



EDITORA
UEMASUL

ANAIIS



VII SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E
BIOECONOMIA FLORESTAL**

**CURSO DE ENGENHARIA
FLORESTAL DA UEMASUL**



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

Anais da VII Semana de Estudos Florestais - SEF

Curso de Engenharia Florestal - UEMASUL



Anais da VII Semana de
Estudos Florestais - SEF
Curso de Engenharia Florestal - UEMASUL



EDITORA
UEMASUL

2025

S471a Semana de Estudos Florestais – SEF (7 : 2025 : Imperatriz)

Anais da VII Semana de Estudos Florestais: Mudanças Climáticas e Bioeconomia Florestal, 1 a 4 de abril de 2025, Imperatriz / Coordenação Geral de Joabel Raabe. [realização Curso de Engenharia Florestal UEMASUL] Imperatriz: EDUEMASUL, 2025.

204 p. : il. [Organizadores: Dalton Henrique Angelo, Jaqueline Macedo Gomes, Joabel Raabe, Michael Douglas Roque Lima Nova, Nisângela Severino Lopes Costa, Patrícia Ferreira Cunha Sousa, Thatyane Pereira De Sousa.]

ISBN 978-65-89274-21-6

1. Engenharia Florestal. 2. Ecologia – Florestas nativas e plantadas. 3. Bioeconomia - Produtos florestais. I. Título. II. Imperatriz, MA.

CDU 630:502

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

UEMASUL



COORDENAÇÃO GERAL

Prof. Dr. Joabel Raabe

ORGANIZAÇÃO DO EVENTO (Docentes)

Prof. Me. Dalton Henrique Angelo

Profa. Dra. Jaqueline Macedo Gomes

Prof. Dr. Joabel Raabe

Prof. Dr. Michael Douglas Roque

Prof. Dra. Nisângela Severino Lopes Costa

Profa. Dra. Patrícia Ferreira Cunha Sousa

Profa. Dra. Thatyane Pereira De Sousa

ORGANIZAÇÃO DO EVENTO (Discentes)

Argel Costa Sousa

Camylle Vieira Brito Da Silva

Daniel Brito Araújo

Gabriele Silva Gomes

Guilherme Medeiros Martins

Izabela Rabelo Da Silva Vieira

Rafael Silva Dos Santos

Rafaella Dos Santos Rodrigues

Wendley Gustavo Clemente de Souza

COMISSÃO TÉCNICO CIENTÍFICA

Profa. Dra. Thatyane Pereira De Sousa

Gabriele Silva Gomes

AVALIADORES

Profa. Dra. Chaiane Rodrigues Schneider

Prof. Me. Dalton Henrique Angelo

Prof. Me. Jonathan Dos Santos Viana

Profa. Me. Kalyne Pereira Miranda Nascimento

Dra. Kmila Gomes da Silva

Prof. Dr. Michael Douglas Roque

Profa. Dra. Patrícia Ferreira Cunha Sousa

Profa. Dra. Thatyane Pereira De Sousa

Prof. Dr. Roldao Carlos Andrade Lima

ESTRUTURA DE GESTÃO DA UEMASUL

Reitora

Profa. Dra. Luciléa Ferreira Lopes Gonçalves

Vice-Reitora

Profa. Dra. Lilian Castelo Branco de Lima

Pró-Reitora de Gestão e Sustentabilidade e Acadêmica (PROGESA)

Profa. Dra. Márcia Suany Dias Cavalcante

Pró-Reitor Exensão e Assistência Estudantil (PROEXAE)

Prof. Dr. José Milton Lopes Pinheiro

Pró-Reitora de Planejamento e Administração (PROPLAD)

Prof. Dr. José Sergio de Jesus Sales

Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROPGI)

Prof. Dr. Allison Bezerra Oliveira

ESTRUTURA DE GESTÃO DO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL - UEMASUL

Direção do Centro de Ciências Agrárias (CCA)

Prof. Dr. Thiago Cunha Rocha

Direção do Curso de Engenharia Florestal

Profa. Dra. Jaqueline Macedo Gomes



SUMÁRIO

01 - ECOLOGIA E ECOFISIOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS

Análise evolucionar das copas dos indivíduos plantados no centro de ciências agrárias da UEMASUL em Imperatriz-MA.	1
Morfometria de frutos de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (Malvaceae)	7

02 - MANEJO DE ECOSISTEMAS DE FLORESTAS NATIVAS E PLANTADAS

A eficiência da adubação verde na recuperação de pastagens degradadas no cerrado Maranhense	12
Análise temporal de uso e cobertura da terra e diagnóstico ambiental do parque municipal Arara azul, Imperatriz-MA	19
Equações de volume para <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC. em plantios no bioma cerrado .	25
Estratégias de recuperação de áreas degradadas pela pastagem no cerrado maranhense	31
Inventário arbóreo do centro urbano de Ipameri-GO: avaliação da diversidade vegetativa	37
Mudanças nos padrões de chuva em Ipameri-GO: uma análise comparativa entre duas climatologias	43
Principais técnicas para restauração de taludes em áreas de mineração da região amazônica no estado do Pará	49
Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta como alternativa de recuperação de solos degradados: uma revisão da literatura	55
Técnicas para restauração em área de preservação permanente (APP) em torno de corpos hídricos no município de Imperatriz-MA	61

03 - TECNOLOGIA DE PRODUTOS FLORESTAIS

Avaliação da qualidade do carvão vegetal comercializado no bairro mercadinho em Imperatriz, Maranhão	66
Efeito de classe diamétrica e posição de amostragem na densidade básica da madeira de <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC. cultivada na região tocantina do maranhão	71
Efeito de diâmetro e posição de amostragem no estoque de carbono em madeiras de desbaste de <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC. cultivada na região tocantina do maranhão.	77
Efeitos de classe diamétrica na anisotropia de <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC. Cultivada na região tocantina do maranhão	83

Floresta de oportunidades: o ensino superior ao seu alcance	89
Qualidade do carvão vegetal comercializado no bairro bacuri em Imperatriz, Maranhão	95
Qualidade do carvão vegetal comercializado no bairro bom sucesso, em Imperatriz, Maranhão	101
Rendimento da laminação de madeira de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby (paricá)	106
Uso potencial de coprodutos de serraria a partir da sua caracterização granulométrica e energética	112

04 - GEOTECNOLOGIA APLICADA AO MONITORAMENTO FLORESTAL

Análise espacial de áreas potenciais para o cultivo de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> no Maranhão	118
Análise por sistemas de informação geográfica da ocupação de uma área de manguezal em São Luís, Maranhão	125
Avaliação de impactos ambientais no parque municipal arara azul, Imperatriz - MA.	131

05 - SILVICULTURA DE ESPÉCIES TROPICAIS

Emergência de plântulas de paricá (<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>) sob influência de Pó de rocha basáltica	137
Potencial de <i>Dipteryx alata</i> Vogel (baru) para implantação em manejo florestal no maranhão	143
Potencial socioeconômico do cedro - rosa (<i>Cedrela fissilis</i> Vell).	149
Potencialidades e limitações silviculturais do mogno brasileiro no maranhão	156
Qualidade silvicultural do componente arbóreo do campus CCA da uemasul em Imperatriz - MA	163
Silvicultura do açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.): técnicas e desafios no contexto brasileiro	169

06 - PLANEJAMENTO DE ESTRADAS, COLHEITA E MECANIZAÇÃO FLOR.

Análise da vibração ocupacional de corpo inteiro na extração mecanizada de madeira com diferentes tipos de grapple skidder	175
Análise química de óleo diesel utilizado na colheita florestal	181

07 - BIOMATERIAIS E BIOECONOMIA

Biorremediação de solo e água contaminados: um estudo de caso	187
Caracterização da umidade e densidade do carvão vegetal de Imperatriz-MA	193
Caracterização energética de coproduto da madeira de <i>Eucalyptus</i> spp. e <i>Corymbia</i> spp.	199



Análise evolucional das copas dos indivíduos plantados no Centro de Ciências Agrárias da UEMASUL em Imperatriz-MA.

Evolutionary Analysis of the Canopies of Individuals Planted at the Center for Agricultural Sciences of UEMASUL in Imperatriz-MA.

PIRES, Ana Beatriz A.¹; NASCIMENTO, Ana Lília de J.¹; GOMES, Josielly G.¹; PIRES, Maria Renata A.¹; FURTADO, Thaís Vitória G.¹; SILVA, Wandson Gabriel de S.¹; SILVA, Luiz Felipe C.¹; RAABE, Joabel¹; SCHNEIDER, Chaiane R.²; ANGELO, Dalton H.¹

¹UEMASUL, ana.pires@uemasul.edu.br; ana.nascimento@uemasul.edu.br; josielly.gomes@uemasul.edu.br; maria.pires@uemasul.edu.br; thais.furtado@uemasul.edu.br; wandson.silva@uemasul.edu.br; luiz.cristiano@uemasul.edu.br; dalton.angelo@uemasul.edu.br; ²UEPA, chaiane.r.schneider@uepa.br;

Eixo Temático: Ecologia e Eco fisiologia de Espécies Arbóreas

Resumo

A arborização do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (CCA-UEMASUL) foi avaliada com o objetivo de analisar o desenvolvimento das árvores plantadas. Os resultados mostraram que o Ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*) apresentou o melhor desempenho geral, com uma copa ampla e bem desenvolvida, enquanto o Jatobá (*Hymenaea courbaril*) apresentou a menor área de copa projetada e assimetria mais acentuada. Apesar de existirem desigualdades no período de plantio e condições ambientais, as espécies de árvores utilizadas na arborização do CCA-UEMASUL apresentam um desenvolvimento em diâmetro relativamente homogêneo.

Palavras-chave: Centro de Ciências Agrárias; Saúde da Planta; Coleta e Análise de Dados; Fronde.

Keywords: Center for Agricultural Sciences; Plant Health; Data Collection and Analysis; Tree Canopy.

Abstract

The afforestation of the Center for Agrarian Sciences of the State University of Maranhão Region (CCA-UEMASUL) was evaluated in order to analyze the development of planted trees. The results showed that Ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*) presented the best overall performance, with a wide and well developed crown, while Jatobá (*Hymenaea courbaril*) presented the smallest projected crown area and more pronounced asymmetry. Although there are inequalities in the planting period and environmental conditions, the tree species used in the CCA-UEMASUL arborization present a relatively homogeneous diameter development.

INTRODUÇÃO

A arborização desempenha um papel fundamental nos centros urbanos, com seus diversos benefícios ambientais e sociais que favorecem a saúde física e mental da população. Segundo Mascaró (2005), árvores e arbustos quando em conjunto, apresentam elementos que ajudam a organizar a composição urbana, até mesmo delimitando esses espaços. Além disso, de acordo com Cecchetto *et al.* (2013), a presença de árvores contribui para a estabilidade climática, melhora a qualidade do ar e proporciona conforto ambiental.

