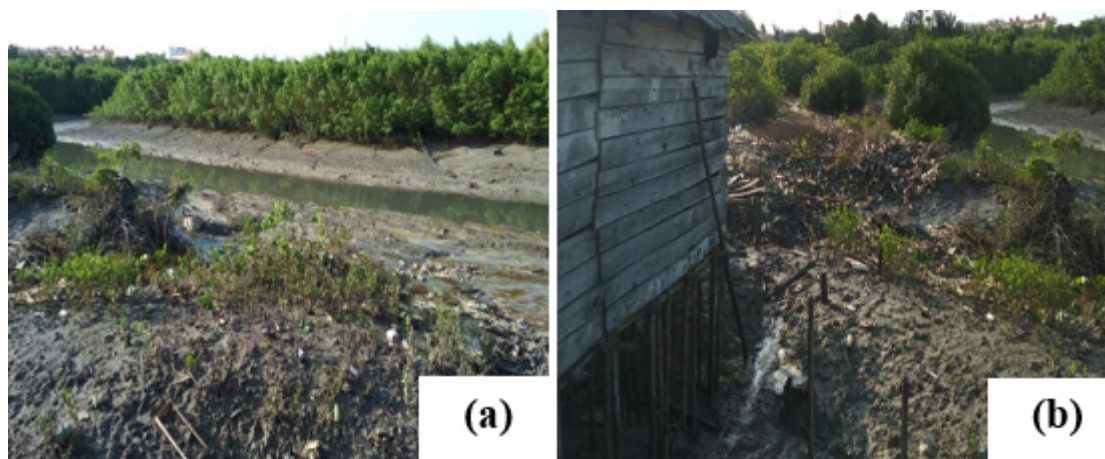


Figura 6. Rua da Felicidade e Rua Santa Júlia, respectivamente  
Fonte: Dos autores (2019)

### 3.3 Impactos ao meio antrópico

A problematização dos resíduos sólidos encontrados no manguezal vai muito além das condições estéticas, e tem se caracterizado como um agente causador de alterações nas condições de saúde, pois diversas doenças são transmitidas devido a este condicionante. Além disto, há ainda aquelas doenças de veiculação hídrica em que mesmo não havendo, por vezes, direto consumo da água contaminada, existe o contato indireto, sendo esta contaminação transmitida através da cadeia alimentar.

O fato de doenças terem a possibilidade de serem transmitidas também pela presença de animais sinantrópicos é um fator preocupante na área. Esses animais costumam ser atraídos pelo acúmulo de resíduos e na maioria das vezes habitam naquele ambiente e costumam conviver diretamente com o homem. Percebe-se a presença de vários moradores próximos às áreas de maior acúmulo de lixo no bairro, o que intensifica ainda mais essa questão, tornando-a um grave problema de saneamento básico.

A ocupação urbana na área de manguezal no bairro Vila Palmeira, exclusivamente nas ruas Raimundo Nonato da Silva (Figura 7a), Travessa do Ribeirão (Fi-

gura 7b) e São Raimundo (Figura 7c), se constitui em grande parte pela proliferação de palafitas, o que tem gerado impactos como a alterações nas condições de infraestrutura do local e também de saúde dos moradores. Além da infraestrutura precária dessas casas construídas sobre áreas alagadas, há também carência de saneamento, drenagem e iluminação adequada.

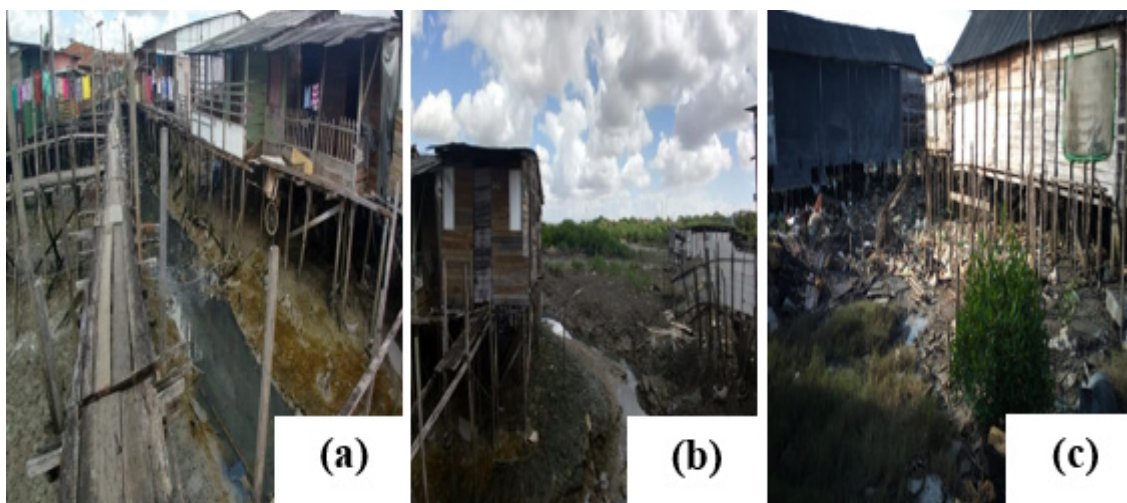


Figura 7. Proliferação de palafitas em áreas de mangue  
Fonte: Dos autores (2019)

É imprescindível discutir acerca da devastação causada pelo processo de ocupação das palafitas nos manguezais, pois elas alteram o equilíbrio, comprometem a vegetação do ambiente, impactando todo o ecossistema e contribuindo também para a alteração da qualidade vida humana. A ocupação das áreas por palafitas é feita sem nenhuma preocupação com as questões ambientais e preservação do ambiente, gerando problemas difíceis de serem revertidos. A ausência de infraestrutura nesses locais evidencia um cenário de pobreza urbana, que se transfere para outras áreas como a saúde, ocasionando doenças comuns, frequentes em áreas pobres.

#### 4. CONCLUSÃO

A partir da análise do bairro observou-se que o processo de urbanização desenfreada nas áreas de mangue é uma prática contínua e que os impactos se repetem em diferentes ruas, onde a taxa de supressão da vegetação nativa do manguezal é significativamente alta. Em geral, notou-se que as áreas são ocupadas por uma população de baixa renda que vivem em palafitas e necessitam de muitos serviços públicos. Porém o principal é a falta de saneamento básico. A partir deste contexto, foi possível perceber a urgência de um olhar mais específico em relação a questões como o saneamento e ações que envolvam a recuperação das áreas de preservação permanente. Por fim, diante das análises individuais de cada rua observada, conclui-se que:

a) A área de mangue mais afetada com a problemática do descarte incorreto dos resíduos sólidos no bairro encontra-se na rua 1º de Maio;



b) A Rua da Felicidade apesar de apresentar moradias bem próximas a área de mangue não apresenta impactos extremamente evidentes quando comparados a situação das outras ruas;

c) A ocupação irregular através de construção de palafitas caracteriza-se como o problema mais agravante, percebeu-se que estão presentes na maior parte das ruas analisadas, dentre elas, as ruas Santa Júlia, Travessa do Ribeirão, Raimundo Nonato da Silva, São Raimundo e Avenida Sarney Filho.

## Referências

- ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS, 2001, 96p.
- BEZERRA, D. D. S. **O Ecossistema Manguezal em Meio Urbano no Contexto de Políticas Públicas de Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Anil, São Luís, Maranhão**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.
- CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. Maceió: Edufal, 2005.
- DOS SANTOS, A.; DE VASCONCELOS, C. A. Análise da percepção ambiental do ecossistema manguezal em uma escola do município de Barra dos coqueiros/Sergipe. **Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, v. 10, n. 1, 2017.
- GOMES, C. D. M. T. **Degradação ambiental urbana e qualidade de vida nas áreas de manguezais ocupadas por palafitas em São Luís - MA**. 2001. 73 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2001.
- KRUG, L. A.; LEÃO, C.; AMARAL, S. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no complexo estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. Florianópolis: INPE, 2007.
- NANNI, H. C.; NANNI, S. M.; SIGNINI, R. C. A importância dos manguezais para o equilíbrio ambiental. In: II simpósio internacional de ciências integradas, 2005, Guarujá. **Anais Eletrônicos**. Guarujá: UNAERPE, 2005.
- SOARES, M. L. G. et al. Caracterização das florestas de mangue do complexo estuarino de Caravelas (Bahia, Brasil). **Bol. Téc. Cient**, v. 16, n. 5, p. 23-41, 2008.



**USO DE SISTEMA ESPECIALISTA  
COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO  
DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA  
PRODUÇÃO DE AVES DE CORTE E  
SUÍNOS EM MATO GROSSO DO SUL**

*USE OF EXPERT SYSTEM AS EVALUATION TOOL OF ENVIRONMENTAL  
CONDITIONS FOR PRODUCTION OF BROILER CHICKENS AND SWINES  
IN MATO GROSSO DO SUL*

**Rodrigo Couto Santos**

**Juliano Lovatto**

**Hélio Ávalo**

**Luciano Oliveira Geisenhoff**

**Carlos Alberto Chuba Machado**

**Gismery da Silva Monteiro**

**Ana Paula Cassaro Favarim**

**Rafaela Silva Cesca**

**Francisco Pedroso Fernandes**

**Karina Freitas Costa**

## Resumo:

Foi objetivo dessa pesquisa desenvolver um modelo que relacione variáveis climáticas, um índice de conforto térmico e grau de risco do animal ao estresse quando exposto à estes fatores em conjunto. A análise dos dados foi feita na UFGD, Dourados-MS. Para isso um software de modelagem matemática foi utilizado. Assim, foi possível construir um modelo que relacionasse temperatura e ITU, tendo como variável resposta o risco à exposição ao estresse. Como resultado desta pesquisa foi possível a construção de um modelo baseado na lógica *fuzzy*, que classificasse o risco à exposição ao estresse de aves e suínos em baixo, moderado e alto. O modelo proposto conseguiu realizar o trabalho de simulação conforme planejado.

**Palavras chave:** Ambiência, Lógica *Fuzzy*, Produção Animal

## Abstract:

Objective of this research was to develop a model that relates climatic variables, thermal comfort index and degree of the animal to stress risk when exposed to these factors together. Data analysis was done in UFGD, Dourados-MS. A mathematical modeling software was used for this. Thus, it was possible to build a model that relates temperature and THI, with the response variable the risk of exposure to stress. As a result of this research was possible to build a model based on fuzzy logic, which classify the risk of exposure to stress in poultry and swines in low, moderate and high. The proposed model has achieved the simulation work as planned.

**Key-words:** Ambience, Fuzzy Logic, Animal Production



## 1. INTRODUÇÃO

A população humana tem crescido de forma exponencial, já a produção de alimentos se não encarada de forma sistêmica pode resultar em um problema grave quanto ao abastecimento (WUNDERLICH e MARTINEZ, 2018). Por este motivo estão em evidência pesquisas que busquem entender a melhor forma de gerir e explorar o ambiente produtivo, com tecnologias que proporcionem aumento da produção e desenvolvimento sustentável no setor agrícola.

Com o aquecimento global já está ocorrendo uma constante e gradual mudança na interação animal/ambiente, de forma que seja necessário um aumento na quantidade e qualidade das informações a respeito deste assunto (TIRADO et al., 2010).

Como a região Centro-Oeste é uma região promissora para produção de aves e suínos, esta passa a ficar em evidência, justificando a necessidade de se investir em pesquisas que aumentem o conhecimento deste setor. Por ser grande produtor de grãos e estar geograficamente bem localizado, o estado de Mato Grosso do Sul se destaca entre os produtores de aves de corte e suínos do Brasil, mas possui clima impróprio, o quê reflete no aumento no consumo de energia usada no arrefecimento das instalações, representado elevação dos custos de produção (MACHADO et al., 2016).

Fatores ambientais como temperatura e umidade relativa do ar influenciam na produção animal, no comportamento, no estresse e bem-estar (BAÊTA; SOUZA, 2010), portanto estes devem ser observados com o máximo de precisão possível, para assim, evitar tomadas de decisões baseadas em dados distorcidos.

Como o estresse por calor influencia diretamente no desempenho produtivo e reprodutivo animal, a avaliação da influência do ambiente sobre os animais é importante para que a gestão da produção não fique comprometida (MACCIOTTA et al., 2017).

Segundo Seo et al. (2010) as variações climáticas que provocam respostas adaptativas por parte dos animais são consideradas estressoras. Este estresse pode ser crônico, se gradual e constante, ou agudo, quando é brusco e intenso. Uma forma de se verificar os níveis de estresse e conforto animal é analisando-se os índices de conforto ambiental, determinados a partir de variáveis climáticas, e utilizando sistemas computacionais para simular situações causadoras de estresse.

Com base neste cenário é grande o número de pesquisas que propõem a utilização da informática para a otimização na produção animal, entre elas o desenvolvimento de sistemas especialistas que auxiliem na tomada de decisão. Atualmente, a lógica *fuzzy* é uma das formas de modelagem matemática mais adotadas para o desenvolvimento destes sistemas especialistas, principalmente por ser de fácil manuseio e proporcionar resultados de fácil interpretação (VIANA e MATTOS, 2017).



Posto isto, foi objetivo dessa pesquisa desenvolver um modelo que relacionasse variáveis climáticas e um índice de conforto térmico tendo como resposta o grau de risco animal exposto ao estresse ambiental.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A análise dos dados foi realizada na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS. Para a construção do modelo matemático de interesse foi utilizado um *software* que permitiu trabalhar com a teoria dos conjuntos *fuzzy*.

Foi realizada uma revisão de literatura envolvendo referenciais teóricos disponibilizados para verificação de quais variáveis seriam inseridas no modelo. Como variáveis de entrada foram utilizados os termos linguísticos temperatura ambiental (Tmax), umidade relativa do ar (URmax) e índice de temperatura e umidade (ITU-max). Como variável de saída fixou-se o risco de exposição ao estresse ambiental (RISCOexpo).

Existem diferentes estudos que determinam faixas de conforto térmico para aves e suínos, que variam seus resultados principalmente em função da adaptação dos animais, condições experimentais e clima local. Estudos realizados por Ibtisham et al. (2018) sobre a influência do ambiente térmico na produtividade de frangos de corte entre a 4ª e a 6ª semana de idade resultaram em maior desempenho com T entre 21 e 27°C, UR entre 50 e 70% e vento 0,5 a 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Já Kiefer et al. (2009) verificaram que para suínos em fase de terminação, temperaturas entre 18 e 27°C e UR de 70% podem ser consideradas ótimas para a produção.

O estabelecimento das faixas de temperatura e umidade relativa do ar, para frangos de corte da 1º a 6º semana com o intuito de facilitar o manejo e o controle do ambiente, foi proposto por pesquisadores conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Zona de Conforto para aves em função da semana.

Animal	Temperatura ideal (°C)	Umidade Ideal (%)
<b>Frangos de corte</b>		
1ª semana	32-35	
2ª semana	29-32	
3ª semana	26-29	60 - 70
4ª semana	23-26	
5ª semana	18-23	
6ª semana	<18	

Fonte: Adaptado de Abreu e Abreu (2001), Leal e Nääs (1992).