Em um ambiente universitário, as árvores também desempenham um papel importante, proporcionando espaços de lazer para estudantes e servidores. Nesse contexto, uma arborização adequada torna-se essencial, já que as copas das árvores oferecem sombra e favorecem a evapotranspiração, contribuindo para a redução da temperatura local. Mas para isso, na etapa inicial do processo de arborização, alguns cuidados são indispensáveis, já que diversos fatores podem impactar o crescimento e a estrutura das mudas, como a fertilização e a rega, especialmente quando o objetivo é garantir sombra e valor estético com as espécies arbóreas plantadas (Coutinho, 2021).

No entanto, a implementação eficaz enfrenta desafios significativos. Segundo Duarte *et al.* (2018) destacam que a falta de planejamento adequado, a ausência de políticas públicas voltadas para a valorização das áreas verdes e a carência de conhecimento sobre os benefícios da arborização são obstáculos a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e analisar o desenvolvimento das árvores plantadas no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (CCA-UEMASUL).

METODOLOGIA

O Centro de Ciências Agrárias – CCA, da UEMASUL, campus Imperatriz, se encontra na Avenida Agrária, 100, Bairro Colina Park, perímetro urbano da Rodovia BR-010, tendo como coordenadas geográficas (5°33'43"S 47°27'16"W). Segundo Santos e Nunes (2018), o município que se localiza entre os biomas Cerrado e Amazônico, demonstra peculiaridades ambíguas, como clima tropical e úmido. Segundo Farias (2020), o solo Imperatriz-MA apresenta um elevado grau de intemperismo e de acidez,

composto por baixa capacidade de troca catiônica e de saturação, além de uma textura que varia entre a argilosa e a arenosa.

Coleta de dados

Os dados coletados são oriundos da flora do Centro de Ciências Agrárias da UEMASUL, a partir dos discentes do primeiro período. Foram medidos o diâmetro das copas em duas direções, uma reta norte a sul outra reta com a direção leste a oeste. Usando bússola para orientar e trenas para obter as medições corretas. A identificação das espécies foi realizada mediante consulta em site especializado e por comparações com relatórios passados sobre a arborização do CCA. A distribuição das plantas na área de estudo é sistematizada em linhas e blocos, sendo sete linhas a direita do prédio, uma linha atrás e dois blocos a esquerda do edifício.

As plantas estudadas possuem uma variação em sua implementação no Campus de Ciências Agrárias. Desde 2022 as mudas das diversas espécies que serão apresentadas, vem sendo plantadas nos domínios da universidade. As plantas que não resistiram as adversidades, foram sendo substituídas pelos calouros do respectivo ano. A região possui mudas plantadas dos anos de 2022, 2023 e 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados analisados referentes as copas das árvores plantadas na arborização do CCA revelaram diferenças significativas em relação ao desenvolvimento e simetria das diferentes espécies estudadas (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios do diâmetro da copa, por espécie avaliada.

Nome Popular	Nome Científico	Média de Cobertura	Média Norte a Sul	Média de Leste a Oeste
Jucá	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.)	56,6	58,0	55,2
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	33,0	33,0	33,0
Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>	46,6	37,6	55,6
Ipê Branco	<i>Tabebuia roseoalba</i>	124,6	60,2	63,8
Ingarana	<i>Abarema jupumba</i>	61,7	67,7	55,7
Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	26,6	25,0	28,1
Cajá	<i>Spondias mombin</i> L.	23,0	20,0	26,0
Angico	<i>Anadenanthera culubrina</i>	72,3	79,2	65,4
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	21,0	22,5	19,5
Ipê do Cerrado	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	73,3	71,0	75,5
Amendoeira	<i>Terminalia catappa</i> L.	93,3	101,7	85,0
Oiti	<i>Moliqueia tomentosa</i> (Benth.)	140,6	141,6	139,6
Pata de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	9,0	12,0	6,0
Paricá	<i>Schizolobium amazonicum</i>	100,5	120,0	81,0
Ipê Taipoca	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	19,2	22,0	16,5

Fonte: Os autores (2025)

O Ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*) destacou-se pelo melhor desempenho geral entre as plantas analisadas, com uma copa ampla e bem desenvolvida, proporcionando maior cobertura. Essa característica se torna atrativa para a fauna e serve como abrigo e fonte de alimento para diversas espécies de aves e insetos. Além disso, de acordo com Mattos et al (2019) a espécie, por apresentar um crescimento uniforme, se torna visualmente impactante e amplamente empregada em projetos de arborização e ornamentação urbana.

Os dados da pesquisa (Tabela 1) reforçam essa tendência: a média da copa do Ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*) atingiu 61,97cm, enquanto sua distribuição nos eixos Norte-Sul e Leste-Oeste também se mostrou equilibrada com 60,17cm e 63,78cm, respectivamente. Esses valores indicam um crescimento consistente e simétrico, tornando

a espécie altamente eficiente na captação de luz solar e na oferta de sombra, fatores essenciais para ambientes urbanos e ecossistemas naturais.

Por outro lado, o Jatobá (*Hymenaea courbaril*) apresentou a menor área de copa projetada, indicando um crescimento mais restrito. Além disso, sua assimetria foi mais acentuada, sugerindo que fatores ambientais o seu crescimento, como a escassez de nutrientes, compactação do solo e a pouca drenagem de água pluvial que se acumulou no ambiente. Dessa forma, Sá e Junior (2005) destacam esses fatores como limitantes no desenvolvimento do crescimento radicular das plantas, o que afeta diretamente a formação das copas.

Vale reiterar que cada espécie de planta possui um ritmo de crescimento diferente. Essa característica depende de diversos fatores externos como a taxa de luminosidade, a quantidade de água disponível, os nutrientes presentes no solo, entre outros. Ademais, a composição interna das mudas exerce grande influência no fator desenvolvimento da fronde. A genética, a fisiologia e os sinais químicos são os determinantes interiores responsáveis pelo aumento dos órgãos e tecidos da planta. A configuração desses agentes varia de acordo com as espécies pertencentes (Cid e Teixeira, 2017).

Além disso, ao avaliar o crescimento geral das espécies ao longo do tempo (Tabela 2), os dados revelam uma evolução positiva, a média das copas aumentou de 54,49 cm em 2023 para 68,42cm em 2024, indicando um avanço significativo no desenvolvimento das árvores.

Tabela 2. Valores médios de todas as espécies estudadas de acordo com o ano.

Ano em que os dados foram coletados	Média das copas
2023	54,49
2024	68,41

Fonte: Os autores (2025)

Esse aumento pode estar relacionado a fatores como melhoria nas condições ambientais, intervenções de manejo e adaptação das espécies ao local, resultando em copas mais amplas e estruturadas. Vale ressaltar que foram realizadas regas periódicas para todas as plantas, no intuito de fortalecer o crescimento, especialmente durante os períodos de seca.

CONCLUSÕES.

As espécies de árvores utilizadas na arborização do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (CCA-UEMASUL)

apresentaram desenvolvimento em diâmetro de copa satisfatório e homogêneo. Este desenvolvimento positivo superou diversos empecilhos como a intensa atividade solar presente na região e o solo compactado. Ademais, existe uma desigualdade no período de plantio tendo alguns espécimes com meses e outros com anos de semeadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CECCHETTO, C.; CHRISTMANN, S. S.; OLIVEIRA, T. D. ARBORIZAÇÃO URBANA: IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DAS CIDADES. **Revista UNICRUZ**, Cruz Alta, 24 de julho de 2014. Seminário Internacional de Educação no Mercosul, 13 p.

CID, Luis Pedro Barrueto; TEIXEIRA, João Batista. **Fisiologia Vegetal: Definições e Conceitos**. 1.ed. Online: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2017.65 p.

COUTINHO, A. L. **Pomar em escola rural como espaço de educação multidisciplinar no município de Paragominas, Pará**. 2021. 56 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Castanhal, 2021.

DUARTE, T. E. P. N. *et al.* REFLEXÕES SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA: DESAFIOS A SEREM SUPERADOS PARA O INCREMENTO DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL. **Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 327-341, 05 mar. 2017.

FARIAS FILHO, M. S., BUENO, C. R. P., VALLADARES, G. S. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS HIDROMÓRFICOS SOBRE OS ALUVIÕES FLUVIOMARINHOS NO MUNICÍPIO DE ARARI – MA. **RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise**, v. 47, n. 1, p. 85–98, 29 abr. 2020.

MASCARÓ, J. L.; YOSHINAGA, M. **Infra-estrutura urbana**. 1. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2004. 208 p.

MATTOS, J.; LOHMANN, L.G.; COELHO, M.A. **A Família dos Ipês: BIGNONIACEAE**, Cultivada no Arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: AAJB, 2019. 59 p.

SÁ, M. A. C.; SANTOS, J. D. G., Jr. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. Planaltina-DF: Embrapa, 2005. 26 p.

SANTOS, R. L.; NUNES, F. G. Imperatriz do Maranhão: Proposição para a compreensão do processo de ocupação e Consolidação da cidade. **GeoTextos**, v. 14, n. 2, p. 117-141, 19 dez. 2018.

Morfometria de frutos de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae)

Morphometry of fruits of Guazuma ulmifolia Lam. (Malvaceae)

SOARES, Bruno E.¹; SILVA, Gustavo²; VIEIRA, Larissa³; SILVA, Luiz F.⁴; ANGELO, Dalton H.⁵; FERREIRA JUNIOR, Diogenis⁶; SILVA, Cristiane M.⁷; SILVA, Wilson A.⁸.

¹ Uemasul, bruno.soares@uemasul.edu.br; ² Uemasul, gustavo.santana@uemasul.edu.br; ³ Uemasul, larissa.vieira@uemasul.edu.br; ⁴ Uemasul, luiz.cristiano@uemasul.edu.br; ⁵ Uemasul, dalton.angelo@uemasul.edu.br; ⁶ diogenis.ferreira@gmail.com; ⁷ cristiane.silva@uemasul.edu.br; ⁸ wilson@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Ecologia e ecofisiologia de espécies arbóreas

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a morfometria de frutos e sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. Foram analisados 50 frutos, medindo-se a altura, o diâmetro e o peso dos frutos e sementes, além de contar o número de sementes por fruto. Os resultados mostraram que a altura dos frutos variou de 15,4 a 27,3 mm, o diâmetro de 18 a 25,4 mm e o peso dos frutos de 2,46 a 5,78 g. O número de sementes por fruto variou de 25 a 98, com uma média de 67,8. O peso das sementes foi de 0,18 a 0,6 g. A análise dos dados indicou que as variáveis de altura, diâmetro e peso dos frutos apresentaram maior homogeneidade em relação à média, enquanto o número de sementes por fruto teve maior dispersão, influenciado por fatores ambientais. A morfometria de frutos e sementes de *Guazuma ulmifolia* é fundamental para o entendimento da morfologia da espécie, com aplicações importantes em estudos taxonômicos e na recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Análise biométrica; Estudos de espécies; Variação.