No caso dos suínos em fase de crescimento até a terminação, para facilitar o manejo e o controle do ambiente, as faixas ambientais de conforto são determinadas pelo peso (em Kg), conforme Tabela 2.



Tabela 2 – Zona de Conforto para Suínos.

Animal	Temperatura ideal (°C)	Umidade Ideal (%)
Suínos (kg)		
20-35	18-27	
35-60	16-27	70
60-100	12-27	

Fonte: Adaptado de Barbosa Filho et al. (2007), Leal e Nääs (1992).

Assim, o domínio da função Tmax ficou compreendido entre 10 e 45°C e os termos linguísticos como se segue:

BAIXA: [10, 10, 15, 16]

IDEAL: [15, 16, 18, 20]

MÁXIMA: [28, 20, 45, 45]

Já o domínio da função URmax ficou compreendida entre 0 e 100% com seus termos linguísticos a seguir:

CRITICA-INFERIOR: [0, 0, 25, 40]

BAIXA: [25, 40, 50, 60]

ADEQUADA: [50, 60, 75, 80]

ALTA: [75, 80, 85, 90]

CRITICA-SUPERIOR: [85, 90, 100, 100]

Segundo Buffington et al. (1982) o ITU pode ser calculado pela Equação 1.

$$ITU = 46,3 + 0,8T_s + \frac{UR (T_s - 14,3)}{100} \quad (1)$$



Em que,

Ts = temperatura do termômetro de bulbo seco, °C;

UR = Umidade relativa do ar, %.

Segundo Gates et al. (1995) para frangos de corte, os valores do ITU menores que 74 representam ambiente confortável, entre 74 e 79 situações de alerta, e entre 79 e 84 emergência. No caso de suínos Lima et al. (2007) afirmam que valores de ITU menores que 75 caracterizam situação normal, de 75 a 79 alerta, de 79 a 83 perigo e maior que 84 emergência. Tanto para aves quanto para suínos, quando atingido índices emergenciais, providências são necessárias para não ocorrer perda do plantel.

Assim, o termo linguístico ITU<sub>max</sub> ficou compreendido entre 50 e 113:

IDEAL: [50, 50, 74, 75]

ALERTA: [74, 75, 79, 80]

EMERGENCIA: [78, 80, 113, 113]

A classificação do risco de exposição ao estresse ambiental foi realizada com base em histórico de dados ambientais e conhecimento do especialista. Neste caso o domínio da função ficou compreendido entre 0 e 1 e seguiu o padrão proposto por SANTOS et al. (2009), onde valores próximos a zero (0) significam baixíssima possibilidade de ocorrência do evento e valores próximos a um (1) indicam altíssima possibilidade de ocorrência do mesmo. Dessa forma, o RISCO<sub>expo</sub> ficou assim dividido:

BAIXO: [0, 0, 0.21, 0.25]

MODERADO: [0.21, 0.25, 0.52, 0.55]

ALTO: [0.52, 0.55, 1, 1]

O método de inferência utilizado foi o Mandani. A “defuzzificação” foi realizada pelo método do centro de gravidade, conforme sugerem MUDULI et al. (2018). Para todas as variáveis linguísticas de entrada e também de saída, a função de pertinência que melhor se enquadrou foi a trapezoidal. A interação proporcionada nesta modelagem matemática está representada na Figura 1.



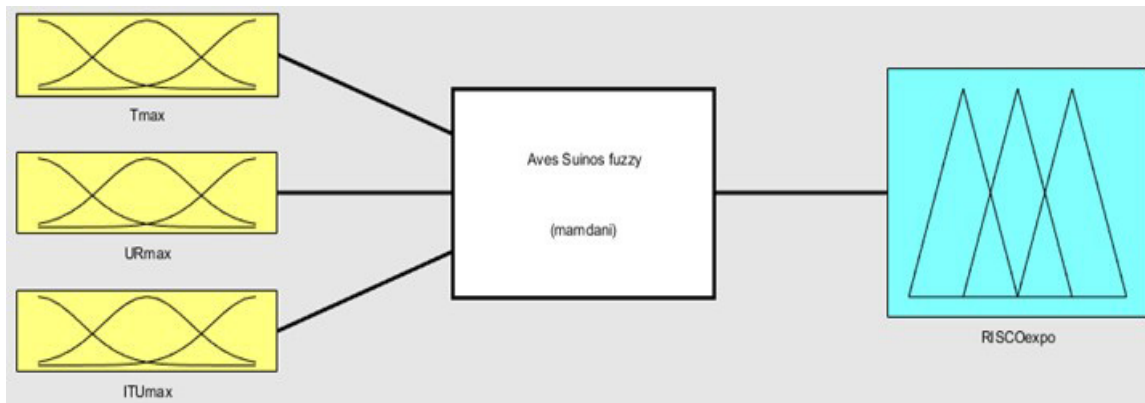


Figura 1 – Representação do Sistema *Fuzzy* proposto  
 Fonte: Os Autores

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 traz uma superfície que representa graficamente a interação entre as variáveis Tmax e ITUmax gerando como resposta o grau de risco à exposição ambiental (RISCOexpo).

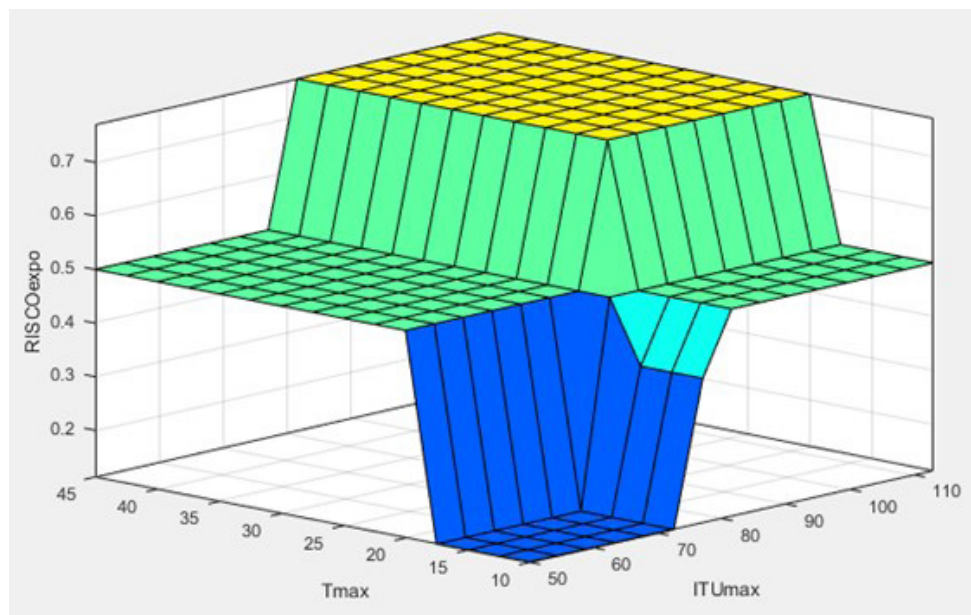


Figura 1 – Grau de risco ao estresse ambiental  
 Fonte: Os Autores

Analisando a Figura 2 é possível observar as faixas ideais e de desconforto de T e ITU para aves e suínos conforme sugerem GATES et al. (1995) e LIMA et al. (2007). Ao se assumir valores de ITUmax e Tmax menores ou iguais aos considerados ideais para aves e suínos, ou seja, ITUmax próximos a 70 e Tmax a 18°C, o RISCOexpo é praticamente nulo, próximo a 0,1, considerado BAIXO.

Conforme se aumenta Tmax e ITUmax o RISCOexpo também aumenta. Neste caso, é possível identificar uma situação intermediária, em que, o RISCOexpo assume valor de 0,5, considerado MODERADO, alcançado se deixar Tmax ou ITUmax ideal elevando-se a outra variável ao extremo.

Caso Tmax ou ITUmax sejam elevadas a valores causadores de estresse o modelo retorna um RISCOexpo com valor de 0,78, classificado como ALTO.

O cenário descrito na Figura 2 corrobora com afirmação de Pandorfi et al. (2012), onde demonstram que o uso de técnicas de modelagem pode favorecer o desenvolvimento de pesquisas por meio de sistemas especialistas para auxiliar na tomada de decisões, com o objetivo de reduzir perdas e aumentar o controle acerca do sistema produtivo.

## 4. CONCLUSÕES

Ao final da pesquisa o modelo proposto conseguiu realizar o trabalho de simulação conforme proposto, mostrando que a lógica *fuzzy* é uma ferramenta eficiente para boa visualização do grau de risco à exposição ao estresse de aves e suínos para diferentes situações ambientais.

Para a simulação realizada no modelo proposto, considerando valores ideais de índice de temperatura e umidade (ITU), e temperatura (T) a variável linguística de saída risco de exposição ao estresse (RISCOexpo) apresentou valor quase nulo, o que sugere grande eficiência do modelo.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFGD e CNPq pelo apoio dado para a concretização desta pesquisa.

## Referências

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Diagnóstico bioclimático para a produção de aves no Oeste paranaense. **In:** Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, p. 30, 2001. Foz do Iguaçu. UNIOESTE/SBEA, CD-Room. 2001.
- BAÊTA, F. C., SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais** - conforto animal. Viçosa: Editora UFV, 2010.
- BARBOSA FILHO, J. A.; SILVA, I. J.; SILVA, M. A.; SILVA, C. J. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.93-99, 2007.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, n.1, 16p, 1982.
- GATES, R. S.; ZHANG, H.; COLLIVER, D. G.; OVERHULTS, D. G. Regional variation in temperature index for poultry housing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.1, p.197-205, 1995.
- IBTISHAM, F.; ZHAO, Y.; NAWAB, A.; LIGUANG, H.; WU, J.; XIAO, M.; ZHAO, Z.; AN, L. The Effect of High



- Temperature on Viability, Proliferation, Apoptosis and Anti-oxidant Status of Chicken Embryonic Fibroblast Cells. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 20, n. 3, p.463-470, 2018.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; CARRIJO, A.S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, n.221, p. 55-64, 2009.
- LEAL, P.M.; NÃÃS, I.A. Ambiência animal. **In:** CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). Introdução à engenharia agrícola. Campinas, SP: Unicamp, p.121-135, 1992.
- LIMA, K.A.O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTTO, M. Estudo da influência das ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo. **Bio. Eng.**, Campinas, v.1, p.70-81, 2007.
- MACCIOTTA, N. P. P.; BIFFANI, S.; BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; VITALI, A.; AJMONE-MARSAN, P.; NARDONE, A. Derivation and genome-wide association study of a principal component-based measure of heat tolerance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4683-4697, 2017.
- MACHADO, N. S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; MOGAMI, C. A.; ROCHA, K. S. Aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de aviários com telhas de aço na região centro oeste do Brasil. **Nucleus**, v.13, p.153-168, 2016.
- MUDULI, L.; JANA, P. K.; MISHRA, D. P. Wireless sensor network based fire monitoring in underground coal mines: A fuzzy logic approach. **Process Safety and Environmental Protection**. v. 113, p. 435 - 447, 2018.
- PANDORFI, H; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.558-568, 2012.
- SANTOS, R.C.; NÃÃS, I.A.; GOMES FILHO, R.R.; COSTA, M.M.; MOREIRA, F.R.; PAULINO, H. Utilização da lógica fuzzy para a simulação da taxa de detecção de estro bovino. **In:** Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2009, Viçosa. 7 Congresso Brasileiro de Agroinformática, p. 1-5. 2009.
- SEO, S.N. et al. From beef cattle to sheep under global warming: An analysis of adaptation by livestock species choice in South America. **Ecological Economics**. n. 69, p.2486-2494, 2010.
- TIRADO, M. C.; CLARKE, R.; JAYKUS, L. A.; MCQUATTERS-GOLLOP, A.; FRANK, J. M. Climate change and food safety: A review. **Food Research International**. n.43, p. 1745-1765, 2010.
- VIANA, K. D.; MATTOS, V. L. D. Mensuração da satisfação por meio da adaptação de um modelo hierárquico baseado na lógica fuzzy. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 9, n. 1, p. 52-62, 2017.
- WUNDERLICH, S. M.; MARTINEZ, N. M. Conserving natural resources through food loss reduction: Production and consumption stages of the food supply chain. **International Soil and Water Conservation Research**, v.6, n.4, p.331-339, 2018.



**VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DE  
OVINOS SUBMETIDOS A CONDIÇÕES  
DISTINTAS DE ESTRESSE TÉRMICO  
NO SEMIÁRIDO**

*PHYSIOLOGICAL VARIABLES OF SHEEP SUBJECT TO DISTINCT  
THERMAL STRESS CONDITIONS IN THE SEMIARID*

**Nágela Maria Henrique Mascarenhas**

**Bonifácio Benício de Sousa**

**Dermeval Araújo Furtado**

**Maycon Rodrigues da Silva**

**Luanna Figueirêdo Batista**

**Raimundo Calixto Martins Rodrigues**

**Luiz Henrique de Souza Rodrigues**

**Ribamar Veríssimo Macedo**

**Leonardo Flor da Silva**

**Daniele Ferreira de Melo**

## Resumo:

O bjetivou-se avaliar a adaptabilidade de ovinos em ambientes exposto ao sol e a sombra, por meio das variáveis fisiológicas. O experimento foi realizado em duas épocas (menos quente e quente) em Patos/PB e foram avaliadas as variáveis fisiológicas, temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) de 12 ovinos, sendo 6 machos (não castrados) e 6 fêmeas da raça Santa Inês. Os parâmetros fisiológicos avaliados foram temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR), aferidos durante o turno da tarde em horários diferentes, caracterizando três condições de estresse (antes do estresse, logo após o estresse e uma hora depois do estresse), os quais foram mensurados usando um termômetro veterinário digital e um estetoscópio flexível ao nível da região torácica, respectivamente. A análise de variância revelou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) do fêmea em relação ao macho sobre a FR, contudo não se verificou efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para a TR. Mesmo com a utilização os mecanismos fisiológicos para manutenção da temperatura interna na tentativa de mantê-la dentro da normalidade estabelecida para a espécie, os ovinos tiveram sua homeotermia comprometida, quando foram submetidos a uma situação de estresse.

**Palavras chave:** Adaptabilidade, Condições ambientais, Homeotermia.

## Abstract:

The objective of this study was to evaluate the adaptability of sheep in environments exposed to sun and shade by physiological variables. The experiment was carried out in two seasons (less hot and hot) in Patos / PB and evaluated the physiological variables, rectal temperature (RT), respiratory rate (RR) of 12 sheep, 6 males (non-castrated) and 6 females of Santa Inês breed. The physiological parameters evaluated were rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR), measured during the afternoon shift at different times, characterizing three stress conditions (before stress, right after stress and one hour after stress), the following: which were measured using a digital veterinary thermometer and a flexible chest-level stethoscope, respectively. The analysis of variance revealed a significant effect ( $P < 0.05$ ) of the female relative to the male on the RR, however there was no significant effect ( $P > 0.05$ ) for the TR. Even with the use of physiological mechanisms to maintain the internal temperature in an attempt to keep it within the normal range established for the species, the sheep had their homeothermia compromised when they were subjected to stress.