Keywords: Biometric analysis; Species studies; Variation

INTRODUÇÃO

Guazuma ulmifolia Lam. também conhecida popularmente como mutambo, mutamba, fruta-de-macaco, embira, embireira ou mutamba-verdadeira, é uma espécie arbórea, semidecídua, da família Malvaceae, tendo ocorrência em quase todo o território brasileiro desde a Amazônia até o Paraná, mas principalmente na região de Cerrado (Lorenzi, 1992). Possui um fruto caracterizado pela coloração verde a negra, medindo de 1,5 a 3,5 cm de diâmetro em forma de cápsula subglobosa seca, dura e verrucosa que apresenta abertura em cinco segmentos, que se fendem no ápice ou irregularmente, por poros (Carvalho, 2006).

A Mutamba possui diversos usos e aplicações, Lorenzi e Matos (1993) destacam o uso da casca, considerada diaforética, para tratamento de tosses, bronquite, pneumonia, efeitos de relaxamento muscular e hipotensor, e o uso do fruto para a extração do “*óleo-de-mutamba*” utilizado para queda de cabelo. Além disso a espécie possui papel fundamental em estudos de recuperações de áreas degradadas podendo considerar a mesma como pioneira na regeneração de áreas (Siqueira e Sobrinho, 2008).

A morfometria, que se dedica à análise quantitativa das formas e dimensões dos organismos, é uma ferramenta essencial na botânica para descrever e comparar características morfológicas de frutos e sementes. Essa abordagem permite obter dados precisos sobre comprimento, largura, espessura, peso e volume, aspectos fundamentais para a caracterização das espécies e sua identificação taxonômica (Ferreira; Barretto, 2011). Siqueira e Sobrinho (2008) evidenciam a importância da morfometria, sendo a mesma fundamental para conhecer a morfologia dos frutos e sementes de espécies existentes, estudos taxonômicos e agregação dos conhecimentos na recuperação de áreas degradadas.

Além disso, a morfometria contribui para o entendimento dos mecanismos de dispersão, adaptação ao ambiente e estratégias reprodutivas das plantas, sendo valiosa para a conservação e manejo de populações vegetais (Amorim *et al.*, 2008). Kuniyosh (1983) propõe que o conhecimento pode ser aplicado na conservação da fauna mediante de estudos da fauna. Tendo em vista a importância da espécie e seu papel ecológico, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a morfometria dos frutos e sementes de Mutamba.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Dendrologia e Ecologia Florestal na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, onde foram conduzidas as análises morfométricas dos frutos e sementes de *Guazuma ulmifolia* (Mutamba). Para a realização do estudo, foram avaliados 50 frutos coletados aleatoriamente e doados ao laboratório. As variáveis analisadas incluíram altura, diâmetro e peso dos frutos e sementes, além da contagem do número de sementes por fruto. As medições de altura e diâmetro dos frutos foram feitas com o auxílio de um paquímetro digital. O peso dos frutos e das sementes foi determinado utilizando-se uma balança de

precisão no Laboratório de Pesagem. Para a análise estatística dos dados obtidos, utilizou-se o software AgroEstat, versão 1.1 (Barbosa & Maldonado, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da coleta de dados, foi possível constatar que os frutos apresentam uma variação de altura entre 15,4 a 27,3 mm, enquanto ao diâmetro 18 a 25,4 mm. O peso dos frutos apresentou valores entre 2,46 a 5,78 g. Em relação as sementes, o menor valor encontrado foi 25 sementes por fruto, e o maior 98 sementes por fruto, com uma média de 67,8 sementes, o peso das sementes variou entre 0,18 a 0,6 g. (Quadro 1)

Quadro 1. Valores relacionados ao fruto e sementes de Mutamba.

Variável	Menor valor	Maior valor	Média	DP	CV%
Altura (mm)	15,4	27,7	19,6	±2,000	10,19
Diâmetro (mm)	18,0	25,43	22,3	±1,770	7,93
Peso dos frutos (g)	2,46	5,78	4,11	±0,932	22,65
Número de sementes por fruto	25,0	98,0	67,8	±20,315	29,92
Peso das sementes (g)	0,18	0,60	0,39	±0,119	4,744

DP = Desvio padrão; CV% = Coeficiente de variação

Fonte: Autores (2025)

Realizando a análise dos dados coletados, é notável maior homogeneidade dos valores obtidos da altura, diâmetro, peso dos frutos e peso das sementes em relação á média, todavia o número de sementes por fruto apresentou o maior valor de dispersão em relação as outras métricas realizadas. Nessa lógica, Silva, Chaves e Naves (2001) destacam as influências dos componentes ambientais não controlados como solo, clima, idade da planta, diferenciação genética e condições de antropização na variação fenotípica de espécies.

Diversos estudos têm investigado a variabilidade no número de sementes por fruto em espécies arbóreas semelhantes à *Guazuma ulmifolia*. Por exemplo, pesquisas sobre *Sterculia striata* (A. St.-Hil. & Naudin) demonstraram variações significativas nas características biométricas de frutos e sementes, sugerindo uma diversidade genética intraespecífica (Pedri *et al.*, 2018).

Da mesma forma, estudos com *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. analisaram aspectos fenológicos e morfológicos, incluindo testes físicos e fisiológicos com sementes, indicando variações que podem ser atribuídas a fatores genéticos e

ambientais (Felippi *et al.*, 2012). Esses achados ressaltam a importância de compreender a variabilidade fenotípica em espécies arbóreas para aprimorar estratégias de conservação e manejo florestal.

CONCLUSÕES

O presente estudo destacou os dados morfométricos obtidos da Mutamba, na qual as variáveis de altura, diâmetro, peso dos frutos e peso das sementes em relação apresentaram homogeneidade de dados em relação à média, enquanto a quantidade de sementes por fruto apresentou a maior dispersão apresentando menor homogeneidade, tal fenômeno sendo relacionado aos componentes ambientais não controlados e sua influência na variação fenotípica das espécies. Portanto é evidente que a realização da morfometria dos frutos e sementes da Mutamba é fundamental para o conhecimento da morfologia e estudos da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, I. L. *et al.* Morfologia de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Senna multijuga* var. *lindleyana* (Gardner) HS Irwin & Barneby-Leguminosae Caesalpinioideae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 31, p. 507-516, 2008.

BARRETTO, S. S. B.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de Leguminosae Mimosoideae: *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 223-232, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat versão 1.0. – **Sistema para análise estatística de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2011.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v.2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 627, 2006.

FELIPPI, M. *et al.* Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012.

KUNIYOSHI, Y. S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta de araucária**. 1983. 233f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p.382, 1992.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

PEDRI, E. C. M. *et al.* **Variação biométrica de frutos e sementes de *Sterculia striata* A. St.-Hil. & Naudin.** *Nucleus*, v. 15, n. 1, 2018.

SILVA, R. S. M.; CHAVES, L.J. e NAVES, R.V. (2001) - Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia Dysenterica* DC.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 23, 2: 330-334.

SOBRINHO, S. P.; SIQUEIRA, A. G. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.-Sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 114-120, 2008.

A eficiência da adubação verde na recuperação de pastagens degradadas no Cerrado maranhense.

The efficiency of green manure in the recovery of degraded pastures in the Cerrado region of Maranhão.

SOUSA, Aline Santos¹; LIMA, Alyssa Rannelly Pereira²; SILVA, Mara Cristina da Costa³; SANTOS, Bárbara Vieira dos⁴; TORRES, Esthefany Oliveira⁵; COSTA, Nisângela Severino Lopes⁶; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁷; ANGELO, Dalton Henrique⁸

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alinesousa.20200009792@uemasul.edu.br;

²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alyssalima.20200003449@uemasul.edu.br;

³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, marasilva.201936542@uemasul.edu.br;

⁴Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, barbarasantos.20200009630@uemasul.edu.br;

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, esthefanytorres.20200003313@uemasul.edu.br, ⁶Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, nisangela.lopes@uemasul.edu.br; ⁷Universidade do Estado do Pará - UEPa, chaiane.r.schneider@uepa.br, ⁸Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, dalton.angelo@uemasul.edu.br

Eixo Temático: Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e Plantadas

Resumo

No Cerrado assim como na Amazônia, as pastagens mal manejadas são a principal causa do desmatamento por perda da capacidade produtiva, logo, essas áreas são abandonadas e é necessário o avanço de novas áreas e assim esse ciclo de exploração se perpetua. Neste contexto, a adubação verde surge como uma prática sustentável, utilizando plantas leguminosas e outras espécies de cobertura para enriquecer o solo com matéria orgânica e nutrientes, além de promover o sequestro de carbono e a melhoria da estrutura física do solo. Este estudo analisa a eficácia da adubação verde na recuperação de pastagens degradadas no Cerrado maranhense, com foco na melhoria da qualidade do solo, aumento da biomassa forrageira e sequestro de carbono. A pesquisa baseia-se em uma revisão sistemática da literatura científica, priorizando estudos realizados no bioma Cerrado. Os resultados destacam que a adubação verde não só melhora a fertilidade do solo e a produtividade das pastagens, mas também contribui para a mitigação das mudanças climáticas e oferece benefícios econômicos para os produtores.

Palavras-chave: Qualidade do solo; Sequestro de carbono; Sustentabilidade agrícola.

Keywords: Soil quality; Carbon sequestration; Agricultural sustainability.

INTRODUÇÃO

A restauração e recuperação de terras desmatadas é uma prioridade global estimulada por compromissos internacionais ambiciosos (Menz; Dixon; Hobbs, 2013). O Brasil aderiu a vários acordos internacionais como o Desafio de Bonn e a iniciativa 20x20, os quais visam reflorestar e promover a recuperação natural de 12 milhões de hectares de vegetação nativa até 2030 (MAPA, 2016). Essas iniciativas têm como escopo atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), em especial o ODS 15 que trata da vida terrestres assumidos pelo Brasil através de alguns indicadores de ação contra a mudança global do clima e o consumo e a produção sustentáveis (ODS, 2021).

No Cerrado assim como na Amazônia, as pastagens mal manejadas são a principal causa do desmatamento por perda da capacidade produtiva (Solar et al., 2016; Trigueiro; Nabout; Tessarolo., 2020), logo, essas áreas são abandonadas e é necessário o desbravo de novas áreas e assim esse ciclo de exploração se perpetua (Dias-Filho e Andrade, 2006; Lerner *et al.*, 2015; IPAM 2021). No entanto, a recuperação dessas áreas degradadas é essencial para garantir a sustentabilidade a longo prazo das práticas agropecuárias, além de mitigar os impactos ambientais associados, como a emissão de gases de efeito estufa e a perda de carbono do solo (De Moraes *et al.* 2006).

Nesse contexto, a adubação verde emerge como uma prática agrícola sustentável, oferecendo uma abordagem multifuncional para a restauração ecológica de pastagens. O uso de plantas leguminosas e outras espécies de cobertura como adubos verdes não só enriquece o solo com matéria orgânica e nutrientes essenciais, mas também promove o sequestro de carbono, aumenta a biodiversidade microbiana, e melhora a estrutura física do solo, resultando em pastagens mais resilientes e produtivas (Fonseca, Martins, Villa, 2023).