**Key-words:** Adaptability, Environmental conditions, Homeothermia.





## 1. INTRODUÇÃO

A atividade pecuária possui grande relevância para região semiárida do nordeste brasileiro, principalmente a criação de ruminantes de pequeno porte (GOMES et al., 2008). Na intenção de reconhecer corretamente a ação do estresse térmico nos animais de interesse zootécnico, torna-se importante o conhecimento sobre o índice de tolerância ao calor desses animais frente às condições ambientais enfrentadas. Já que o estresse calórico tem sido reconhecido como fator limitador relevante da produção animal nas regiões quentes.

O rebanho ovino do Brasil é de aproximadamente 17,7 milhões, das quais 57,0; 28,0; 7,0; 4,5 e 3,5% encontram-se respectivamente nas regiões Nordeste, Sul, Centro-oeste, Sudeste e Norte (ANUALPEC, 2016), sua grande maioria criada para a produção de carne. A ovinocultura é uma atividade pecuária promissora para as regiões áridas e semiáridas do planeta, devido à alta capacidade destes animais em se adaptarem a estas condições (MARTINS et al., 2012).

A maioria desses animais são criados em sistemas extensivos, cujo não há um controle específico das condições climáticas. Conseqüentemente, além de considerar o nível de produção desses animais, o grau de adaptação a condições climáticas específicas, também deve ser considerado (MENGISTU et al., 2017).

Para Santos et al. (2005) os parâmetros fisiológicos, tanto a temperatura retal como a frequência respiratória são mais afetados durante o período diurno, onde, ainda é possível observar valores menores para os respectivos parâmetros durante o turno da manhã quando comparados com o turno da tarde. Salles et al. (2009), em seus estudos com base em dados climáticos e respostas fisiológicas, afirmam que independente da época do ano, é durante o turno da tarde que ocorre um maior desconforto térmico para os animais.

Em concordância com tudo que foi explanado anteriormente, o estudo objetivou avaliar a variação das respostas fisiológicas de ovinos expostos a três condições distintas de estresse durante o turno da tarde em duas épocas no semiárido paraibano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Semiárido (NUPEÁRIDO) do Centro de Saúde e Tecnologia Rural, da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Patos – PB, localizada na região do semiárido brasileiro, com latitude 07° 05' 28" S, longitude 37° 16' 48" W, altitude de 250 m, que se caracteriza por apresentar um clima BSh, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média máxima de 32,9°C e mínima de 20,8°C e umidade relativa do ar de 61% (BRASIL, 1992).

Utilizou-se 12 ovinos Santa Inês, 6 machos (não castrados) e 6 fêmeas, com



peso vivo médio inicial de  $\pm 26$  kg, com idade entre  $06 \pm 12$  meses. Os animais foram mantidos em sistema extensivo, e avaliados durante duas épocas do ano de 2016: menos quente (julho a agosto) e quente (setembro e outubro). Totalizando 8 coletas de dados, durante 4 meses. Durante a realização do teste e aferições das variáveis fisiológicas, os animais permaneceram em jejum e sem acesso à água. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) num esquema fatorial  $2 \times 2$  (2 sexos e 2 épocas) com 6 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

As variáveis ambientais durante o período experimental foram registrados através de dois datalogger, do tipo HOB0®, com um canal externo e um interno, cada, instalados em local de sol e sombra no ambiente experimental, a uma altura semelhante à dos animais. Foram coletadas a temperatura do ar (TA), a umidade relativa (UR), a temperatura de globo negro (TGN) e de ponto de orvalho (Tpo), e com esses dados calculou-se o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) utilizando-se da fórmula:  $ITGU = TGN + 0,36 Tpo + 41,5$ , descrita por Buffington et al. (1981). As leituras das variáveis ambientais foram realizadas durante os oito dias de coletas, realizadas no horário de aferição das variáveis fisiológicas.

As variáveis fisiológicas avaliados foram: temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS), seguindo metodologia descrita por Silva et al. (2010). Foram aferidos no turno da tarde em três horários diferentes, durante as duas épocas, caracterizando três condições de estresse distintas: antes do estresse (antes dos animais serem expostos ao sol, encontrando-se na sombra por duas horas), logo após o estresse (logo após os animais serem expostos a radiação solar direta por uma hora) e uma hora depois do estresse (na sombra). A temperatura superficial também foi aferida nas mesmas condições da temperatura retal e da frequência respiratória, apenas acrescentando mais uma avaliação com vinte minutos após o retorno do estresse.

Para obtenção da temperatura retal e da frequência respiratória foram utilizados um termômetro veterinário digital e um estetoscópio flexível ao nível da região torácica, respectivamente. A temperatura superficial de cada animal foi obtida através de uma câmera termográfica de infravermelho (Fluke Ti 25). Posteriormente os termogramas foram analisados pelo software Smartview versão 4.1, através do qual foi obtida a temperatura média superfície corporéa dos animais, considerando-se a emissividade de 0,98.

Os dados obtidos foram analisados por meio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, 1993) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias registradas para as variáveis ambientais: temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), temperatura do globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios das variáveis ambientais: temperatura ambiente (TA, °C), umidade relativa (UR, %), temperatura do globo negro (TGN, °C) e índices de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), para os ambientes (sombra e sol), para os horários de aferição dos parâmetros (13h, 14h, 14h20min e 15h) e para as épocas do ano (menos quente e quente).

Fatores	Variáveis ambientais			
	TA (°C)	UR (%)	TGN (°C)	ITGU
Ambiente				
Sombra	34,63 B	30,06 A	36,75 B	83,55 B
Sol	36,61 A	26,67 B	38,29 A	84,97 A
Horários do dia				
13h	35,10 A	30,24 A	37,31 A	84,26 A
14h	35,65 A	28,28 B	37,48 A	84,20 A
14h20min	35,96 A	27,44 B	37,95 A	84,60 A
15h	35,76 A	27,51 B	37,34 A	83,97 A
Época do ano				
Menos quente	34,56 B	29,51 A	36,11 B	82,77 B
Quente	36,67 A	27,23 B	38,93 A	85,75 A
CV (%)	2,82	10,71	3,63	1,60

\*Médias seguidas de letras não semelhantes diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste F. CV (%): Coeficiente de variação.

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para as variáveis ambientais. Os valores registrados para ITGU foram de 83,55 e 84,97 para ambiente (sombra e sol, respectivamente) e de 82,77 e 85,75 para época (menos quente e quente, respectivamente).

Durante os horários de aferição dos parâmetros, os valores do ITGU também foram maiores que 83, reafirmando que é durante o período do turno da tarde que os animais mais sofrem com as condições ambientais.

Estudando a adaptabilidade de caprinos no semiárido, Santos et al. (2005) registraram médias para o ITGU de: 77,5 e 85,5 na sombra, para os turnos manhã e tarde respectivamente, e de 98, no sol durante a tarde. Silva et al. (2006) estudando o efeito das épocas do ano sobre as respostas fisiológicas de caprinos, registraram médias de ITGU elevadas no período da tarde 81,55 e 85,16, na época 1 e na época 2, respectivamente.

Baêta & Souza (1997) recomendam os valores entre 20 e 30°C como a zona de

termoneutralidade, tanto para ovinos quanto para caprinos, na tabela 5 os valores da TA em ambos os fatores (ambiente, horários do dia e época do ano), apresentou-se acima da recomendação dos autores. Segundo os mesmos autores, o limite de temperatura crítica de tolerância ao calor é de 35°C, assim, a TA no ambiente de sol (36,61°C) e na época quente (36,67°C), apresentaram-se ainda mais elevadas, ficando acima da temperatura crítica.

Em relação aos horários avaliados, não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ), porém, as médias da TA ficaram acima da temperatura crítica recomendada. Rocha et al. (2009) em estudos com caprinos em horário semelhante ao do presente estudo, registrou médias de TA e UR similares.

A UR, foi influenciada por todos os fatores, diferindo ( $P < 0,05$ ) entre eles. Dentro dos ambientes, UR foi superior no ambiente de sombra (30,06 %), quanto aos horários, as 13h, onde os animais encontravam-se na sombra a média da UR foi de 30,24%, enquanto que as 15h a UR já estava em 27,51 %. Sousa Junior et al. (2008) trabalhando com caprinos, ovinos e bovinos, também registraram médias semelhantes a do presente estudo, para o turno da tarde.

As médias referentes à TR e FR encontram-se na tabela 2, onde a análise de variância revelou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) do fêmea em relação ao macho sobre a FR, contudo não se verificou efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da TR em nenhum dos fatores avaliados.

Tabela 2 – Médias\* da temperatura retal (TR1, TR2 e TR3 – °C) e da frequência respiratória (FR1, FR2 e FR3 – mov.min) nas três condições de estresse, para o sexo e para as épocas (menos quente e quente)

Fatores	Condições de estresse / variáveis fisiológicas (TR - °C e FR - mov.min)					
	Antes do estresse		Logo após o estresse		1h depois do estresse	
	TR1	FR1	TR2	FR2	TR3	FR3
Sexo						
Macho	38,88A	67,16B	39,80A	93,50B	39,37A	67,50B
Fêmea	38,95A	89,33A	39,81A	117,33A	39,42A	78,16A
Época do ano						
Menos quente	38,92A	73,50B	39,75A	102B	39,38A	71,00A
Quente	38,91A	83,00A	39,86A	108,83A	39,41A	74,66A
CV (%)	0,64	18,74	0,75	22,18	0,58	16,75

\*Médias seguidas de letras não semelhantes diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste F. CV (%): Coeficiente de variação.

Embora não tenha sido verificado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) sobre a TR, os ovinos machos avaliados antes do estresse, apresentaram menores valores de TR (38,88 °C), e logo após, alcançou o valor de 39,80 °C, e mesmo 1h depois do estresse os animais não conseguiram retornar a temperatura de antes do estresse. A mesma situação foi observada para as fêmeas, que também não conseguiram retornar a temperatura de antes do estresse.

Segundo Cunningham (2008), valores considerados normais para espécie ovina variam de 38,5°C a 39,5°C, pelos resultados observados no estudo é possível

observar que os animais encontravam-se sob estresse térmico em ambiente exposto ao sol, onde as fêmeas apresentaram os maiores médias.

As fêmeas apresentaram temperatura retal mais elevada que os machos, em ambos ambientes e em ambas as épocas do ano. Fatores como, os níveis hormonais, estruturas do pelame (tamanho dos pelos, número de pelos), taxa de sudoreção, podem influenciar na dissipação do calor dentro das espécies, raças e entre os sexos.

Esses resultados também podem ser relacionados com as características do pelame dessa raça, uma vez que os ovinos Santa Inês apresentam pelame escuro, e animais com pelames escuros tornam-se mais vulneráveis aos efeitos do estresse térmico, por absorverem uma maior radiação. Assim, animais que permanecem muito tempo expostos ao sol, requerem mais esforços, e utilizam mais mecanismos para manutenção na homeotermia, como por exemplo o aumento da frequência respiratória.

Para FR os valores médios, considerados normais para os ovinos variam entre 16 a 34 movimentos por minutos (EUSTÁQUIO FILHO et al., 2011). Os valores encontrados no estudo foram superiores aos considerados normais, demonstrando que, mesmo à sombra a condição térmica é estressante para esses animais, uma vez que eles tiveram que utilizar a FR para perder calor. E mais uma vez as fêmeas apresentaram médias superiores aos dos machos.

Freitas (2014) estudando o comportamento de machos e fêmeas da espécie ovina (Santa Inês e Morada Nova), encontrou resultados semelhantes ao deste estudo, também utilizando animais da raça Santa Inês, onde as fêmeas apresentaram médias de TR e FR superiores aos dos machos. O autor explica esse resultado, pelo fato dos animais do sexo feminino terem sido mais ativos que os animais do sexo masculino, afirmando que os esforços físicos também influencia nos valores dos variáveis fisiológicos.

## 4. CONCLUSÃO

Diante os resultados obtidos é possível concluir que apesar de serem espécies consideradas adaptadas às condições climáticas da região semiárida, também sofrem com o estresse térmico nas condições ambientais que lhe foram ofertadas nesse estudo.

Mesmo com a utilização os mecanismos fisiológicos para manutenção da temperatura interna na tentativa de mantê-la dentro da normalidade estabelecida para a espécie, os ovinos tiveram sua homeotermia comprometida, quando foram submetidos a uma situação de estresse.



## Referências

- ANUALPEC. 2016. **Anuário da Pecuária Brasileira**, 20 ed. Instituto FNP, São Paulo, Brasil.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 1.ed. Viçosa: UFV, 1997. 246p.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas: 1961-1990**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1992. 84p.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 596p.
- EUSTÁQUIO FILHO, A.; TEODORO, S. M.; CHAVES, M.A.; SANTOS, P.E.F. DOS; SILVA, M.W.R. DA; MURTA, R.M.; CARVALHO, G.G.P. DE; SOUZA, L.E.B. DE. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1807-1814, 2011.
- FREITAS, A.C.B. Avaliação do temperamento de ovinos com treinamento de estímulo tátil e deslocamento com auxílio de cabresto. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, 2014. 73f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Animal Sustentável). 2012.
- MARTINS, E.C.; ALBUQUERQUE, F.H.M.R. DE; OLIVEIRA, L.S. **Sistemas e custos de produção de ovinos de corte na agricultura familiar no Ceará**. In: GUIDUCCI, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.; MOTA, M.M. Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de casos. Brasília. Embrapa, 2012. Cap. 5, p.117-149.
- MENGISTU, U.L.; PUCHALAA, R.; SAHLUA, T.; GIPSONA, T.A.; DAWSONA, L.J.; GOETSCHA, A.L. Conditions to evaluate differences among individual sheep and goats in resilience to high heat load index. **Journal Small Ruminant Research**, v.147, p. 89-95, 2017.
- GOMES, C. A. V.; FURTADO, D. A.; MEDEIROS, A. N.; SILVA, D. S.; PIMENTA FILHO, E. C.; LIMA JÚNIOR, V. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12. p.213-219, 2008.
- ROCHA, R. R. C.; COSTA, A. P. R.; AZEVEDO, D. M. M. R.; NASCIMENTO, H. T. S.; CARDOSO, F. S.; MURATORI, M. C. S.; LOPES, J. B. Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no meio-norte do Brasil. **Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.1165-1172, 2009.
- SALLES, M. G. F.; SOUZA, C. E. A.; RONDINA, D.; MOURA, A. A. A.; ARAÚJO, A. A. Respostas fisiológicas ao estresse térmico de bodes Saanen em clima tropical. **Revista Ciência Animal**, v. 19, p. 19-28, 2009.
- SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; CÉSAR, M. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; ACOSTA, A. A. A.; SANTOS, J. R. S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.142-149, 2005.
- SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima Semi-Árido do Nordeste brasileiro. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.29. p.142-149, 2005.
- SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUZA, O. B. DE; SILVA, G. A.; FREITAS, M. M. S. DE. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v.23, p.142-148, 2010.
- SILVA, G. DE A.; SOUZA, B. B. DE; ALFARO, C. E. P.; SILVA, E. M. N. DA; AZEVEDO, S. A.; AZEVEDO NETO, J.; SILVA, R. M. N. DA. Efeito da época do ano e período do dia sobre os parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.903-909, 2006.
- SOUSA JÚNIOR, S. C. DE; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M. DE; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos na região semiárida. **Revista Científica de Produção animal**, v.10, p.127-137, 2008.