No entanto, a eficácia da adubação verde na restauração de pastagens degradadas ainda precisa ser avaliada de maneira mais detalhada, particularmente no Cerrado maranhense, uma região caracterizada por uma vasta extensão de pastagens degradadas e pela relevância da pecuária para a economia local (Hernani *et al.* 2014).

Este estudo analisa a eficácia da adubação verde na recuperação de pastagens degradadas, considerando a qualidade do solo, a biomassa forrageira e a capacidade de suporte. Com base em 20 artigos dos últimos 10 anos, uma revisão da literatura explora as contribuições dessa prática para a sustentabilidade agrícola e ambiental.

METODOLOGIA

A metodologia deste projeto foi desenvolvida para avaliar a eficácia da adubação verde na restauração de pastagens degradadas no Cerrado maranhense, com base em uma revisão sistemática da literatura científica. No processo metodológico foram considerados artigos publicados nos últimos 10 anos, com foco em pesquisas recentes que refletem os avanços mais significativos no campo da adubação verde e restauração de pastagens. Priorizando estudos realizados no bioma Cerrado, com ênfase particular no Cerrado maranhense. Figura 1.

Figura 1: Fluxograma de metodologia.



Fonte: Autores (2025).

REVISÃO DE LITERATURA

Melhoria da Qualidade do Solo

A adubação verde pode melhorar a estrutura física do solo, aumentando a porosidade e a capacidade de infiltração de água, o que é particularmente importante em áreas sujeitas à compactação.(Bevilaqua *et al.*, 2022).

Santos *et al.* (2019), demonstraram que a aplicação de adubos verdes pode aumentar significativamente a produção de biomassa em pastagens degradadas, especialmente quando combinada com práticas de manejo adequadas, como a rotação de pastagens e a aplicação de fosfatos naturais.

De maneira semelhante, Embrapa (2024) destaca que a adubação verde é eficaz na melhoria da fertilidade do solo e no crescimento das plantas, contribuindo para a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas de pastagem.

O sequestro de carbono também é um aspecto importante a ser considerado, na adubação verde, ajudando a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, pois a prática permite aumentar o armazenamento de carbono no solo, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (Souza; Silva; Lima, 2022; Embrapa, 2020).

Oliveira *et al.* (2020) mostraram que pastagens manejadas adequadamente podem aumentar os estoques de carbono do solo em 15% ao longo de 30 anos. A recuperação de pastagens degradadas pode promover um ganho de 23%, contribuindo para os compromissos globais de mitigação das mudanças climáticas.

Biodiversidade de Espécies

A incorporação de leguminosas e outras plantas de cobertura em pastagens degradadas pode aumentar a diversidade de espécies vegetais e microbianas no solo, o que é vital para a saúde do solo e a resiliência das pastagens. Essa diversidade microbiana melhora os processos de ciclagem de nutrientes, reduzindo a dependência de insumos externos (Ferreira *et al.*, 2017; Embrapa, 2023).

Giller *et al.* (2011) observaram que a presença de leguminosas e outras plantas de cobertura em pastagens degradadas promove um aumento na atividade microbiana, o que ajuda na decomposição da matéria orgânica e a liberação gradual de nutrientes para as plantas. A incorporação de leguminosas, como o feijão-guandu e a mucuna, aumenta significativamente os teores de matéria orgânica do solo, essencial para a retenção de água e nutrientes. Lima (2023) destaca que a adubação verde com leguminosas também promove a fixação biológica de nitrogênio, influenciando na fertilidade do solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

Eficiência Econômica e Sustentabilidade

A adubação verde apresenta vantagens econômicas significativas para os produtores rurais. Ao reduzir a necessidade de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas, essa prática diminui os custos de produção e aumenta a rentabilidade das atividades agropecuárias. Contribuindo para a sustentabilidade econômica das propriedades rurais, especialmente em pequenas e médias escalas (Balbinot, 2025).

Pereira *et al.* (2018) também apontam que a adubação verde é uma prática de baixo custo que pode ser facilmente integrada às operações agrícolas existentes, tornando-a uma opção viável para agricultores que buscam melhorar a sustentabilidade de suas operações sem comprometer a produtividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados desta revisão indicam que a adubação verde oferece diversos benefícios para a qualidade do solo, a produtividade das pastagens e a sustentabilidade a longo prazo. A prática melhora a estrutura do solo, aumentando a porosidade e a retenção de água e nutrientes, melhorando áreas sujeitas à compactação. A incorporação de leguminosas, como feijão-guandu e mucuna, promove a fixação biológica de nitrogênio, reduzindo a necessidade de fertilizantes sintéticos (De Lima, 2023; Bevilaqua *et al.*, 2022).

O sequestro de carbono também é uma vantagem importante, pois a biomassa de leguminosas incorporada ao solo aumenta os estoques de carbono orgânico, o que ajuda a mitigar as mudanças climáticas, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (Souza; Silva; Lima, 2022; Oliveira *et al.*, 2020).

Além disso, a prática promove a biodiversidade do solo, favorecendo a ciclagem de nutrientes e a resistência do ecossistema a pragas e doenças (Ferreira *et al.*, 2017; Giller *et al.*, 2011). Do ponto de vista econômico, a adubação verde reduz os custos com insumos externos, como fertilizantes e defensivos agrícolas, aumentando a rentabilidade das propriedades, especialmente em pequenas e médias escalas (Balbinot, 2025; Pereira *et al.*, 2018).

Assim, a adubação verde se apresenta como uma estratégia eficiente para aumentar a sustentabilidade e a eficiência econômica das atividades agropecuárias, ao mesmo tempo em que contribui para a recuperação ambiental.

CONCLUSÕES

A adubação verde contribui para a melhoria na qualidade do solo, aumenta a produção de biomassa forrageira, e oferece benefícios econômicos significativos além de ajudar no sequestro de carbono. No entanto, há necessidade de políticas públicas visando incentivar à adoção dessa prática, especialmente entre pequenos produtores, que enfrentam muitas vezes dificuldades com a mudança de métodos convencionais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus, e ao professor MSc. Dalton Henrique Ângelo, que, por meio de sua orientação e conhecimento na disciplina de Recuperação e Monitoramento de Áreas Degradadas, nos incentivou na produção deste resumo. Também expressamos nossa gratidão à equipe pelo empenho e colaboração ao longo do trabalho, bem como à empresa ELAS pelo apoio na publicação deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT JUNIOR, A. A.; ZORZZI, J. L. Benefícios das plantas de cobertura e adubos verde para o solo. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, p. 55–62, 2016.

BEVILAQUA, GAP et al. **Adubação verde na agricultura sustentável**. 2022.

DE LIMA FILHO, Oscar Fontão. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 2014.

DE MORAES, Luiz Fernando Duarte et al. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. 2006.

DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

EMBRAPA, 2024. **Adubação verde contribui para a agricultura sustentável e redução de CO₂**. Brasília.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Adubação verde na recuperação de solos degradados**. Brasília, 2023.

EMBRAPA. **Adubação verde com leguminosas: benefícios ambientais e aumento dos estoques de carbono no solo**. Brasília. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1102804/1/CPAFAPFDRAadubacaoverde.pdf>.

FERREIRA, Juscélia da Silva et al. Atividade microbiana em pastagem consorciada com leguminosas arbóreas na Zona da Mata de Pernambuco. In: **Anais da III Reunião Nordestina de Ciência do Solo**. Aracaju: Unit e Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017.

FONSECA, Wesley da Silva; MARTINS, Sebastião Venâncio; VILLA, Pedro Manuel. Adubação verde como alternativa para recuperação de solo em ambiente de mineração de bauxita no sudeste do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 1, 2023.

FREITAS, Igor Costa de et al. Mudança do uso da terra de pastagem degradada para sistemas agrícolas integrados aumenta estoques de carbono do solo no bioma Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 46, p. e63601, 2024.

HERNANI, Luís Carlos et al. **Adubação verde na recuperação de solos degradados**. 2014.

IPAM. **Gado em área de desmatamento na Amazônia**. Disponível em: <https://ipam.org.br/pastagem-ocupa-75-da-area-desmatada-em-terras-publicas-na-amazonia/>. 2021. Acesso em: 23/03/2025.

LERNER, A. M et al. The spontaneous emergence of silvo-pastoral landscapes in the Ecuadorian Amazon: patterns and processes. **Regional Environmental Change**, v.15, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA): **Adesão do Brasil ao desafio de bonn e à iniciativa 20x20**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/adesao-do-brasil-ao-desafio-de-bonn-e-iniciativa20x20>. Acesso em: 23/03/2025.

MENZ, M. H; DIXON, K.W; HOBBS, R.J. Ecology Hurdles and opportunities for landscape-scale restoration. **Science**. v. 339, 2013. doi: 10.1126/science.1228334. PMID: 23372001

ODS. Objetivos de desenvolvimento sustentável. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>. Acesso em: 23/03/2025.

OLIVEIRA, A. L.; SILVA, J. R.; LIMA, M. P. Estratégias de mitigação e adaptação climática no setor agropecuário brasileiro. **Revista Ciência e Cultura**, v. 72, n. 1, p. 45-53, 2020.

PEREIRA, A. R. et al. Avaliação econômica do uso da adubação verde na recuperação de áreas degradadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 699–705, 2018.

SANTOS, R. da S. et al. **Avaliação econômica do uso da adubação verde na recuperação de áreas degradadas**. 2019.

SOLAR, R. R. DE C. et al. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. **Biological Conservation**, v. 197, 2016.

SOUZA, A. L.; SILVA, B. R.; LIMA, C. D. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 45, n. 2, p. 123-130, 2022.

TRIGUEIRO, W. R; NABOUT, J. C; TESSAROLO, G. Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. **Journal of Environmental Management**, v. 275, 2020.

Análise temporal de uso e cobertura da terra e diagnóstico ambiental do Parque Municipal Arara Azul, Imperatriz-MA

Temporal analysis of land use and coverage and environmental diagnosis, of Parque Arara Azul, Imperatriz-MA

GOMES, Gabriele Silva¹; SOUZA, Argel Costa²; CARVALHO, Isolda Cordeiro³; DO CARMO, Ricardo Santana⁴; ANGELO, Dalton Henrique⁵; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁶; SILVA, Cristiane Matos da⁷; SILVA, Wilson Araújo da⁸; CARVALHO, Theylon Francisco Lima⁹; SILVA, Luiz Felipe Cristiano¹⁰; FURTADO, Thaís Vitória Gomes¹¹; SANTOS, Wallysson Rocha¹².