**TENDÊNCIA CLIMÁTICA E SUAS  
IMPLICAÇÕES PARA A PRODUÇÃO  
DE MILHO EM UM MUNICÍPIO DE  
BIOMA CERRADO NO ESTADO DO  
MARANHÃO: PRECIPITAÇÃO E  
TEMPERATURA**

*CLIMATE TRENDS AND THEIR IMPLICATIONS FOR CORN PRODUCTION  
IN A CLIMATE BIOME CITY IN THE STATE OF MARANHÃO:  
PRECIPITATION AND TEMPERATURE*

**Rafiza Najara Pereira Costa**

**Paula Verônica Campos Jorge Santos**

**Ayrton Santos Da Silva**

**Jorcelo Carvalho da Silva Filho**

**Juliana Silva De Matos**

**Julyana Santos de Santana Moraes**

**Polyene dos Santos Castro**

**Ronaldo Souza Silva**

## Resumo:

O homem é o maior responsável pelo aquecimento do planeta motivando o impacto na biodiversidade, tanto na fauna como na flora. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a tendência de precipitação e temperatura mínima do município de Barra do Corda - MA e verificar os possíveis impactos para a cultura do milho. Para a realização da caracterização dos elementos do clima, os dados foram baixados no site do Instituto Nacional de Meteorologia, através da plataforma do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. O período analisado foi de 30 anos, dos períodos de 1985 a 2015, configurando uma normal climatológica. A frequência dos dados foi mensal. Os dados foram submetidos à estatística descritiva de média, desvio padrão e coeficiente de variação, após atender os pressupostos de normalidade. Observou a diminuição de precipitação e aumento de temperatura para o município de Barra do Corda. Em contrapartida houve um aumento de produção de milho no município.

Palavras chaves: milho, meteorologia, clima, precipitação pluviométrica

## Abstract:

Man is largely responsible for the warming of the planet motivating the impact on biodiversity, both fauna and flora. The objective of this work was to characterize the precipitation trend and minimum temperature of the city of Barra do Corda - MA and to verify the possible impacts for corn crop. To perform the characterization of climate elements, data were downloaded from the National Institute of Meteorology website, through the Meteorological Database for Teaching and Research platform. The period analyzed was 30 years, from 1985 to 2015, constituting a climatological normal. Data frequency was monthly. Data were submitted to descriptive statistics of mean, standard deviation and coefficient of variation, after meeting the assumptions of normality. Observed the decrease of precipitation and temperature increase for the municipality of Barra do Corda. In contrast, there was an increase in corn production in the municipality.

Key-words: corn, meteorology, climate, rainfall



## 1. INTRODUÇÃO

O aquecimento global é um tema estudado por vários cientistas, especialmente os cientistas que fazem parte do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) – vinculado a Organização das Nações Unidas (ONU). Tais especialistas vêm apontando o homem como o maior responsável pelo aquecimento do planeta, assim como, pelo possível impacto na biodiversidade (IPCC, 2007). Quando se destaca a biodiversidade, tanto a fauna quanto a flora podem ser influenciadas por modificações nos elementos climáticos, visto que as espécies se adaptam às condições médias às quais estão expostas.

Desta forma, conhecer o funcionamento desses elementos é essencial para previsão de cenários futuros de biodiversidade, funcionamento dos biomas, cenários econômicos, sociais e políticos. Assim as características e alterações climáticas, em determinadas regiões do Brasil, é de extrema importância para ditar dentre outras coisas, a economia do País, que se baseia especialmente na agricultura, pecuária, energia, saneamento, no turismo, dentre outros.

De acordo com o CONAB (2010) na agricultura, o milho é um dos cereais mais cultivados no País com cerca de 54,37 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 12,93 milhões de hectares.

Por suas características fisiológicas, a cultura do milho tem alto potencial produtivo. Tendo sido obtida no Brasil produtividade superior a  $16 \text{ t.ha}^{-1}$ , em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica, extensão rural e por empresas produtoras de semente (CRUZ et al., 2010).

O Estado do Maranhão, possui potencial agricultável, destacando-se também a cultura do milho em alguns municípios, especialmente aqueles do Bioma Cerrado, como no caso do município de Barra do Corda.

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi de caracterizar a tendência de precipitação e temperatura mínima do município de Barra do Corda - MA e verificar os possíveis impactos para a cultura do milho.

## 2. METODOLOGIA

Para a realização da caracterização dos elementos do clima (Precipitação pluviométrica e Temperatura) os dados foram baixados no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), mantido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da plataforma BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) O período analisado foi de 30 anos, dos períodos de 1985 a 2015, configurando uma normal climatológica. A frequência dos dados foi mensal. Os dados foram submetidos à estatística descritiva de média, desvio padrão e coeficiente de variação, após atender os pressupostos de normalidade. Com os valores das médias foram elaborados gráficos pelo programa Excel. Para uma melhor



visualização dos elementos, dividiu- se em três décadas.

## 2.1 Caracterização da área de estudo

De acordo com o IBGE (2015) o município de Barra do Corda está localizado no estado do Maranhão, sua área é em cerca de 5.190,339 km<sup>2</sup>. A população do município é estimada em 86. 151 habitantes. A cidade está no centro geográfico do estado, conforme figura 1. Barra do Corda possui confluência dos Rio Corda e Rio Mearim, no qual o Rio Corda tem características de águas claras e frias, enquanto o Rio Mearim apresenta águas esverdeadas e mornas, sendo totalmente navegável a partir da confluência com o Rio Corda. Barra do Corda é o município sede da Região de Planejamento dos Guajajaras, seus municípios limítrofes são: Presidente Dutra, Tuntum, Grajaú, Jenipapo dos Vieiras.

**Figura 1-** Localização geográfica do município de Barra do Corda- MA



**Fonte:** Por Raphael Lorenzeto de Abreu - Image:Maranhao MesoMicroMunicip.svg, own work, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1150314>

De acordo com o IBGE (2008) a distância entre o município de Barra do Corda e a capital é de 462 km, com altitude de 148 m e densidade de 16,6 hab.km<sup>2</sup>, o clima do município é equatorial. O PIB (Produto Interno Bruto) do município é de R\$ 434 399,040 mil, o IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Médio) é 0,606 conforme o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2006).

As estações meteorológicas, através da leitura dos aparelhos e outras funções, permitem estudar o estado presente da atmosfera (o tempo meteorológico). Além de possibilitar prever o tempo futuro, ou seja, a previsão do tempo. Sabe-se que a maioria das atividades humanas dependem dos dados coletados nas estações me-



teorológicas, mesmo que seja do dia a dia do cidadão até as mais rebuscadas atividades econômicas. Dentre as atividades estão: os transportes, a agricultura, o turismo, entre outras. Então, os registros armazenados por muitos anos, são usados pelos estudiosos para o levantamento do clima e de suas variações (VIANELLO, 2011). Na figura a abaixo, está indicada a localiza da Estação climatológicas de onde os dados foram baixados.

**Figura 02-** Localização da Estação climatológica de Barra do Corda



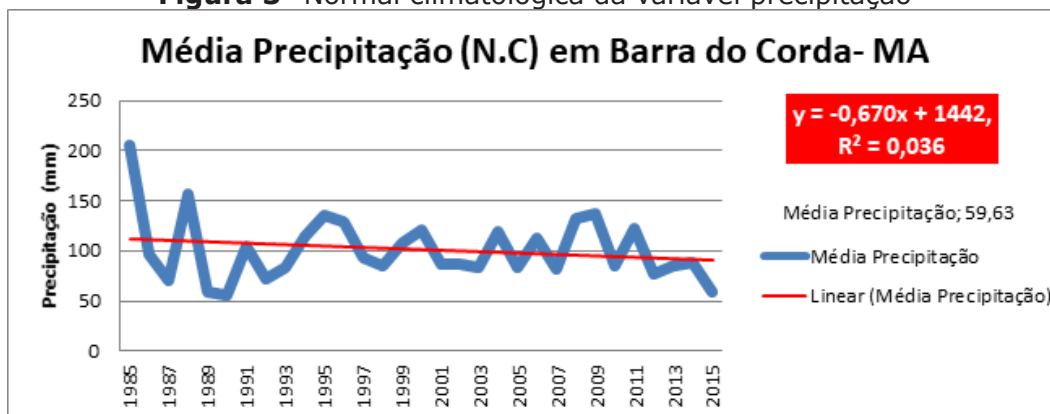
Fonte: Google Earth, 2016.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análise da Precipitação

As análises temporais demonstram uma tendência de diminuição da precipitação para a localidade (Figura 3).

**Figura 3-** Normal climatológica da variável precipitação

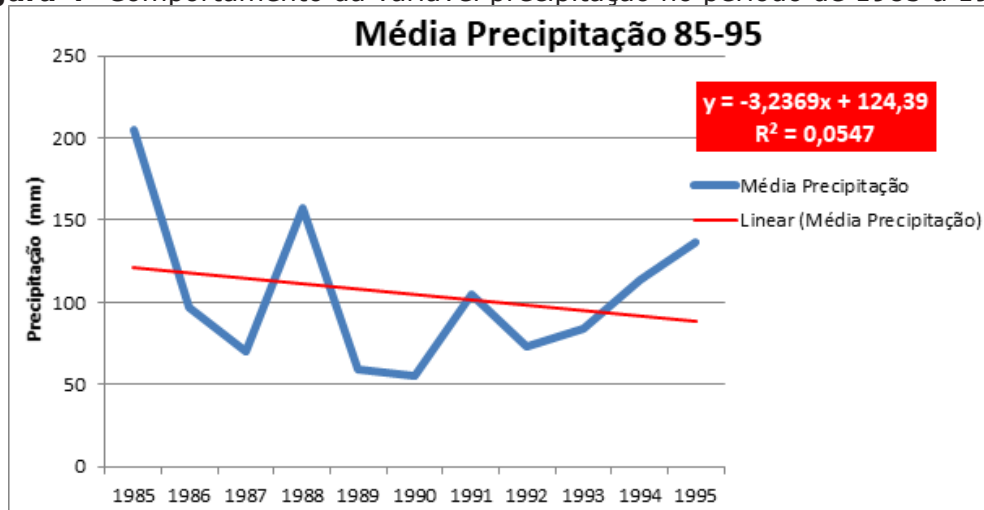


Fonte: elaborado a partir de dados no INMET.



Analisando a variabilidade climática no Nordeste do Brasil (NEB), com base no teste de Mann-Kendall, observaram-se tendências significativamente decrescentes em várias localidades da região em estudo. Sugeriu-se que tal variabilidade pode estar relacionada com mudanças climáticas no Nordeste do Brasil, que atinge não apenas o semiárido da região como também a área litorânea (SILVA et al., 2011). A figura 4 demonstra essa ocorrência.

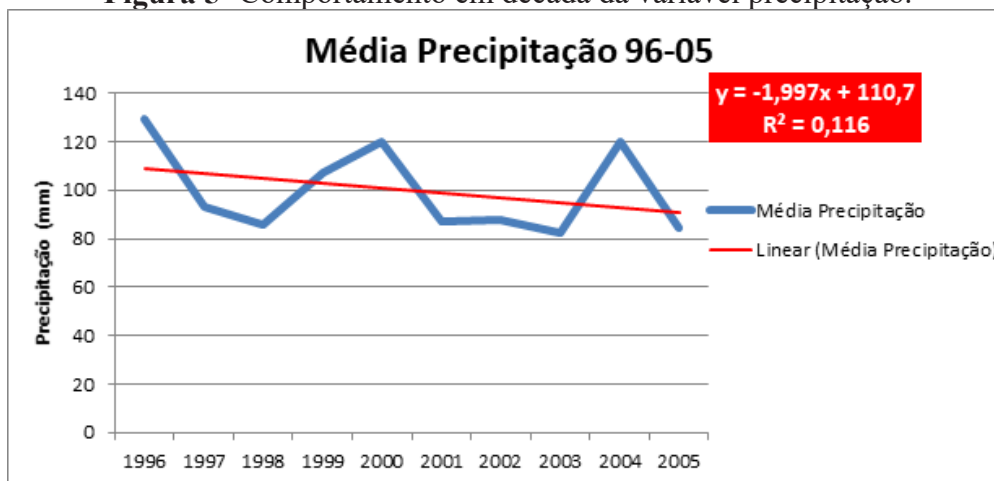
**Figura 4-** Comportamento da variável precipitação no período de 1985 a 1995.



**Fonte:** elaborado a partir de dados no INMET.

Nota-se a partir da figura 5 que os índices de precipitação estão diminuindo gradativamente. A partir da década de 96 os valores decaem, porém com medidas não tão intensas. "Com uma menor superfície de água nos oceanos e menor poder evaporativo da radiação solar diminui a quantidade de vapor de água na atmosfera, bem como o índice pluviométrico" (TORRES; MACHADO, 2011, p. 5). Na figura 5 está demonstrado esse comportamento para o período de 1996 a 2005.

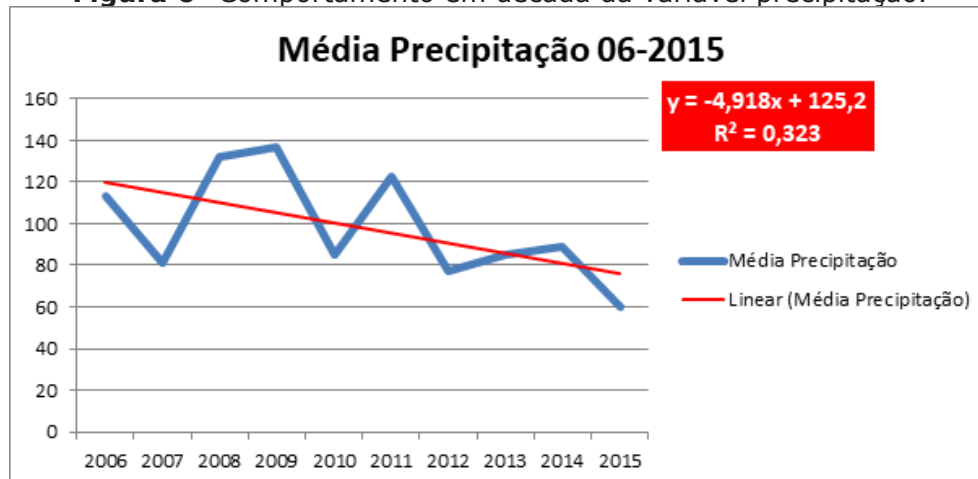
**Figura 5-** Comportamento em década da variável precipitação.