¹ Uemasul, gabriele.s.gomes@uemasul.edu.br; ² Uemasul, argelsousa.20200003162@uemasul.edu.br; ³ Uemasul, isoldacarvalho.20200003233@uemasul.edu.br; ⁴ Uemasul, ricardocarmo.20200009952@uemasul.edu.br; ⁵ Uemasul, dalton.angelo@uemasul.edu.br; ⁶ Uepa, chaiane.r.schneider@uepa.br; ⁷ Uemasul, cristiane.silva@uemasul.edu.br; ⁸ Uemasul, wilson@uemasul.edu.br; ⁹ Uemasul, theylon.carvalho@uemasul.edu.br; ¹⁰ Uemasul, luiz.cristiano@uemasul.edu.br; ¹¹ Uemasul, thais.furtado@uemasul.edu.br; ¹² Uemasul, Wallysson.santos@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Análise e Diagnóstico de Floresta Nativa

Resumo

O Parque Municipal Arara Azul, em Imperatriz-MA, foi criado a partir de uma doação de 31,8704 hectares pela Valec Engenharia, preservando um dos últimos remanescentes florestais densos da região. O estudo tem como objetivo compreender as transformações de uso e cobertura da terra, entre os anos de 1985 a 2022 e impactos ambientais atuais do Parque Arara Azul, para subsidiar informações ainda inexistentes para o futuro plano de manejo. As análises de uso e cobertura da terra foram feitas por meio do Mapbiomas e a caracterização ambiental e doravante impactos foram realizadas por caminhamento efetivo em quadrantes. Os resultados indicam um aumento substancial nas formações florestais e savânicas, refletindo a regeneração ambiental ao longo dos anos. No entanto, a crescente urbanização ao redor do parque apresenta desafios contínuos para sua gestão. O diagnóstico ambiental também revelou a presença de espécies exóticas, ruínas e resíduos sólidos, destacando a urgência de uma gestão pública eficaz e de programas de monitoramento contínuo. Foram caracterizadas 4 áreas, sendo que a 1 e 2 foram classificadas em razoavelmente conservada, enquanto que a 4 foi classificada como em ótima conservação, já a área 3, apresenta vegetação característica e espécies exóticas invasoras, como o mogno-africano, que prejudicam o equilíbrio ecológico. Para garantir a preservação da biodiversidade e a saúde dos ecossistemas locais, é fundamental que se implementem estratégias de conservação robustas.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Gestão pública; Unidades de conservação.

Keywords: Remote Sensing; Public management; Conservation units.

INTRODUÇÃO

O Parque Municipal Arara Azul, advém de uma doação ao município de Imperatriz-MA da empresa Valec Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. com uma área de 31,8704 hectares, que margeia o pátio ferroviário localizado no

Tramo Norte da Ferrovia Norte-Sul (FNS). A doação dessa área representa uma contribuição significativa para a sociedade, pois se trata de um dos últimos remanescentes florestais com vegetação densa na região, que resultará na criação do Parque Municipal Arara Azul.

Nesse cenário, por se tratar de um ecótono, são reconhecidos como hotspots de biodiversidade, apoiando diversas espécies que prosperam em ambientes de transição (LONGO *et al.*, 2024). Dessa forma, eles facilitam a migração de espécies e o intercâmbio genético, importantes para manter a saúde do ecossistema. Portanto, o monitoramento do uso e cobertura da terra dessa área se faz importante para entender as mudanças ambientais que ocorreram e gerenciar recursos de forma eficaz.

Nesse contexto, a análise temporal é considerada para entender e gerenciar os recursos da terra de forma sustentável. Visto que, permite que pesquisadores e formuladores de políticas monitorem as mudanças ao longo do tempo, revelando tendências como urbanização, expansão agrícola e degradação ambiental (HASHIM *et al.*, 2023). Assim, a análise temporal serve como uma ferramenta fundamental para o gerenciamento eficaz dos recursos em toda área do parque.

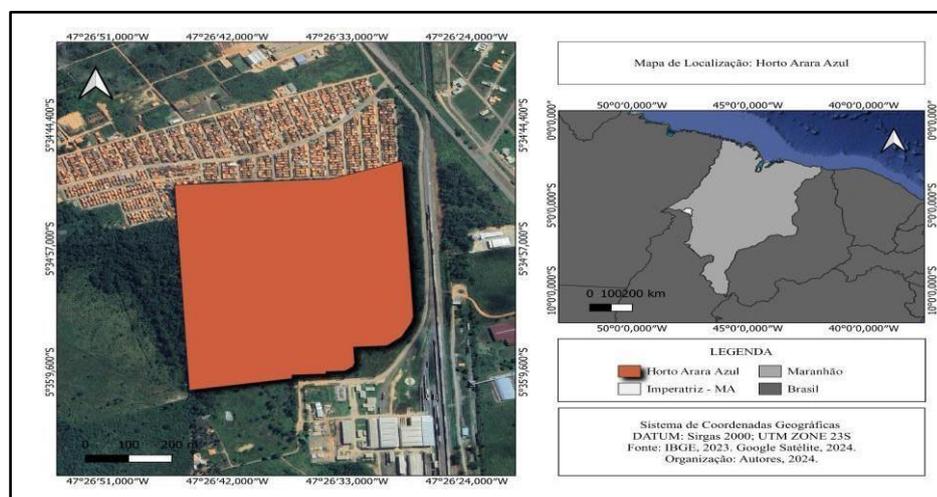
Outro vetor importante para o estudo é a caracterização ecológica, fundamental para o estudo do ecótono pois envolve a análise sistemática das comunidades biológicas e suas interações com o ambiente. Pesquisas recentes, como a de Guo e colaboradores (2023), utilizam tecnologias avançadas, como sensoriamento remoto e aprendizado de máquina, para detectar mudanças e analisar tendências na vegetação ao longo do tempo. Esses estudos revelam informações valiosas sobre a saúde da vegetação em diferentes paisagens do parque, contribuindo para a compreensão da biodiversidade e para o desenvolvimento de estratégias de conservação desse ecossistema.

Diante disso, o estudo objetivou-se compreender as transformações de uso e cobertura da terra, entre os anos de 1985 a 2022, e realizou-se a caracterização da área e dos impactos presentes no Parque Municipal Arara Azul, Imperatriz-Ma.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Parque Municipal Arara Azul, localizado no município de Imperatriz-MA, com área de aproximadamente 31,84 ha (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização do Parque Natural Arara Azul.



Fonte: Autores (2024).

O clima na região se divide entre uma estação chuvosa, que ocorre de outubro a abril, e uma estação seca, que se estende de maio a setembro, com significativa variação interanual (GUIMARÃES *et al.*, 2023). A vegetação é marcada pela transição entre o bioma Cerrado e a Amazônia, com vegetação mista, em fronteira com o estado do Tocantins. (MENEZES, 2009; SANTOS; NUNES, 2018).

Classificação da cobertura e uso da Terra com os dados do Mapbiomas

Este estudo segue o procedimento utilizado por Carvalho e Rodrigues (2023), no qual foram empregadas as coleções de classificação disponibilizadas pelo Mapbiomas em conjunto com a plataforma do *Google Earth Engine* (GEE). O processamento foi realizado em nuvem, utilizando o asset com o código `mapbiomas-user toolkit-lulc.js` no ambiente de desenvolvimento do GEE. Os parâmetros selecionados para a classificação foram:

- Region: mapbiomas-brazil;
- Collection: collection-8.0;
- Tables: city;
- Properties: name_pt_br;
- Features: Imperatriz - Ma;
- Layers: 1985, 1995, 2005, 2015, 2022.

Caracterização Ambiental da Área do Parque

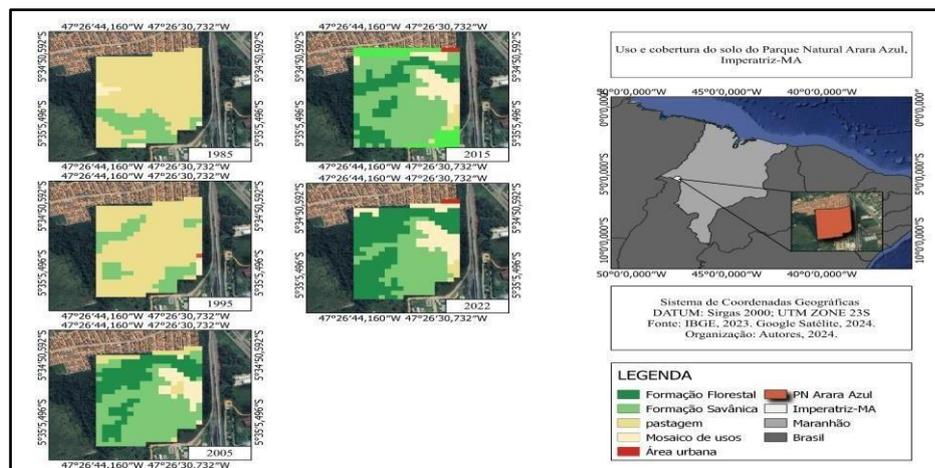
Foi definida uma rota da trilha, por meio de mapeamento de diferentes usos e coberturas do solo, incluindo cinco pontos de coleta de dados. Nos pontos escolhidos foram analisados a respeito de áreas com uso antrópico, visualização dos corpos hídricos e os diferentes tipos de vegetação da área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e cobertura da terra

Com a classificação disponibilizada pelo Mapbiomas, é observado o uso e ocupação da terra, com o buffer correspondente aos limites territoriais do parque. As mudanças ao longo dos 37 anos são representadas por diferentes classes de uso e cobertura, incluindo formações florestais, formações savânicas, pastagens, mosaico de usos e áreas urbanas (Figura 2).

Figura 2. Classificação de uso e cobertura da terra do Parque Municipal Arara Azul.



Fonte: Autores (2024).

Em 1985, o parque era sobretudo ocupado por áreas de pastagem, com uma área de 240.259 m². Já em 1995, nota-se um aumento considerável nas formações florestais e savânicas, sugerindo um processo de regeneração ambiental ou ações de reflorestamento.

O ano de 2015 consolidou o domínio das formações florestais e savânicas, com as pastagens restritas a pequenos fragmentos. Por conseguinte, em 2022, as formações naturais permanecem dominantes, com uma área de 139.706 m², e as

formações savânicas com 110.341 m². Os resultados mostram que a classe predominante é a Formação Savânica, representada pelo cerrado rupestre, e a formação florestal, que é composta por florestas densas.

Caracterização do Parque e Diagnóstico Ambiental

Os parâmetros indicativos pra os corpos hídricos foram: Coloração, Odor, Material Flutuante, Espuma, Óleo e Esgoto. Já para a caracterização das áreas os parâmetros usados foram: os Resíduos Sólidos, Vegetação, Erosão, Uso por animais domésticos e Uso antrópico.

Nos corpos hídricos da área 1 e 2 foram detectados cor escura e odor forte, mas somente na área 2 foi observado a presença de esgoto, em relação a área 4, foi detectado coloração clara, sem odor e presença de material flutuante, já na área 3, não possui corpo hídrico. Quanto a caracterização das áreas, nos pontos 2 e 4 foram observados a ocorrência de resíduos sólidos, porém, vegetação preservada e visibilidade de uso antrópico. No que diz respeito às zonas 1 e 3 não possuem presença de resíduos, contudo, diferente do ponto 3, houve leve degradação na vegetação do ponto 1 e presença de uso antrópico.