**Fonte:** elaborado a partir de dados no INMET.

A figura 6 apresenta uma maior diminuição da precipitação, de forma mais progressiva entre os anos de 1996 e 2005. Sabe-se que a variação da precipitação no NEB é fortemente relacionada com o tipo, magnitude e frequência de ação dos sistemas atmosféricos que afetam a região, especialmente nos períodos de chuva (BANDEIRA et al., 2000).

**Figura 6-** Comportamento em década da variável precipitação.

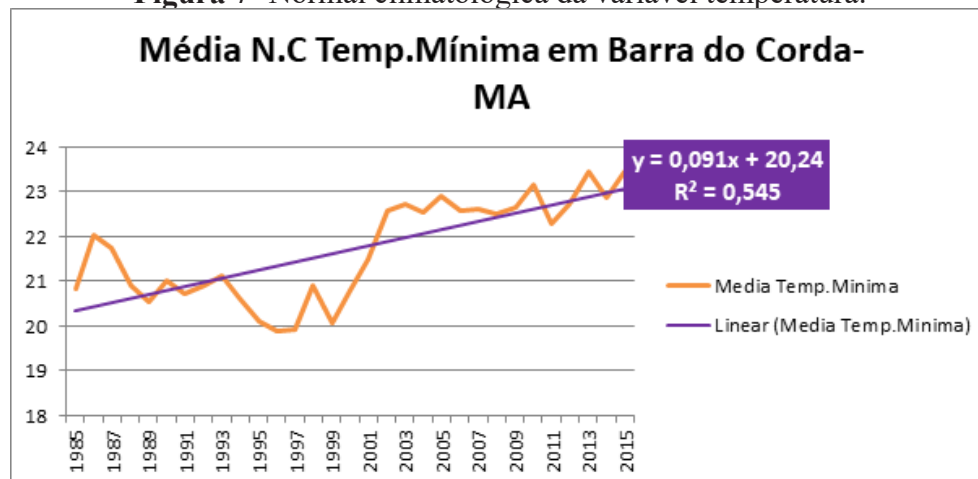


**Fonte:** elaborado a partir de dados no INMET.

### 3.2 Tendência da Variável Temperatura

Os resultados obtidos, demonstrados na figura 7 mostram a estação de barra do corda com pico um pouco elevado de temperatura máxima no ano de 1985, a mesma possui temperatura média de 22.0°C. Contudo, as linhas de tendências apresentaram temperatura em elevação para o período em estudo de 1985-2015>. Esse aumento da temperatura pode ter ocorrido devido ao aumento da área urbana, com impermeabilização do solo dentre outras atividades, e a conseqüente elevação da concentração populacional. As menores temperaturas ocorreram em 1996 e 1997. Entretanto, o aumento gradativo das temperaturas máximas foi nos anos de 2013 e 2015, chegando a 46°, conforme figura 7.

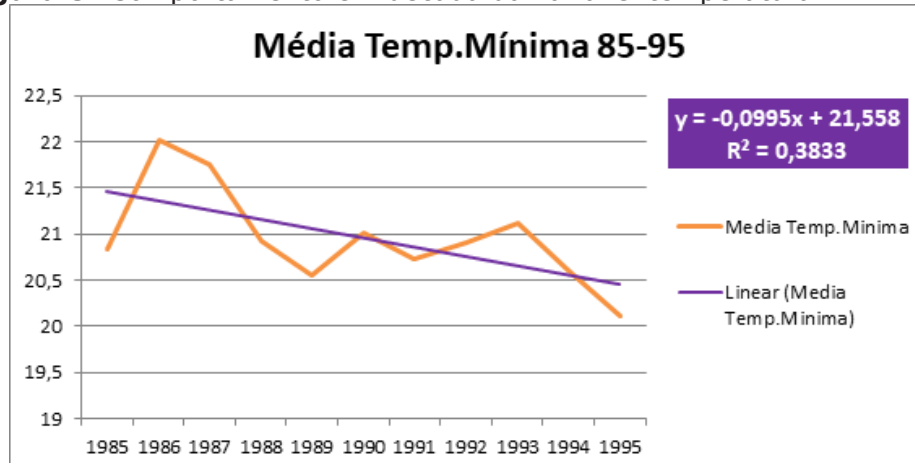
**Figura 7-** Normal climatológica da variável temperatura.



**Fonte:** elaborado a partir de dados no INMET.

Observa-se na figura 8 que as medidas mensais de temperatura mínima ficaram acima de 20° C na maioria dos meses. “Nota-se também uma redução das temperaturas, embora os totais médios mensais não explicitem tão claramente, pois as quedas são mais observadas durante a noite, enquanto os dias são bastantes aquecidos” (MENDONÇA, 2007), figura 8:

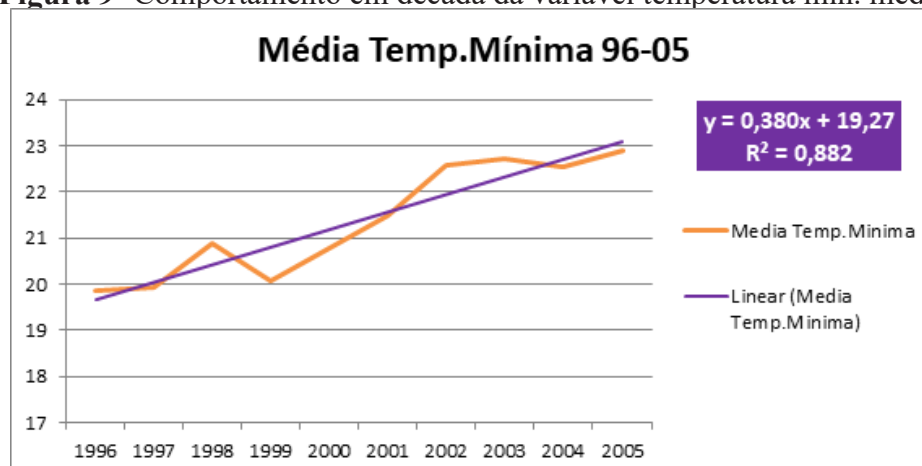
**Figura 8-** Comportamento em década da variável temperatura mín. média



Fonte: elaborado a partir de dados no INMET.

Em comparação a década anterior (1985 a 1995), é possível observar através da figura 9 que entre os anos de 1996 a 2005 houve um aumento linear da temperatura mínima média na cidade de Barra do Corda. Visto que a figura 9 demonstra um aumento gradativo desta.

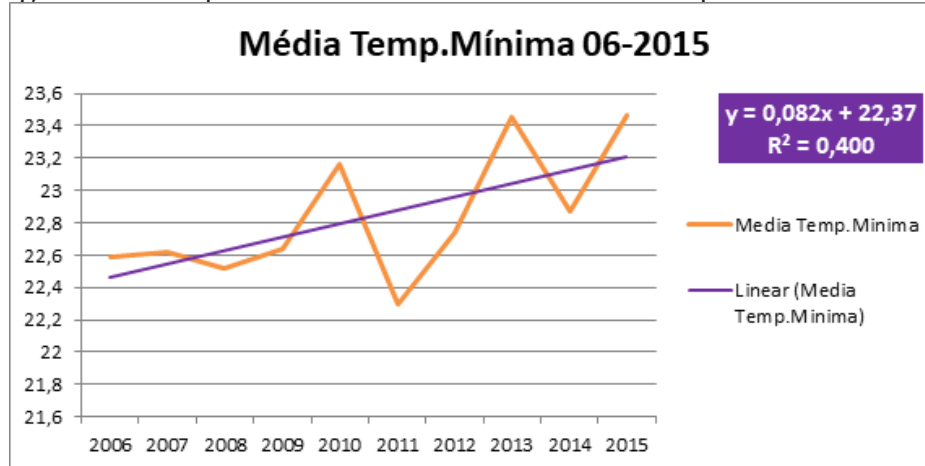
**Figura 9-** Comportamento em década da variável temperatura mín. média



Fonte: elaborado a partir de dados no INMET.

Na figura 10 a temperatura mínima média continua a aumentar gradativamente, entre os anos de 2006 a 2015. As temperaturas médias anuais vêm apresentando elevação na temperatura mínima anual, o qual no período teve aumento de  $0,83^{\circ}\text{C}$ . Mesmo com uma série de dados relativamente curta, observa-se tendência de aumento de temperatura fortemente ligado ao aumento das mínimas (RICE, 2009). Segue figura 10:

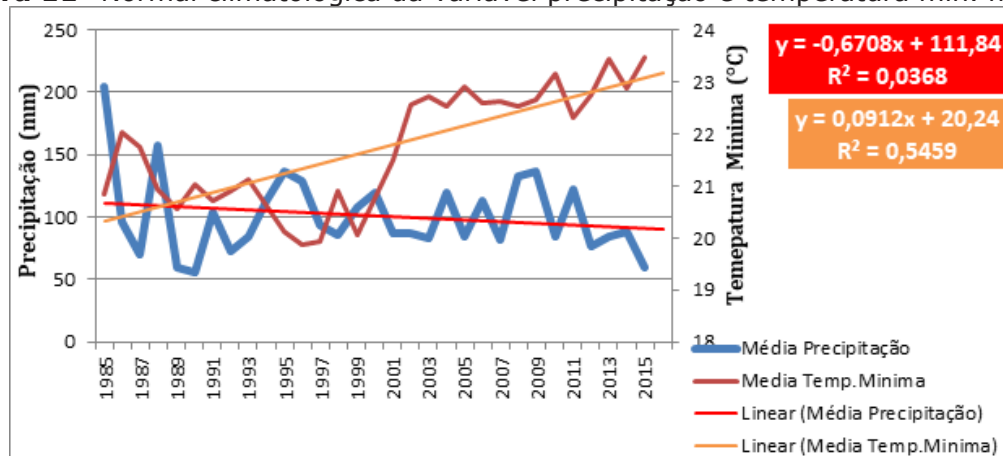
**Figura 10-** Comportamento em década da variável temperatura mín. média



Fonte: elaborado a partir de dados no INMET.

O aumento da temperatura mínima, como visualizado na figura 11, poderá aumentar as áreas de risco climático para a maioria das culturas agrícolas, notadamente alguns tipos de grãos e fruteiras temperadas. O que chama atenção nos resultados, além das tendências de aumento de temperatura mínima, são as altas taxas de incremento anual, variando de 0,5 °C. Existe influência positiva de El niño e uma influência negativa do fenômeno La niña (NASCIMENTO et al., 2005). Segue figura 11:

**Figura 11-** Normal climatológica da variável precipitação e temperatura mín. média.



Fonte: elaborado a partir de dados no INMET.

A variabilidade interanual da precipitação pluvial mostra que embora ocorra dispersão de ano para ano os eventos El niño e La niña explicam a precipitação na área de estudo (NASCIMENTO et al., 2005).

### 3.3 Tendência de Precipitação e Temperatura e a sua aplicação na cultura do milho

O Maranhão é um dos estados onde a agricultura tecnificada está em crescente expansão e que possui um bom potencial para o desenvolvimento do agronegócio e para a exportação de produtos agrícolas. Entretanto, ainda é escassa a realização de pesquisas na região, incluindo pesquisas com a cultura do milho (ARNHOLD et al., 2010).



A partir do ano de 1980, deu início a exploração comercial do milho nos cerrados nordestinos, localizados no oeste baiano, sul do Maranhão e no Pólo Uruçuí-Gurgéia, localizado no Estado do Piauí. Essas áreas ocupam um pouco mais de um milhão de hectares e são propícias ao desenvolvimento do milho, por apresentarem condições de solo e clima privilegiadas para a produção de grãos em sequeiro, além de exibirem topografia que possibilita a instalação de uma agricultura mecanizada e o emprego de alta tecnologia na produção de grãos (SILVA et al., 2011).

Através da figura 12, pode-se constatar que a produção de milho em Barra do Corda, nos anos de 1999 a 2010 teve uma alta em relação à média da produção nacional. Em 2004 a média de produção nacional era de 10,43%, enquanto que a participação de Barra do Corda estava com média de 12,02%, seguindo até 2010 sempre acima da média da produção nacional, conforme figura 12.

**Figura 12-** Participação da produção Municipal em relação a produção nacional



Fonte: Ipeadata, 2010.

O Nordeste do Brasil é conhecido como uma região seca, na qual a maioria da população sobrevive da agricultura de sequeiro. O sucesso das culturas implantadas depende da regularidade e quantidade das chuvas. As variabilidades espaciais e temporais da precipitação pluvial nas regiões áridas e semiárido são fatores limitantes para a agricultura de sequeiro (GRAEF; HAIGIS, 2001).

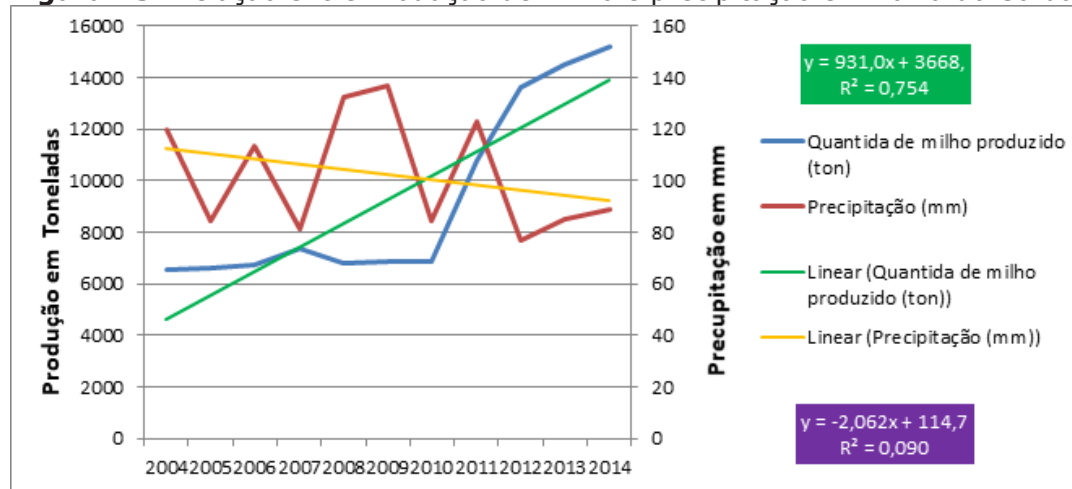
Conforme Silva et al. (2011) a precipitação pluvial pode variar intensamente, até mesmo dentro de alguns quilômetros de distância e em escalas de tempo diversas, tornando as colheitas das culturas imprevisíveis. Observa-se que a maior parte da região Nordeste do Brasil situa-se dentro da zona semi-árida, com diversos problemas para a sociedade e para os ecossistemas naturais, decorrentes das secas periódicas.

Pode-se analisar, por meio da figura 13 obtida através de dados do IBGE de 2004 a 2014, que a produção de milho não está sendo afetada pelo déficit hídrico que vem ocorrendo a partir do ano de 2011. Trabalhos de competição de cultivares de milho realizado nessas áreas têm mostrado bom desempenho produtivo de diversos materiais, especialmente de híbridos, com registros de produtividades



superiores a 8.000 kg.ha<sup>-1</sup> (CARDOSO et al. 2004). Segue figura 13:

**Figura 13-** Relação entre Produção de milho e precipitação em Barra do Corda.

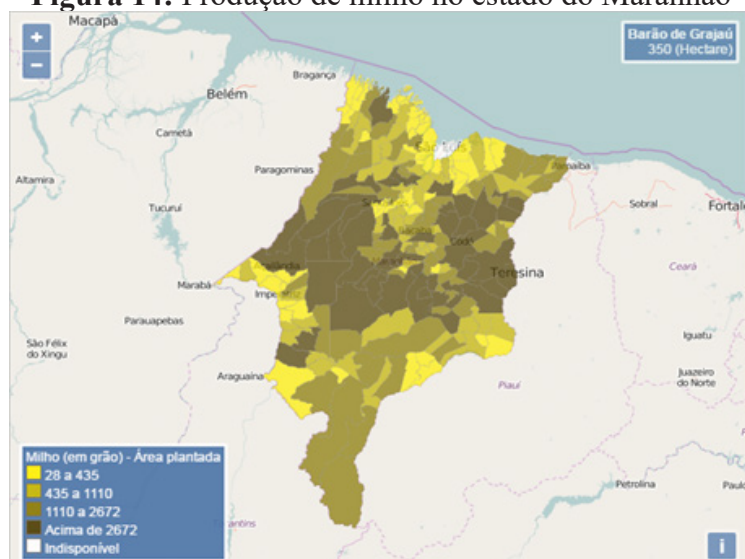


**Fonte:** Dados do IBGE, 2014.

Esses resultados positivos têm sido de fundamental importância para subsidiar os agricultores na escolha de híbridos de melhor estabilidade de produção e dotados de atributos agronômicos desejáveis, em sistemas de produção que procuram explorar todo o potencial da cultura (CARDOSO et al. 2004).

Nas regiões Nordeste e Sul, por exemplo, a temperatura é o fator mais limitante, no processo da germinação, as temperaturas ideais do solo para a cultura de milho devem estar entre 25 e 30° C, sendo que temperaturas do solo inferiores a 10° C ou superiores a 40° C podem ocasionar prejuízo sensível à germinação. Por ocasião da floração, temperaturas médias superiores a 26° C aceleram o desenvolvimento dessa fase, e as inferiores a 15,5° C o retardam. Cada grau acima da temperatura média de 21,1° C nos primeiros 60 dias após a semeadura pode acelerar o florescimento entre dois e três dias (LADAU; MAGALHÃES; GUIMARÃES, 2009). A figura 14 representa a produção de milho no estado do Maranhão.

**Figura 14:** Produção de milho no estado do Maranhão



Fonte: Ipeadata, 2010.

Por razões essencialmente econômicas, o milho tem sido plantado principalmente no período chuvoso, uma vez que a cultura demanda um consumo mínimo de 350-500 mm para garantir uma produção satisfatória sem necessidade de irrigação. Em condições de clima quente e seco, a cultura do milho raramente excede um consumo 3 mm/dia de água; já no período que vai da iniciação floral à maturação (planta em torno de 30 cm de altura), o consumo pode atingir 5 a 7 mm/dia (LADAU; MAGALHÃES; GUIMARÃES, 2009).

## 4. CONCLUSÃO

Este trabalho caracterizou a diminuição de precipitação e aumento de temperatura para o município de Barra do Corda no Estado do Maranhão. No entanto, o Maranhão por ser um estado que possui grande oferta de água, estrategicamente possui excedente para a manutenção de grande parte de suas culturas. No entanto, atentar para as mudanças ocorridas no clima da região é de extrema importância para planejar cenários futuros, especialmente quanto à necessidade de utilização de água, gestores, comunidades, produtores e profissionais da área podem ter em suas mãos ferramentas que os auxiliem nas estratégias a serem elaboradas para superar futuros cenários de escassez de água.

## Referências

- ARNHOLD, E. et al. Produtividade de híbridos de milho em região de fronteira agrícola no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.5, n.4, p.468-473, Out.-dez., 2010. Recife, PE.
- BANDEIRA, M. M. et al. Uma Análise da Seca na Paraíba. **V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2000.
- CARDOSO, M. et al. Estabilidade Produtiva de Híbridos e Variedades de Milho no Meio-Norte Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 167-172, 2004.
- CONAB. **Indicadores da agropecuária**. Ano 1, n. 1. Brasília, Novembro- 2010.
- CRUZ, J. C. et al. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistemas de Produção, 2. 6ª edição Set./2010.



GRAEF, F.; HAIGIS, J. Spatial and temporal rainfall variability in the sahel and it's effects on formen man-  
agement strategies. **Journal of Arid Environments**, v.48, p.221-231, 2001.

IBGE. 2008. **Produto Interno Bruto**. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/pesquisas> > Acesso em: 25 de Agosto de 2019.

IBGE. 2015. **Censo populacional**. Disponível em< <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=notas-tecnicas> > Acesso em: 25 de Agosto de 2019.

LANDAU, E. C.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, D. P. **Relações com o clima**. 2009. Disponível em < [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_17\\_168200511157.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html) > Acesso em: 25 de Agosto de 2019.

MENDONÇA, F. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

NASCIMENTO, S. R. et al. Variabilidade da Precipitação Pluvial e da Temperatura do Ar em Ribeirão Preto (SP). **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina** – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo.

PNUD. 2006. **Relatório do desenvolvimento humano**. Disponível em < <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/idh/relatorios-de-desenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-20006.html> > Acesso em: 25 de Agosto de 2019.

RICCE, W. S. Análise De Tendências Na Temperatura E Precipitação Em Londrina, Estado Do Paraná. **XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia** – 22 a 25 de setembro de 2009 – Belo Horizonte – MG.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução a Climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VIANELLO, R. L. **A estação meteorológica e seu observador**. Instituto Nacional de Meteorologia, 2011.



# **VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR NO ESTADO DO MARANHÃO**

*FEASIBILITY OF THE USE OF SOLAR ENERGY IN THE STATE OF  
MARANHÃO*

**Andréa Karla Câmara Lopes**  
**Layse Lorena Neves Sales**  
**Eduardo Mendonça Pinheiro**  
**Debora Danna Soares da Silva**  
**Darllan Weskley Sousa Silva**

## Resumo:

Neste trabalho objetivou-se identificar o potencial econômico e ambiental da utilização da energia solar fotovoltaica no Estado do Maranhão. O Estado se destaca no Brasil como um dos mais promissores na geração de energia limpa, apresentando grande potencial energético a partir de fontes solares. A localização geográfica do Maranhão, dois graus da linha do equador, confere incidência de raios solares o ano todo, com média de insolação diária de 5,5 kw/h/m<sup>2</sup>. Existem diversos benefícios econômicos e ambientais que estão ajudando a impulsionar o crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil. A energia solar pode fomentar cadeias produtivas, gerando empregos e evitando a emissão dos gases do efeito estufa. Apesar de apresentar condições climáticas favoráveis para o investimento no setor de energia solar, o Estado do Maranhão possui poucas empresas do setor fotovoltaico se comparado a Estados como São Paulo e Minas Gerais, limitando a população ao acesso a informações e a serviços que possibilitem produzir sua própria energia. Em número de conexões por Estado, o Maranhão ocupa o 16º lugar, contando com 126 imóveis com geração solar, todos localizados na capital São Luís. Existem lugares de difícil acesso no interior do Estado que não podem ser atendidos pela rede convencional de energia elétrica. Uma estratégia de atendimento a esses povoados remotos é a eletrificação através de sistemas descentralizados de energia fotovoltaica, regulamentados pela ANEEL em 2004. A ampliação do uso da energia solar no Maranhão além dos benefícios ambientais resultaria em economia para o consumidor, diminuindo os custos pela utilização da energia elétrica convencional.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica, Irradiação, Precipitação Pluvia

## Abstract:

The objective was to identify the economic and environmental potential of the use of photovoltaic solar energy in the state of Maranhão. The state stands out in Brazil as one of the most promising in the generation of clean energy, presenting great energy potential from solar sources. The geographic location of Maranhão, two degrees of the equator line, gives an incidence of solar rays all year round, with a daily average sunshine of 5.5 kw/h/m<sup>2</sup>. There are several economic and environmental benefits that are helping to boost the growth of solar photovoltaic energy in Brazil. Solar energy can foster productive chains, generating jobs and avoiding the emission of greenhouse gases. Despite having favorable climatic conditions for investment in the solar energy sector, the state of Maranhão has few companies in the photovoltaic sector compared to states such as São Paulo and Minas Gerais, limiting the population to access information and services that make it possible to produce their own energy. In terms of number of connections per state, Maranhão occupies the 16th place, counting on 126 properties with solar generation, all located in the capital São Luís. There are places that are difficult to reach inside the State that can't be served by the conventional electric power grid. One strategy of serving these remote settlements is electricity through decentralized photovoltaic systems, regulated by ANEEL in 2004. The expansion of the use of solar energy in Maranhão besides the environmental benefits would result in savings for the consumer, reducing the costs for the use of conventional electricity.

**Key-words:** Photovoltaic Energy, Irradiation, Rainfall.





## 1. INTRODUÇÃO

A energia proveniente do Sol vem sendo apropriada pelo homem ao longo de toda a sua história. Através dele, por exemplo, são supridas necessidades básicas aquecimento, iluminação e alimentação. No entanto, o uso do Sol como fonte direta para a produção de eletricidade é relativamente recente, datando meados do século passado. Com esta finalidade, distinguem-se duas tecnologias de geração: a fotovoltaica e a heliotérmica.

As duas tecnologias combinadas representam uma parcela pequena da matriz energética global, mas merecem destaque especial pelas suas perspectivas positivas. "A rápida expansão da capacidade instalada nos últimos anos, atrelada a forte redução de custos; o imenso potencial técnico de aproveitamento; e o fato de não emitirem poluentes durante a sua operação, fez com que o mundo voltasse sua atenção para a energia solar como alternativa de suprimento elétrico" (TOLMASQUIM, 2016, p.310).

O Brasil possui expressivo potencial para a geração de energia elétrica a partir de fonte solar, contando com níveis de irradiação solar superior ao de países onde projetos para aproveitamento de energia solar são amplamente disseminados, como Alemanha, França e Espanha (NASCIMENTO, 2017).

Ainda segundo Tolmasquin (2016), o Brasil está situado em uma região com incidência mais vertical dos raios solares. Essa condição favorece elevados índices de irradiação em quase todo o território nacional. Adicionalmente, a proximidade à linha do Equador faz com que haja pouca variação na incidência solar ao longo do ano. Dessa forma, mesmo no inverno pode haver bons níveis de irradiação. Essas condições conferem ao país algumas vantagens para o aproveitamento energético do recurso solar. Lima (2015) afirma que o Nordeste apresenta elevados valores de médias anuais de temperatura do ar, que variam de 20 a 28°C, em virtude da alta incidência de radiação solar, que lhe confere o maior potencial de energia solar disponível no Brasil.

Existem diversos benefícios econômicos e ambientais que estão ajudando a impulsionar o crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil. A energia solar pode fomentar cadeias produtivas, gerando empregos e evitando a emissão dos gases do efeito estufa. O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica no Estado do Maranhão e averiguar os aspectos ambientais e econômicos que podem ampliar a geração dessa energia renovável no Estado.

## 2. METODOLOGIA

A ilha de São Luís do Maranhão fica localizada no extremo norte do Brasil, (Figura 1) e segundo a Secretaria de Estado de Minas e Energia (2017), o Maranhão, por sua posição geográfica (dois graus da linha do equador) constitui-se um dos



Estados mais promissores na geração de energia limpa, apresentando grande potencial energético a partir de fontes solar, eólica, biomassa e maremotriz. O Estado do Maranhão apresenta a média de insolação diária de 5,5 kw/h/m<sup>2</sup>.



Figura 1. Mapa de radiação solar no Brasil  
Fonte: Solargis, 2011

Para o alcance dos objetivos fez-se um levantamento de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os quais foram organizados em gráficos e tabelas, criando-se linhas de tendência e médias de períodos de 10 anos. Optou-se, ainda, por um levantamento bibliográfico, utilizando-se os termos de busca “energia fotovoltaica” e “energia solar e Maranhão”, considerando apenas artigos publicados entre os anos de 2000 a 2017 no Google Acadêmico e na base de dados indexados Scielo. Foram utilizados também dissertação de mestrado da Universidade federal do Maranhão do ano de 2017; tese de doutorado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do ano de 2015 e dados coletados através de entrevista aplicada ao Secretário Adjunto da Secretaria de Estado de Minas e Energia do Maranhão (SEME) no período de outubro de 2017.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

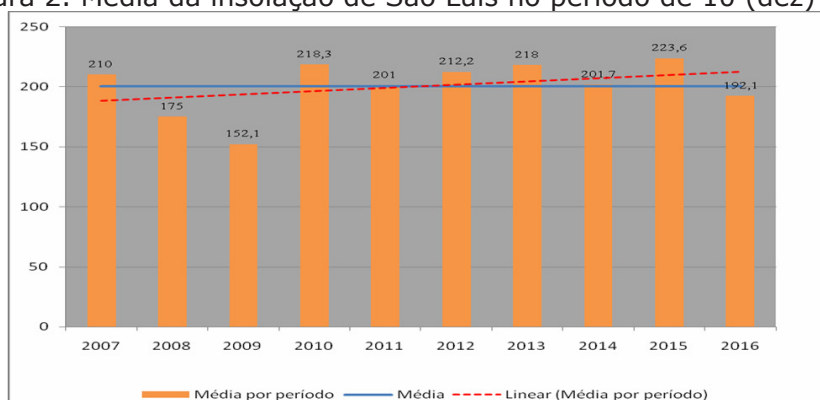
De acordo com Simões (2016), o Maranhão é um dos melhores lugares do Brasil para a geração de energia solar. Segundo Lima (2016), o Estado situa-se a dois graus da linha do equador, com uma incidência de raios solares penetrando na superfície terrestre quase horizontalmente. Para Campos e Alcântara (2016), a forma geométrica e a inclinação da terra fazem com que o sol incida em cada local de forma distinta, por conta disso a melhor captação do nível de insolação incidente em uma localidade será melhor quanto mais próximo a linha do Equador. De

acordo com Tolmasquim (2016), para o aproveitamento fotovoltaico a irradiação de maior interesse é a Global Horizontal ( $H_{HOR}$ ), que quantifica a irradiação recebida por uma superfície plana horizontal, composta pela Irradiação Difusa Horizontal ( $H_{DIF}$ ) e pela Irradiação Direta Normal ( $H_{DIR}$ ). Geograficamente, o Estado do Maranhão possui 217 municípios e é dividido em cinco mesorregiões: Norte Maranhense, Leste Maranhense, Oeste Maranhense, Centro Maranhense e Sul Maranhense (FILHO, 2017).