CONCLUSÕES

A análise do Parque Municipal Arara Azul ao longo de 37 anos mostra uma regeneração ambiental significativa, com aumento das formações florestais e savânicas e redução das pastagens. Apesar disso, o crescimento urbano ao redor do parque destaca a necessidade de manejo rigoroso.

O diagnóstico ambiental revela uma situação complexa de degradação e desafios ecológicos significativos. A presença de ruínas, entulhos e resíduos sólidos nas áreas avaliadas demonstra o impacto negativo das atividades antrópicas passadas e atuais, comprometendo a qualidade ambiental do parque.

É essencial implementar um plano de manejo robusto que integre a regulamentação das atividades humanas, a recuperação das áreas degradadas e a proteção da biodiversidade local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, I. C.; RODRIGUES, T. C. S. USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BACURI, IMPERATRIZ-MA.. In: **Anais da Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL – V SAPIENS**. Anais...Imperatriz(MA) UEMASUL, 2023.

GUO, H.; WANG, Y.; YU, J.; YI, L.; SHI, Z.; WANG, F. *A novel framework for vegetation change characterization from time series landsat images*. **Environmental Research**, v. 222, p. 115379, 2023.

HASHIM, M.; RAHMAN, A.; QASIM, M.; FAROOQ, M. U.; MUNEER, S.; AHMED, Z. *The spatio-temporal analysis of land use land cover changes in Multan city, Pakistan*. **Natural and Applied Sciences International Journal (NASIJ)**, v. 4, n. 1, p. 120-134, 2023.

LONGO, R. M.; DA SILVA, A. L.; RIBEIRO, A. I.; GOMES, R. C.; SPERANDIO, F. C.; NUNES, A. N. *Evaluating the Environmental Quality of Forest Remnants Using Landscape Metrics*. **Sustainability**, v. 16, n. 4, p. 1543, 2024.

MENEZES, R. H. N. **Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do Estado do Maranhão, Brasil**. 2009. 188f. (Tese de Doutorado em Meteorologia), Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2009.

SANTOS, R. L.; NUNES, F. G. Imperatriz do Maranhão: proposição para a compreensão do processo de ocupação e consolidação da cidade. **GeoTextos**, 2018.

Equações de Volume para *Khaya grandifoliola* C. DC. em Plantios no Bioma Cerrado

Volume Equations for Khaya grandifoliola C. DC. in Plantations in the Cerrado Biome

MARTINS, Guilherme Medeiros¹; SOUZA, Argel Costa²; VIEIRA, Izabela Rabelo da Silva³; GOMES, Gabriele Silva⁴; GOMES, Jaqueline Macedo⁵.

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, guilherme.martins@uemasul.edu.br;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, argelsouza1@gmail.com;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, Izabela.Vieira@gmail.com;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, gabriele.gomz@gmail.com;

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, jaquelinegomes@uemasul.edu.br

Eixo Temático: Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e Plantadas

Resumo

O presente estudo teve como objetivo ajustar equações volumétricas para *Khaya grandifoliola* C. DC. em um povoamento localizado no município de Porto Franco, MA. A pesquisa foi fundamentada na coleta de dados dendrométricos de 210 árvores, onde foram mensuradas variáveis como diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) e altura total. Os modelos volumétricos ajustados incluíram as equações de Stote e Hall (1993), que se destacaram com coeficientes de determinação ajustados (R^2) de até 0,91 e 0,87, indicando um forte ajuste aos dados observados. A análise estatística revelou que o erro padrão da estimativa variou entre 16,2% e 24,3%, com os melhores desempenhos atribuídos aos modelos de Stote e Schumacher-Hall. Os resultados demonstram a eficácia das equações ajustadas para estimar o volume de madeira, contribuindo para o manejo sustentável da espécie e oferecendo uma base sólida para futuras pesquisas na área.

Palavras-chave: *Khaya* spp.; Equações volumétricas; Cubagem rigorosa.

INTRODUÇÃO

A introdução de *Khaya grandifoliola* C. DC., popularmente conhecido como mogno africano, nas florestas plantadas do Brasil, especialmente no bioma Cerrado, representa uma estratégia significativa para a produção sustentável de madeira de alta qualidade. A crescente demanda por produtos madeireiros, aliada à pressão sobre as florestas nativas, tem impulsionado a adoção de espécies exóticas em sistemas silviculturais. Segundo Alves Júnior *et al.* (2016), a implementação de florestas plantadas é uma alternativa viável para atender às necessidades do mercado, minimizando os impactos ambientais associados à exploração de florestas naturais.

A relevância deste estudo se destaca na busca por equações volumétricas que possam prever com precisão o crescimento e o volume de madeira da espécie em questão.

O conhecimento dessas equações é fundamental para o manejo adequado das plantações e para a maximização da produtividade. Pesquisas anteriores indicam que o ajuste de modelos volumétricos é essencial para a gestão eficiente dos recursos florestais (Siqueira *et al.*, 2002). No contexto do Cerrado, onde as condições edáficas e climáticas podem variar significativamente, a adaptação das equações volumétricas é ainda mais crítica.

A problematização que orienta esta pesquisa reside na escassez de dados específicos sobre o crescimento e o volume de *Khaya grandifoliola* no Cerrado. Embora existam estudos sobre outras espécies do gênero *Khaya* spp., como *K. ivorensis*, as informações sobre *K. grandifoliola* C. DC. são limitadas, especialmente em relação ao seu desempenho em diferentes espaçamentos de plantio e suas implicações para a silvicultura local (Pinheiro *et al.*, 2011). Assim, este trabalho visa preencher essa lacuna ao desenvolver equações volumétricas que sejam aplicáveis ao mogno africano cultivado no bioma Cerrado.

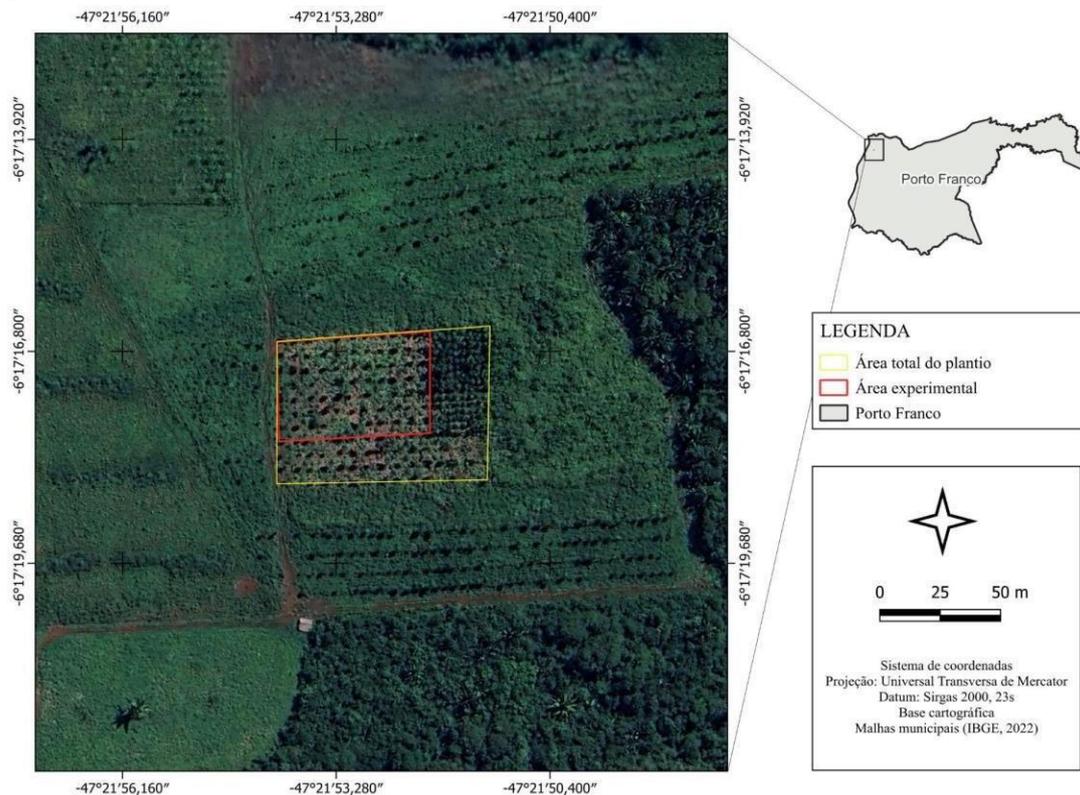
Nessa ótica, o objetivo do estudo é desenvolver e validar equações de volume para *Khaya grandifoliola* C. DC. em plantios no bioma Cerrado, contribuindo para um melhor entendimento do potencial produtivo da espécie e fornecendo ferramentas para um manejo florestal mais eficiente.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Jacuba, localizada no município de Porto Franco – MA (6° 17' 17" S, 47° 21' 52" W) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, Tropical quente e semiúmido, com estação seca (Alvares *et al.*, 2013). A área total experimental é de 5.936 m², equivalente a 0,5292 ha, com dimensões totais de 84 x 63 m.

Figura 1. Mapa de localização da Fazenda Jacuba



Fonte: Autores (2025).

Coleta e análise dos dados

Foi realizado o desbaste de 210 árvores, onde foram coletados dados quanto ao diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores em pé, posteriormente a árvore foi derrubada e medida sua altura total. Em seguida, as árvores foram cubadas utilizando o método de Smalian, que consiste em medir o diâmetro em intervalos de 2 metros ao longo da árvore. Os volumes foram calculados mediante cálculo (Eq. 01).

$$V = \frac{AS1 + AS2}{2} \cdot L \tag{Eq. 01}$$

Levantamento dos dados dendrométricos e cubagem rigorosa

Após a realização do desbaste, mensurou-se a altura total das árvores derrubadas. Em seguida, as árvores desbastadas foram cubadas utilizando o método de Smalian, que consiste em medir o diâmetro em intervalos de 2 em 2 metros ao longo da árvore. Os volumes foram calculados utilizando as seguintes equações (Tabela 1):

Tabela 1. Modelos volumétricos para ajuste de equação de volume para árvores de *Khaya grandifoliola* C. DC.

Nº	Modelos Volumétricos	Autores
1	$V = \beta_0 + \beta_1(H) + \beta_2(DAP)^2 + \beta_3(DAP^2H) + \varepsilon$	Stote (1945)
2	$V = \beta_0 + \beta_1(DAP) + \beta_2(H) + \varepsilon$	Hall (1933)
3	$V = \beta_0 + \beta_1(DAP) + \beta_2(DAP)^2 + \varepsilon$	Hohenadl e Krenn
4	$Ln(V) = \beta_0 + \beta_1 Ln(DAP) + \beta_2 \left(\frac{1}{DAP}\right) + Ln(\varepsilon)$	Brenac

Nota: β_n = coeficientes a serem estimados, v = volume total (m³), H = altura total (m), DAP = diâmetro medido a 1,30m do solo (cm), Ln = logaritmo neperiano, d = diâmetro total.