Para realização do presente trabalho analisou-se as projeções de incidência solar e pluviométrica de 3 municípios do Maranhão, São Luís, Turiaçu e Chapadinha, respectivamente, com isso foi possível determinar a viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica no Estado do Maranhão.

Primeiramente, estudou-se os dados de insolação incidente na capital do Estado, São Luís, no período de dez anos, confeccionado a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nota-se que a média da insolação foi de aproximadamente  $200\text{W}/\text{m}^2$ , apresentando aumento na incidência de raios solares penetrando na superfície terrestre. Os anos de 2008, 2009 e 2016 permaneceram abaixo da média para o período (Figura 2).

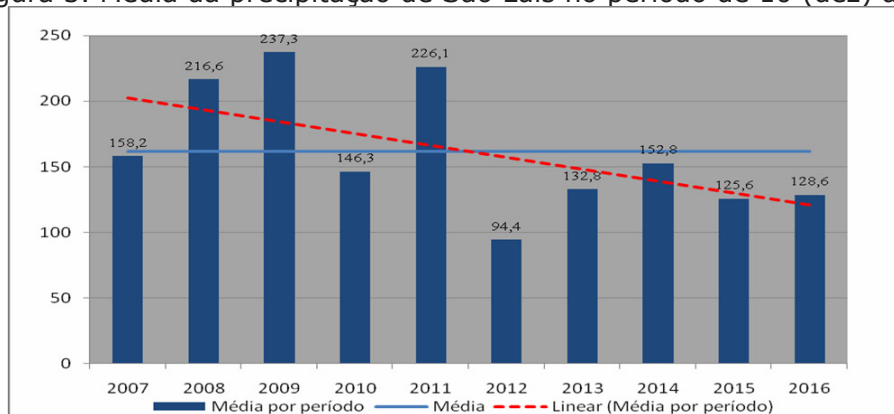
Figura 2. Média da insolação de São Luís no período de 10 (dez) anos



Fonte: adaptado dos dados do INMET

Dados do INMET mostram que nos anos de 2008, 2009 e 2011, houve excedente hídrico em São Luís, fato que tem relação direta com a incidência de raios solares (Figura 3). Souza e Azevedo (2012) indicam que, as mudanças climáticas locais são medidas por análises históricas de variáveis meteorológicas a exemplo da temperatura do ar e da precipitação pluvial. De acordo com as tendências dessas variáveis para um determinado local é observado se ocorrem mudanças no clima.

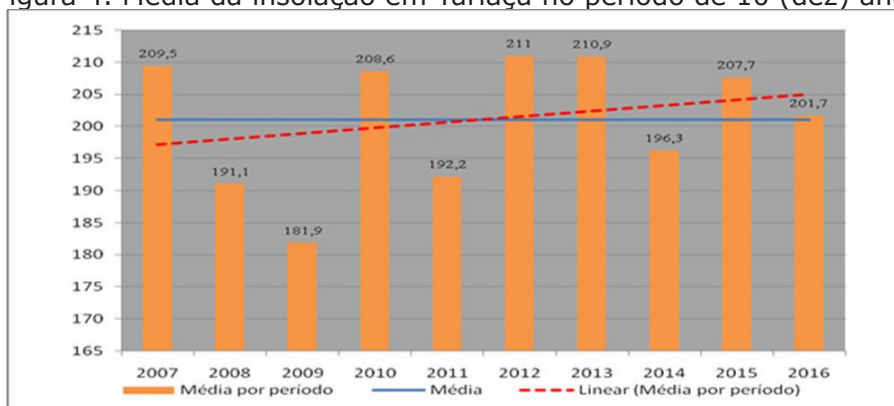
Figura 3. Média da precipitação de São Luís no período de 10 (dez) anos



Fonte: adaptado dos dados do INMET

Quanto ao município de Turiçu, os dados de insolação incidente, no período de dez anos, confeccionado a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mostrou que a média da insolação no município foi de aproximadamente 201W/M<sup>2</sup>, apresentando aumento na incidência de raios solares penetrando na superfície terrestre. Os anos de 2008, 2009 e 2011 e 2014 permaneceram abaixo da média para o período estudado (Figura 4).

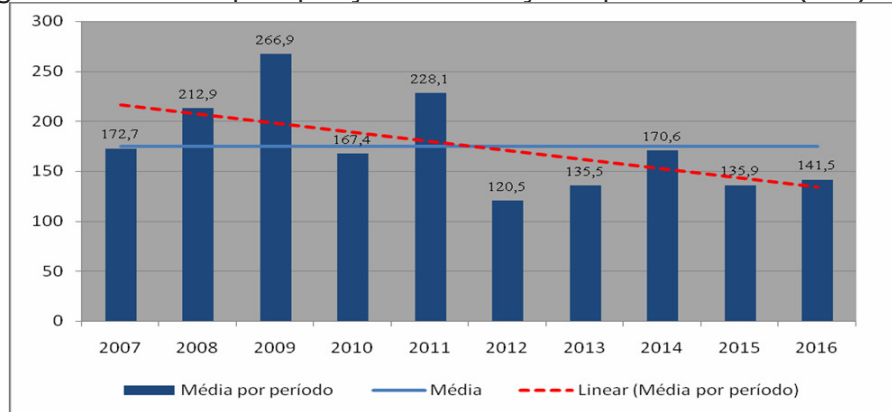
Figura 4. Média da insolação em Turiçu no período de 10 (dez) anos



Fonte: adaptado dos dados do INMET

Dados do INMET mostram que nos anos de 2008, 2009, 2011 e 2014 houve excedente hídrico (Figura 5). Conforme Marques, Pereira e Assis (2000), como a intensidade de radiação solar que atinge uma superfície horizontal é variável, devido à atenuação sofrida ao atravessar a atmosfera, a variação do índice de limpidez mostrará o percentual atenuado em função da presença de nuvens, poeira, poluição e outros. Naturalmente que num dia nublado, a intensidade da radiação solar será menor e, conseqüentemente o valor do índice de limpidez também será menor.

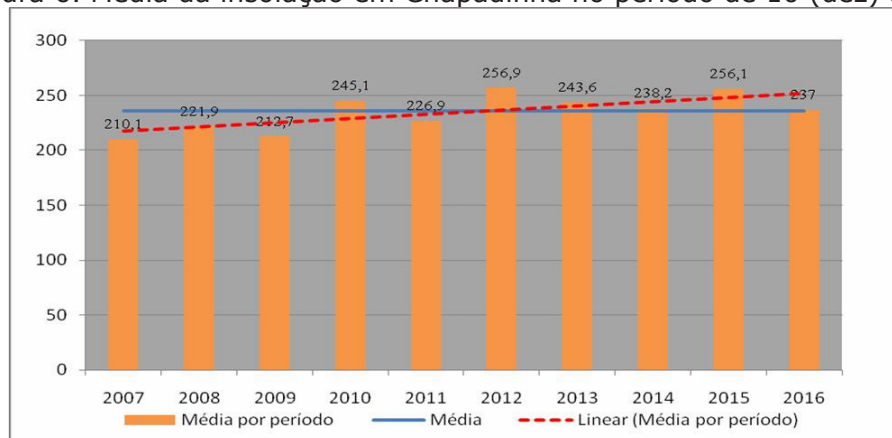
Figura 5. Média da precipitação em Turiacú no período de 10 (dez) anos



Fonte: adaptado dos dados do INMET

Por fim, os dados de insolação incidente no município de Chapadinha, no período de dez anos, confeccionado a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apresentou que a média da insolação foi de aproximadamente  $235\text{W}/\text{m}^2$ , apresentando aumento na incidência de raios solares penetrando na superfície terrestre. Os anos de 2007, 2008, 2009 e 2011 permaneceram abaixo da média do período (Figura 6).

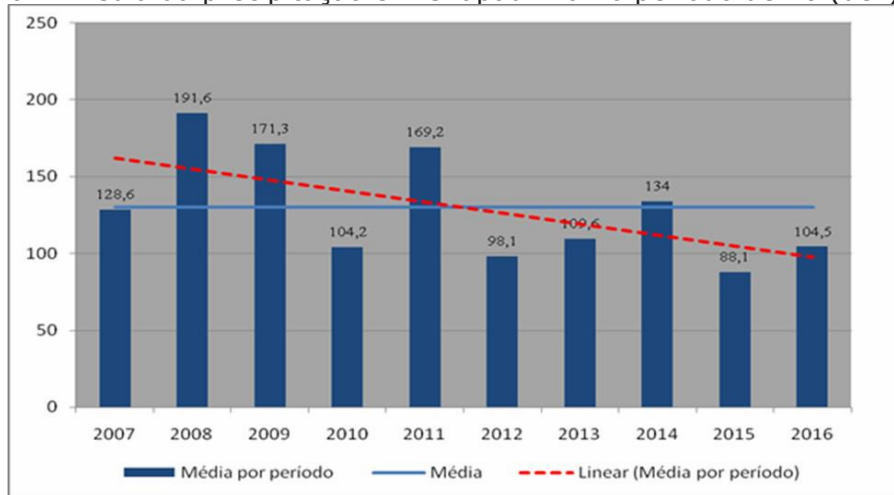
Figura 6. Média da insolação em Chapadinha no período de 10 (dez) anos



Fonte: adaptado dos dados do INMET

Dados do INMET mostram que nos anos de 2008, 2009, 2011 e 2014 houve excedente hídrico (Figura 7). Para Marques, Pereira e Assis (2000), a presença de nebulosidade, acompanhada de precipitação reduz a radiação solar global.

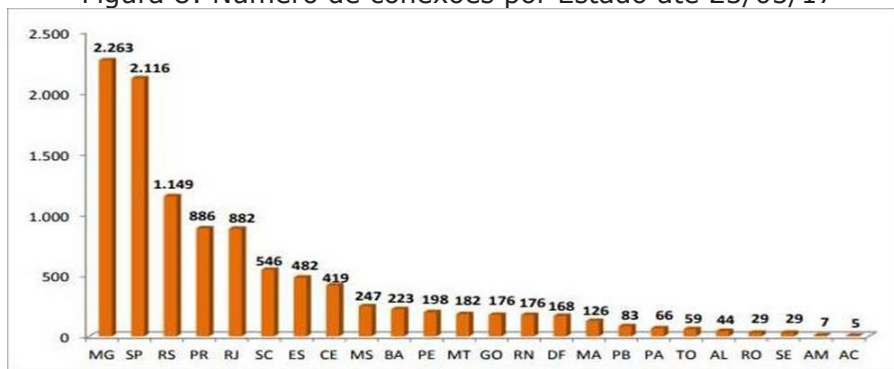
Figura 7. Média da precipitação em Chapadinha no período de 10 (dez) anos



Fonte: adaptado dos dados do INMET

Nos três municípios analisados, houve um crescente na incidência de insolação, apesar de alguns anos apresentarem déficit. Para Rocha et al. (2014) apud Vieira (2009), o Estado do Maranhão, assim como todo o país possui grande parte da sua capacidade elétrica vinda das hidrelétricas, estima-se que 97,5% sejam de geração de hidrelétrica e quase que integralmente toda a energia gerada provém da usina Hidroelétrica de Tucuruí (PA). No Maranhão, conforme mostra a Figura 8, apesar do potencial do recurso energético solar, a utilização da fonte de energia fotovoltaica ainda é incipiente. A maior concentração de sistemas de micro e minigeradores no país encontra-se no Estado de Minas Gerais. Segundos dados da Aneel (2017), o Estado conta com 126 imóveis com geração solar, todos localizados na capital São Luís.

Figura 8: Número de conexões por Estado até 23/05/17



Fonte: ANEEL (2017)

A microgeração de energia deixou de ser uma atividade centralizada e de exclusividade de médias e pequenas empresas. Em junho de 2016, o Brasil ultrapassou de 2.700 microgeradores individuais, um aumento de 44% na comparação com dezembro de 2015, segundo a Associação da Indústria de Cogeração de Energia. A potência instalada já é de 27 MW, suficiente para abastecer aproximadamente 20 mil habitantes. A maioria dos microgeradores (cerca de 90%) é representado pela energia solar fotovoltaica, sendo que quase todos instalados em residências (DUARTE, 2017).



O Governo Federal, por meio da Lei nº 13169, isentou o PIS e o COFINS a energia solar injetada na rede, representando um incentivo ao setor para melhorar ainda mais a viabilidade para instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaica pelos consumidores. O convênio ICMS nº 16/2015 autoriza os governos estaduais a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sobre a energia injetada na rede e no sistema de compensação na microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica. A Secretaria de Estado da Fazenda do Maranhão (SEFAZ) apresentou no dia 20 de novembro de 2015 a Resolução Administrativa nº 24/2015 que isenta o ICMS até 2021 para aquisição de equipamentos por empresas e consumidores que pretendem investir em projetos de geração de energia solar e eólica no Maranhão.

Referente à quantidade de empresas neste segmento no Brasil, foram levantados os dados disponíveis no Portal América do Sol até o mês de agosto de 2017. Na tabela 01 é apresentado o levantamento quantitativo detalhado de empresas do setor fotovoltaico no país por região neste período.

Tabela 1- Quantitativo de empresas por região

REGIÃO	ESTADO	QUANTIDADE DE EMPRESAS
SUDESTE	São Paulo	419
	Rio de Janeiro	166
	Espírito Santo	51
	Minas Gerais	284
	TOTAL REGIÃO SUDESTE	920 empresas
SUL	Paraná	134
	Rio Grande do Sul	175
	Santa Catarina	123
	TOTAL REGIÃO SUL	432 empresas
NORDESTE	Maranhão	17
	Piauí	5
	Ceará	46
	Paraíba	23
	Pernambuco	52
	Alagoas	16
	Sergipe	24
	Bahia	76
	Rio Grande do Norte	29
	TOTAL REGIÃO NORDESTE	288 empresas

NORTE	Amazonas	11
	Roraima	3
	Amapá	4
	Pará	202
	Tocantins	13
	Rondônia	10
	Acre	3
	TOTAL REGIÃO NORTE	246 empresas

CENTRO-OESTE	Mato Grosso	46
	Mato Grosso do Sul	17
	Goiás	64
	Distrito Federal	44
	TOTAL DA REGIÃO CENTRO-OESTE	171 empresas

Fonte: Adaptado de América do Sol (2017)

Apesar de apresentar condições climáticas favoráveis para o investimento no setor de energia solar, o Estado do Maranhão possui apenas 17 empresas do setor fotovoltaico cadastradas no Portal América do Sol (2017), limitando a população ao acesso a informações e a serviços que possibilitem produzir sua própria energia. À medida que se restringe tais informações, limita-se ampliação do negócio, não atingindo novos clientes. Segundos dados da Aneel (2017), a tarifa de energia praticada pela Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) é a segunda mais alta do país (R\$ 0,562 kWh), perdendo apenas para as centrais elétricas do Pará (CELPA), cujo kWh custa R\$ 0,599. A adoção do sistema fotovoltaico promoveria uma redução significativa na conta do consumidor.

A energia elétrica é um serviço público essencial e de responsabilidade do poder público. O acesso gratuito a esse serviço é um direito de todo cidadão que o solicitar à distribuidora na forma estabelecida pela Lei da Universalização (Lei nº 10.438/2002), em prazos regulamentados pela Aneel. Para antecipar os prazos foi criado o programa Luz para Todos em 2003. No entanto, nem todas as comunidades tradicionais podem ser atendidas pela rede convencional, pois, várias delas situam-se em lugares de difícil acesso. Uma estratégia de atendimento a povoados remotos no interior do Estado do Maranhão é a eletrificação através de sistemas descentralizados de energia fotovoltaica, regulamentados pela Aneel em 2004. Segundo Simões (2016), o Maranhão é um dos Estados mais promissores para o desenvolvimento de energia solar, que no último ano cresceu 300% no Brasil.

Através de entrevista junto a Secretaria de Estado de Minas e Energia do Maranhão, o então Secretário Adjunto relatou que existe em alguns agropolos sistemas de captação de energia solar para irrigação de plantações no Estado do Maranhão, estes sistemas foram implantados por meio de parceria entre a Secretaria de Estado de Minas e Energia (SEME) e as Secretarias de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca (SAGRIMA) e da Agricultura Familiar (SAF). Até agora foram contemplados para



o projeto uma associação de hortigranjeiros no município de Raposa e um piscicultor em Panaquatira. A iniciativa fortalece a agricultura familiar e desonera a produção dessas comunidades rurais na obtenção de energia, fomentando o crescimento econômico local.

Segundo Alvarenga Ferreira e Fortes (2014), os sistemas fotovoltaicos autônomos para bombeamento de sistemas de irrigação têm se tornado cada vez mais uma opção economicamente competitiva para o pequeno produtor rural-agricultura familiar, sobretudo nas populações localizadas em áreas remotas. Além de possibilitar alavancar este segmento rural é uma alternativa de desprezível impacto ambiental, permitindo que o pequeno agricultor intensifique a sua produção.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Maranhão é um estado promissor na geração de energia solar fotovoltaica. Sendo beneficiado pela larga irradiação solar durante todo o ano, em virtude de sua localização geográfica privilegiada. Apesar da viabilidade ambiental do estado, a energia solar fotovoltaica necessita de maiores investimentos, incentivos governamentais e legislação específica para a sua utilização em larga escala. O número de empresas maranhenses do setor fotovoltaico é reduzido, se comparado a Estados como Minas Gerais e São Paulo, o que limita o acesso da população às informações e serviços que oportunizem a produção de energia. A ampliação do uso da energia solar no Maranhão diminuiria a necessidade do uso da energia elétrica da rede convencional e minimizaria a inflação nas contas. O Estado necessita da disposição de empreendedores para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva capaz de suprir as expectativas de um mercado que possui características ainda em fase de amadurecimento.

#### Referências

ALVARENGA, A.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia Solar Fotovoltaica: Uma aplicação na irrigação da agricultura familiar. **Revista Sinergia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311-318, 2014. Disponível em: <<http://www2.ifsp.edu.br/edu/prp/sinergia/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

AMÉRICA DO SOL. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 2017. Disponível em: <<http://app.americadosol.org/redesolar/>>. Acesso em: 30 de agosto de 2017.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Nota Técnica Nº 0056/2017. Dispõe sobre a atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024. 2017.

BRASIL. Convênio federal ICMS Nº 16 de de abril de 2015. Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 abr. 2015.

BRASIL, Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial



da União, Brasília, DF, 27 abr. 2002

BRASIL. Lei nº 13.169 de 06 de outubro de 2015. Dispões sobre a redução das alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para microgeração e minigeração distribuída, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 out. 2015.

CAMPOS, M. S.; ALCÂNTARA, L.D.S. Interpretação dos Efeitos de Tempo Nublado e Chuvoso Sobre a Radiação Solar em Belém/PA Para Uso em Sistemas Fotovoltaicos.. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.l.], v. 31, n. 04, p. 570-579, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

DUARTE, N. **Microgeração de energia cresce 44% em 2016**. 2016. Disponível em: <<http://delevyso-lar.com.br/2016/06/29/fonte-solar-pode-chegar-13-da-matriz-mundial-em-2030/>>. Acesso em : 13 set. 2017.

FILHO, J.R.S.M. **Análise de Viabilidade Econômica do Mercado de Microgeração Fotovoltaica On Grid no Estado do Maranhão**. 2017. Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 25 de agosto de 2017.

LIMA, F.J.L. **Previsão de Irradiação Solar no Nordeste do Brasil Empregando o Modelo WRF Ajustado por Redes Neurais Artificiais (RNAs)**. 2015. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

LIMA, S. **Especialistas apontam o Maranhão como potência na geração de energia solar**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2016/11/especialistas-apontam-o-ma-como-potencia-na-geracao-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

MARQUES, K.; PEREIRA, T.P.; ASSIS, S.V. Análise do Comportamento Mensal do Índice de Limpidez. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, edição XI. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2000.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. Brasília, 2017.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar** . 1ª. ed. São José dos Campos: INPE, 2006.

REDE MIRANTE. Energia no Maranhão sofrerá aumento de 13,21%. **O Estado do Maranhão**, M a - ranhão, 23 ago. 2017. Disponível em: <<http://imirante.com/oestadoma/noticias/2017/08/23/energia-no-maranha-sofrera-aumento-de-13-21-no-dia-28.shtml>>. Acesso em 24 de set. de 2017.

ROCHA, L. S. et al. O potencial de Geração de Energia Fotovoltaica Integrada a Rede Pública de Distribuição: Um exemplo de Açailândia para o Maranhão. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [S.l.], v. 03, n. 10, p. 107-127, 2014. Disponível em: <[http://revistas.ufpr.br/rber/article/view/37513/pdf\\_17](http://revistas.ufpr.br/rber/article/view/37513/pdf_17)>. Acesso em: 01 novembro 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E ENERGIA DO MARANHÃO. **Energia Renovável**. Disponível em: <<http://www.seinc.ma.gov.br/areas-de-atuacao/energia-renovavel/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA DO MARANHÃO. Resolução Administrativa nº 24 de 19 de novembro de 2015. Dispõe sobre a isenção do imposto nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica. Diário Oficial do Maranhão, São Luís, MA, 25 nov. 2015.

SIMÕES, F. **Especialistas apontam o Maranhão como potência na geração de energia solar**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2016/11/especialistas-apontam-o-ma-como-potencia-na-geracao-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 30 agosto 2017.

SOUZA, W. M.; AZEVÊDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v.05, n. 01, p. 143-159, 2012. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/view/305>>. Acesso em: 25 outubro 2017

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro:



Empresa de Pesquisa Energética, 2016.



## AUTORES PRINCIPAIS

### **Andréa Karla Câmara Lopes**

Graduada em Turismo pela Faculdade Atenas Maranhense-FAMA (2005). Graduada em Engenharia Ambiental pela Faculdade Pitágoras São Luís. Atualmente é estagiária na justiça do trabalho - Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região.

<http://lattes.cnpq.br/2741824634820933>

### **Debora Danna Soares da Silva**

Mestranda em Tecnologia e Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, IFCE. Pós-Graduação em andamento em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental (ESCA) na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) Pós-Graduação em andamento em Saneamento e Saúde Ambiental (CESSA) na Universidade Federal de Goiás (UFG) Graduação em Engenharia Ambiental pela Faculdade Pitágoras - São Luís/MA (2017). Já atuou como consultora de saneamento para o Instituto Peabiru e UNICEF.

<http://lattes.cnpq.br/8673315906922148>

### **Gilson Campos Ferreira da Cruz**

Bacharel e Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1987), mestre em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus Presidente Prudente (1999) e doutor em Ciências, área de concentração Geografia Física pela Universidade de São Paulo (2009). Atualmente é professor adjunto, lotado no Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Com atuação na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física, Climatologia Geográfica e Geoecologia, desenvolve trabalhos com temas como: climatologia, clima urbano, mudanças climáticas, resíduos sólidos, aterro sanitário, coleta seletiva, reciclagem, economia solidária, associativismo e projeto rondon.

<http://lattes.cnpq.br/0358591955561684>





## **Ingrid Nicolly Oliveira Lyra**

Atualmente bolsista do programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC); Graduanda em Música Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA e Graduanda em Engenharia Ambiental pela Faculdade Pitágoras de São Luís.

<http://lattes.cnpq.br/1224679124866592>

## **João Paulo Silva Monteiro**

Possui graduação em Tecnologia em Biotecnologia pela Universidade Federal do Paraná - PR (2016). Mestrando em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Teve formação complementar em Biotecnologia por intercâmbio internacional em 2015/2016 realizado na Universidade de Évora - Évora, Portugal, sendo Bolsista do programa mobilidade acadêmica ARI - UFPR.

<http://lattes.cnpq.br/3767669644720775>

## **Juliano dos Santos**

É graduado em Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura) pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel (2002). Possui mestrado em Fitossanidade, Área de Concentração em Fitopatologia pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel (2006) e doutorado em Agronomia/Fitopatologia pela Universidade Federal de Lavras - UFLA (2009). Realizou Pós-doutorado (PDJ-CNPq), atuando junto ao Departamento de Fitossanidade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (2009-2010). De 2010 a 2014 atuou como pesquisador colaborador na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Foi professor visitante no Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão - UFMA (2015-2017), atuando também neste período como professor no Departamento de Biologia. Atualmente é professor substituto no Centro de Ciências Humanas, Naturais, da Saúde e Tecnologias da Universidade Federal do Maranhão CCHNST/UFMA, onde ministra disciplinas da área de Botânica. Vem realizando pesquisas com foco na diversidade e taxonomia de fungos em plantas, na prospecção de fungos e plantas com capacidade de biodegradação de xenobióticos, e na biotividade de extratos de plantas e fungos. Tem experiência nas áreas das Ciências Agrárias e Biológicas, com ênfase em Micologia, Fitopatologia e Botânica.

<http://lattes.cnpq.br/7345271227384030>



## **Mylca Costa de Oliveira**

Atualmente, graduando em Ciências Biológicas - Licenciatura, pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, Campus Imperatriz. Experiência em iniciação científica na área de Genética e Biologia molecular voltada para Conservação de Biodiversidade.

<http://lattes.cnpq.br/6268825883908724>

## **Nágela Maria Henrique Mascarenhas**

Doutoranda em Engenharia Agrícola , na área de Construções Rurais e Ambiente, pelo programa de Pós-graduação em Engenharia agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CRNT, Campus Campina Grande). Mestre em Ciência Animal, pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CSTR, Campus Patos), na linha de pesquisa de Produção e Sanidade Animal, ênfase em Bioclimatologia Animal. Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Federal do Ceará/ Universidade Federal do Cariri. Experiência na área de zootecnia e agronomia, com ênfase em bioclimatologia animal, zootecnia de precisão, produção e reprodução animal, formação de pastagens, geoprocessamento e sensoriamento remoto. Bolsista pelo CNPq. Atualmente do Membro do Núcleo de Pesquisa em Bioclimatologia no Semiárido (NUBS - Campus Patos). Ex-bolsista de Programa de Iniciação a Docência (Atividades integradas a Zootecnia). Ex-bolsista do Programa de Extensão LEMGE, Laboratório de Estatística, Modelagem e Geoprocessamento. Ex-estagiária do Laboratório de Tecnologia de Produtos (LTP - UFCA).

<http://lattes.cnpq.br/0971881401771176>

## **Rafiza Najara Pereira Costa**

Formada em Técnico em Meio Ambiente. Graduada em engenharia ambiental pela Faculdade Pitágoras.

<http://lattes.cnpq.br/4248841875859913>



## Rodrigo Couto Santos

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1999) , mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2001) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (2007). Atualmente é professor Efetivo da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) na área de Construções Rurais e Ambiente. Tem experiência na área de Engenharia, com ênfase em Construções Rurais e Ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: conforto térmico, ambiente, materiais e técnicas construtivas, sustentabilidade no desenvolvimento rural, monitoramento ambiental, produção animal, rastreabilidade, e desenho técnico. Possui também conhecimentos na área de Engenharia de Segurança do Trabalho, nos temas: proteção do meio ambiente e prevenção e combate a incêndios. Além disso, possui formação complementar em Administração e Educação Ambiental. Já ocupou vários cargos de responsabilidade como Chefia de Departamento e Coordenadoria de Pós-Graduação. Trabalhou com marketing educacional e desenvolvimento institucional. Possui várias publicações, orientações e pesquisas a nível de graduação e pós-graduação. Aprovado em primeiro lugar em 3 concursos federais para Professor Doutor.

<http://lattes.cnpq.br/5095665671742234>



## ORGANIZADORA



### **Camila Pinheiro Nobre**

Bolsista de Fixação de Doutor - UEMA/ Programa de Pós Graduação em Agroecologia. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2008), mestrado em Agronomia

(Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2011) e doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2014). Foi bolsista de pós doutorado CAPES/PVE da Universidade Estadual do Maranhão de 2015 a 2016. Atuou como professora substituta do Departamento de Química e Biologia da Universidade Estadual do Maranhão ministrando as disciplinas de Microbiologia, Microbiologia Ambiental e Diversidade de Micro-organismos. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Fungos micorrízicos arbusculares - identificação morfológica e ecologia; Micorrizas - aplicação e eficiência. E-mail: [camila-nobre@twamf.com](mailto:camila-nobre@twamf.com). ORCID: 0000-0001-8137-7456; ResearcherID: L-4252-2014; Scopus Author ID: 55847138300



## **Sinopse**

O livro Estudos Biológicos e Ambientais do Brasil tem como objetivo apresentar e difundir pesquisas realizadas por diversos grupos de pesquisadores de Instituições de ensino superior de várias regiões do país com resultados interessantes tanto para a comunidade científica quanto para o público geral. Neste primeiro volume composto por 11 capítulos são abordado temas como produção de bioetanol, armazenamento de água, efeitos dos agrotóxicos no solo e biorremediação, efeito da temperatura na vegetação, impactos ambientais, produção animal e energia solar.

## **Aplicação**

A obra destina-se a estudantes, docentes e pesquisadores voltados para as áreas de ciências biológicas, ciências ambientais, engenharia ambiental e engenharia agrícola que queiram aprofundar seu conhecimento técnico científico nesta valiosa contribuição de difusão científica.