Para avaliar a qualidade dos ajustes foi calculado o Coeficiente de Determinação Ajustado, Erro padrão e Erro padrão ajustado, Desvio médio percentual - DMP, além da análise dos resíduos e para o teste de aderência foi utilizado o Qui-quadrado a um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de regressão apresentados na Tabela 2 indicam que os coeficientes de determinação ajustado (R^2) variaram entre 0,81 e 0,91 nas diferentes equações testadas.

Tabela 2. Coeficientes ajustados e parâmetros estatísticos de ajuste e precisão para estimativas volumétricas do povoamento de *Khaya grandifoliola* C. DC. em Porto Franco - MA.

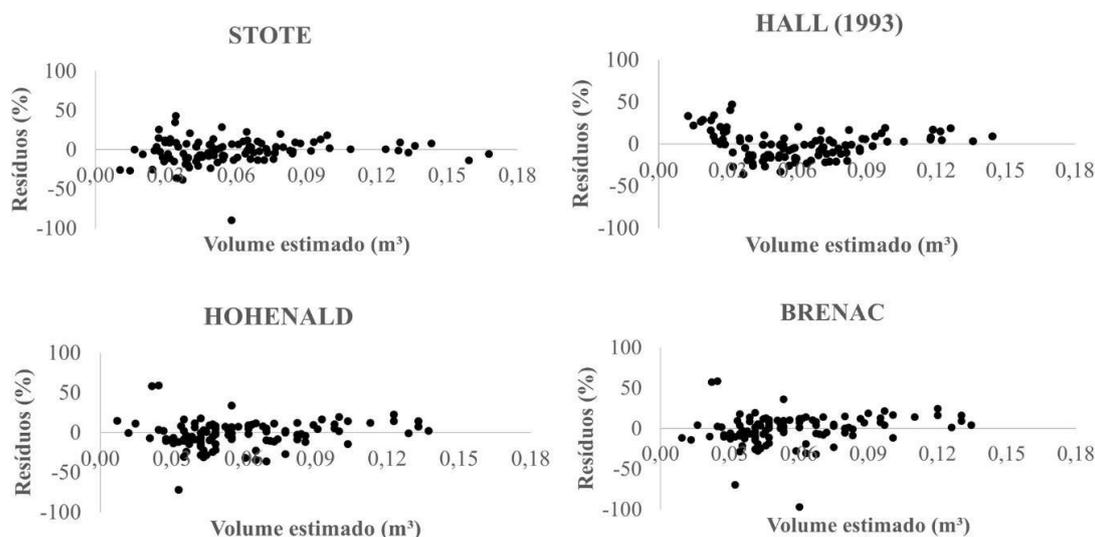
MODELOS	β_0	β_1	β_2	β_3	R^2 Ajus.	Syx%	Syx Ajus.%	DMP
Stote	-0,00439	0,00324	-0,00003	0,00006	0,91	16,22		3,12
Hall (1993)	-0,08458	0,00833	0,00886		0,87	19,37		-1,57
Hohenadl	-0,00494	-0,00049	0,00079		0,81	24,10		4,59
Brenac	-7,36232	2,08370	-1,33539		0,83		24,30	2,65

Nota: β_n = coeficientes a serem estimados; R^2 Ajus. = R ao quadrado ajustado; Syx% = erro padrão da estimativa; Syx Ajus. = Syx ajustado; DMP = desvio médio padrão. **Fonte:** Autores (2025).

A equação de Stote destacou-se com os maiores valores de R^2 ajustado, alcançando 0,91, o que sugere uma forte similaridade nos ajustes realizados. Os outros três modelos mostraram resultados que se aproximam de 1, o que é considerado ideal para a estimativa de volume. Adicionalmente, conforme Ferreira, Gomes e Schneider (2024), em seu estudo com *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., comprovam que o modelo de Stote é o mais adequado para espécie, apresentando valores de R^2 ajustado de 0,80, e erro padrão (Syx%) de 16,84% e desvio médio percentual (DMP) de 0,11, indicando sua eficácia na estimativa de volume.

O erro padrão da estimativa (Syx%) e o erro padrão da estimativa ajustado (Syx Ajus. %) variou entre 16,2% a 24,3%, com menor erro para os modelo de Stote (16,2%, respectivamente), demonstrando melhores resultados. A equação de Brenac obteve o pior desempenho, com um Syx Ajust. de 24,3%, respectivamente, refletindo maior incerteza nas previsões feitas por este modelo. Valores diferentes foram observados em outros estudos para *K. senegalensis* (Desr.) A. Juss., onde os modelos de Brenac e Husch obtiveram erros de 18,6% para ambos (Ferreira; Gomes; Schneider, 2024).

Figura 2. Distribuição de resíduos das equações volumétricas ajustadas para um povoamento de *Khaya grandifoliola* C. DC. em Porto Franco - MA.



Fonte: Autores (2025).

Em termos de distribuição dos resíduos, a análise gráfica revelou que as equações de Stote obteve uma performance superior. Os resíduos dessas equações mostraram-se mais próximos do eixo x, indicando uma dispersão homogênea dos resultados. Essa distribuição uniforme sugere um ajuste mais eficaz e confiável. Estudos semelhantes utilizando a espécie *K. senegalensis* (Desr.) A. Juss. observaram que o modelo de Stote e Schumacher-Hall apresentou melhor distribuição de resíduos em relação ao eixo “x”, com menor amplitude de erros, e pequena subestimação de dados (Gama; Andrade, 2018; Ferreira; Gomes; Schneider, 2024).

Com base nos critérios de avaliação dos modelos ajustados, recomenda-se a utilização da equação de Stote para a estimativa de volume de *K. grandifoliola* C. DC. no município de Porto Franco, localizado na região Tocantina do Maranhão. O teste de qui-quadrado apoia essa recomendação, uma vez que não foram observadas diferenças

significativas entre os volumes reais e os estimados pelos ajustes das equações. Essa constatação reforça a eficácia desses modelos na previsão de volume, indicando que eles oferecem estimativas confiáveis e consistentes para a espécie em questão.

CONCLUSÕES

Os modelos de Stote e Hall (1993) mostraram-se eficazes na estimativa de volume, com o modelo de Stote $V = -0,00439 + 0,00324X(H) + -0,00003X(DAP)^2 + 0,00006X(DAP^2 \times H)$, apresentando o melhor desempenho com o R^2 ajustado de 0,91, erro padrão da estimativa $Syx\%$ 16,2% e desvio médio padrão (DMP) de 3,12.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES JÚNIOR, J. A.; GOMES, J. M.; SCHNEIDER, C. R. Equações de volume para *khaya senegalensis* (desr.) a. juss. em um sistema silvipastoril. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, Mossoró, v. 10, n. 32, jan./2024.

FERREIRA, A. J. S.; GOMES, J. M.; SCHNEIDER, C. R. Equações de volume para *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. em um sistema silvipastoril. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**. Mossoró, v. 10, n. 32, 2024.

GAMA, R. C.; ANDRADE, V. C. L. Equações hipsométricas e volumétricas para mogno africano no sul do Tocantins. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 507-514, 2018.

GAMA, R. C.; ANDRADE, V. C. L. Volumetria de *Khaya senegalensis* pelo método da altura relativa. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 3, p. 737-742, 2019.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya* spp.). Viçosa: **Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura**, 2011.

SIQUEIRA, E. R.; RIBEIRO, F. E.; CARVALHO, P. E. R.; DRUMOND, M. A. Comportamento inicial de espécies florestais exóticas na região da Mata Atlântica de Sergipe. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n.L, p.13-17, 2002.

Estratégias de Recuperação de Áreas Degradadas pela Pastagem no Cerrado Maranhense

Strategies for the Recovery of Areas Degraded by Pasture in the Maranhense Cerrado

TORRES, Esthefany Oliveira¹; SANTOS, Bárbara Vieira dos²; SOUSA, Aline Santos³; LIMA, Alyssa Rannelly Pereira⁴; LIMA, Michael Douglas Roque⁵; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁶; GOMES, Jaqueline Macedo⁷; ANGELO, Dalton Henrique⁸.

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, esthefanytorres.20200003313@uemasul.edu.br; ² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, barbarasantos.20200009630@uemasul.edu.br; ³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alinesousa.20200009792@uemasul.edu.br; ⁴Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alyssalima.20200003449@uemasul.edu.br; ⁵UEMASUL, michael.lima@uemasul.edu.br; ⁶Universidade do Estado do Pará, chai.rodriuesschneider@gmail.com; ⁷Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, jaquelinegomes@uemasul.edu.br; ⁸Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, dalton.angelo@uemasul.edu.br;

Eixo Temático: Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e Plantadas

Resumo

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e destaca-se pela significativa conversão de sua vegetação natural em áreas destinadas à agropecuária, tem sofrido grande pressão antrópica e se encontra cada vez mais degradado. A ausência de um conhecimento profundo sobre a regeneração natural das espécies e sobre as dinâmicas do solo sob diferentes regimes de manejo impõe limitações aos esforços de recuperação. O objetivo deste trabalho é investigar com base na literatura e propor estratégias eficazes para a recuperação de áreas degradadas pela pastagem no Cerrado Maranhense. O estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão de literatura, com o levantamento de pesquisas recentes de publicações associadas à temática das técnicas aplicadas na recuperação de áreas degradadas no âmbito do bioma. Foi constatado que as principais técnicas associadas a recuperação de áreas degradadas por pastagens são: Regeneração com gramíneas; Sistemas Agroflorestais; Sistemas Silvopastoris; e Recuperação com mudas nativas.

Palavras-chave: Conservação; Pecuária; Maranhão.

Keywords: Conservation; Livestock; Maranhão.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, abrangendo cerca de 203,04 milhões de hectares, o que corresponde a 24% do território brasileiro (EMBRAPA, 2014). Distribuído por 12 estados, destaca-se pela significativa conversão de sua vegetação natural em áreas agropecuárias, com milhões de hectares sendo transformados em pastagem.

No Maranhão, a economia é impulsionada pela agropecuária, em que no ano de 2018, o valor bruto de produção foi de aproximadamente 7 milhões, sendo 22,3%

proveniente da pecuária (Brasil, 2020). Contando com um rebanho bovino de 7,7 milhões de animais (IBGE, 2020).

A expansão da fronteira agrícola tem intensificado a degradação ambiental nesse bioma (MMA, 2020). Além disso, é possível indicar que o avanço da pecuária foi instigado pelo considerável investimento do governo e por programas de desenvolvimento regional (Santana *et al.*, 2020).

A compreensão dos processos de degradação e recuperação no contexto específico do Cerrado Maranhense ainda é limitada, o que dificulta a implementação de estratégias eficazes. Problemas como a compactação do solo, a perda de nutrientes e a redução da cobertura vegetal dificultam a recuperação dessas áreas (Pereira *et al.*, 2023).

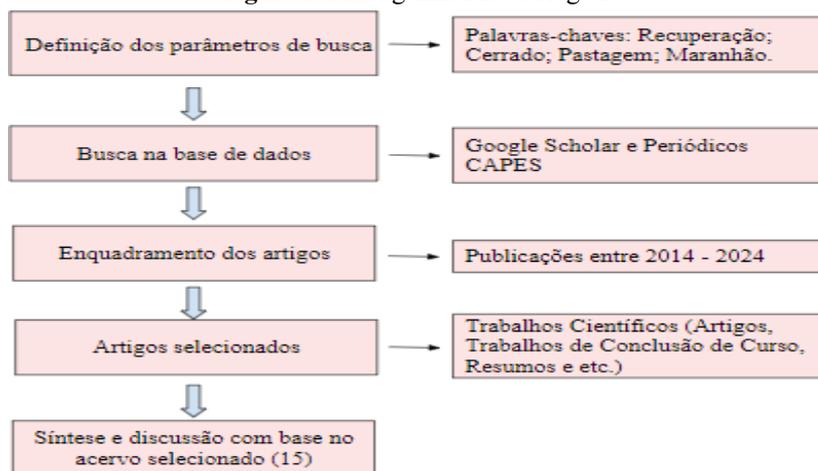
Estudos recentes destacam a necessidade de otimizar técnicas de restauração, como a introdução de espécies nativas e o uso de tecnologias de baixo impacto (Silva *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2019). Entretanto, a ausência de um conhecimento profundo sobre a regeneração natural das espécies e sobre as dinâmicas do solo sob diferentes regimes de manejo impõe limitações consideráveis aos esforços de recuperação (Pinotti, 2020).

Desse modo, o objetivo deste trabalho é investigar com base na literatura e propor estratégias eficazes para a recuperação de áreas degradadas pela pastagem no Cerrado Maranhense. Pretende-se sugerir abordagens que possam garantir a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais essenciais para a existência humana.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão de literatura, que consiste no levantamento de pesquisas recentes de publicações associadas à temática das técnicas aplicadas na recuperação de áreas degradadas no âmbito do bioma Cerrado, visando o resgate do maior número de trabalhos que de alguma forma contribuam com o tema do estudo em questão, a fim de enriquecer a revisão com as contribuições científicas. A Figura 1 esquematiza a metodologia utilizada para a busca de literaturas pertinentes ao tema estudado.

Figura 1. Fluxograma Metodológico.



Fonte: Autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos revelaram um bom número de publicações (520) a respeito do tema escolhido. Visto que é uma problemática atual e a tendência é de que o cenário, com o passar dos anos, se torne mais caótico frente às questões ambientais.

De modo geral, as causas da degradação geralmente estão relacionadas com as características edáficas e climáticas do bioma Cerrado. Associadas ao nível de subutilização e de degradação da cobertura vegetal de determinada área (Feitosa, *et al.*, 2024; Rufino *et al.*, 2024).

No geral, quando utilizadas espécies adequadas, as gramíneas possuem boa adaptação às condições climáticas e apresentam elevado potencial produtivo, porém muitas vezes estas são cultivadas em áreas marginais, em solos com baixa fertilidade natural, elevada acidez, com incidência de declividade, baixa disponibilidade hídrica, resultando em baixa produtividade (Macedo; Araújo, 2019).

Sendo assim, o Quadro 1 apresenta técnicas que podem ser adotadas no que tange a recuperação das áreas degradadas pela pastagem de acordo com a necessidade e recursos disponíveis.

Quadro 1. Técnicas para recuperação de áreas degradadas.

Técnicas	Métodos
Regeneração com gramíneas	Uso de espécies resistentes ao bioma
Sistemas Agroflorestais - SAFs	Consórcio entre culturas florestais e agrícolas
Sistemas Silvopastoris - SPP	Espécies lenhosas, gramíneas, leguminosas e animais
Recuperação com mudas nativas	Utilizar espécies pioneiras e clímax

Fonte: Autores (2024).

A regeneração de áreas degradadas a partir do emprego dessas técnicas, minimiza a pressão pela abertura de novas fronteiras agrícolas sobre áreas com cobertura vegetal nativa. O uso de espécies resistentes a solos ácidos, com baixa disponibilidade de nutrientes e ao clima seco é uma opção viável. Caso contrário, por mais que seja feito o preparo do solo, se não for utilizada uma espécie adaptada a longo prazo, a perda de pastagem e degradação é uma certeza (Cordeiro *et al.*, 2022).

Observa-se que, dentro dessas estratégias (Quadro 1), são impostos métodos, que para serem bem-sucedidos devem ser empregados com espécies bem adaptadas ou nativas do bioma cerrado, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Espécies sugeridas.

Tipo	Espécies
Gramíneas	<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster
	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster
Leguminosas	<i>Acacia mangium</i>
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Agrícolas	<i>Oryza sativa</i> L. (arroz)
	<i>Zea mays</i> L. (milho)
Florestais/Nativas	<i>Annona macrocarpa</i> (Mart.) H. Rainer & M. M. Silva
	<i>Byrsonima crassifolia</i> L. Rich
	<i>Caryocar brasiliense</i> A. St. Hil.
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
	<i>Pterodon platycephalus</i> Benth.
	<i>Stryphnodendron paniculatum</i> (Mart.) Mart.
	<i>Swietenia macrophylla</i> King

Fonte: Autores (2024).

Na pesquisa conduzida por Gonçalves *et al.* (2024), durante o acompanhamento do plantio constatou-se que as espécies pioneiras se desenvolveram mais rápido que as de clímax, assim como apontado por Bendito *et al.* (2018). Os autores afirmam que plantas clímax necessitam de maior tempo para seu crescimento. Entretanto, o crescimento acelerado não é um fator determinante em projetos de recuperação, visto que a diversificação de espécies nativas de diferentes grupos ecológicos torna o processo mais eficiente (Lima *et al.*, 2018).

Dentre as espécies estudadas, as que demonstraram melhor adaptabilidade foram: *Guazuma ulmifolia* Lam. (Bendito *et al.*, 2018), *Annona macrocarpa* (Mart.) H. Rainer & M. M. Silva, *Pterodon platycephalus* Benth., *Chrysobalanus pachystachyus* (Mart.) Huber e *Stryphnodendron paniculatum* (Mart.) Mart (Gonçalves *et al.* 2024). Estas mostraram-se uma excelente alternativa para projetos de restauração de áreas degradadas no Cerrado, possibilitando a recuperação dos processos ambientais e o emprego de espécies sob manejo sustentável para variadas finalidades.

CONCLUSÕES

Dentre as estratégias de recuperação, destacam-se a regeneração com gramíneas, Sistemas Agroflorestais (SAFs), Sistemas Silvopastoris (SPP) e o plantio de mudas nativas. Essas práticas não só contribuem para a restauração da vegetação nativa, mas também permitem a manutenção da produção agrícola e pecuária sem a necessidade de supressão da vegetação original.

Assim como o uso de espécies nativas e bem adaptadas ao Cerrado é fundamental para o sucesso dessas iniciativas. Em suma, a aplicação dessas técnicas pode minimizar a pressão sobre novas fronteiras agrícolas e promover uma agricultura mais sustentável no Cerrado.

Portanto, recomenda-se que os futuros estudos priorizem a investigação das interações entre vegetação, solo e clima, além de considerar a viabilidade econômica das práticas de recuperação para garantir a adesão dos produtores locais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, ao professor Msc. Dalton Henrique Angelo, por sua orientação e incentivo à produção deste artigo, à Uemasul, instituição que tem sido fundamental na nossa formação acadêmica e no desenvolvimento científico e à empresa ELAS, pela parceria e pelo apoio financeiro na publicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bendito, B. P. C. *et al.* Espécies do cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas, Gurupi(TO). **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, p. 99-106, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária. 2020.**

Cordeiro, L. A. M. Estratégias para recuperação e renovação de pastagens degradadas no Cerrado. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Bioma Cerrado**. 2014.

Feitosa, A. C. et al. Indicadores socioambientais do clima semiárido no leste maranhense. **Revista Territorium Terram**, v. 7, n. 12, p. 414-430, 2024.

Gonçalves, S. B. et al. Desenvolvimento de módulos demonstrativos de recuperação de cerrado com três anos de implantação. **ACSA**, Patos-PB, v.20, n.2, p.20-25, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro. 2020.

Lima, E. M. *et al.* Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas em solos degradados e com presença de plintita no Bioma Cerrado, Brasília –DF. **Nativa**, v.6, n. especial, p. 787-794, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i0.6210>.

Macedo, M. C. M.; De Araújo, A. R. Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa. p. 295-317, 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **O bioma cerrado**. Brasília, 2020.

Oliveira, P. A., Costa, D. S.; Lima, C. A. "Manejo sustentável e recuperação de pastagens no Cerrado: desafios e perspectivas." **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 36, n. 2, p. 203-215, 2019.

Pereira, I. M. *et al.* **Recuperação de áreas fortemente degradadas no bioma cerrado: desafios e perspectivas**. Ilibrary.org, 2023.

Pinotti, L. C. A. *et al.* Regeneração natural em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista sob diferentes manejos do estrato herbáceo. **RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá**, v. 13, p. 1213-1231, 2020.

Rufino, D. C. *et al.* Reflexões Sobre o Clima Semiárido no Estado do Maranhão. **International Journal Semiarid**, v. 7, p. 215-230, 2024.

Santana, C. A. M., *et al.* Cerrado: pilar da agricultura brasileira. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília: Embrapa, p.39 - 58, 2020.

Silva, J. R. *et al.* "Restauração ecológica de áreas de pastagem degradadas no Cerrado." **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 815-825, 2014.

Inventário arbóreo do centro urbano de Ipameri-GO: avaliação da diversidade vegetativa

Tree inventory of the urban center of Ipameri-GO: assessment of vegetative diversity

SOUZA, Pedro Lucas Ferreira de¹; SILVA, Maria Eduarda Borges Rodrigues¹; NASCIMENTO, William Jeronimo Araujo¹; VALE, Vagner Santiago do¹; PEREIRA, Ismael Martins¹; LIMA, Roldão Carlos Andrade¹

¹ Universidade Estadual de Goiás, pedrolucasferreira1981@aluno.ueg.br, mborgesrodrigues@aluno.ueg.br, william.01@aluno.ueg.br, vagner.vale@ueg.br, ismael.pereira@ueg.br, roldao.carlos@ueg.br

Eixo Temático: Meio ambiente

Resumo

O estudo teve como objetivo realizar um inventário arbóreo no centro urbano de Ipameri-GO, com foco na diversidade vegetativa. O levantamento foi conduzido no entorno do lago municipal, utilizando o método de censo, registrando informações como altura, diâmetro do caule e identificação botânica das espécies. Foram catalogadas 56 árvores, distribuídas em 10 espécies e 6 famílias botânicas, das quais 70% são exóticas e 30% nativas. A predominância de espécies exóticas, como a Palmeira Imperial e a Palmeira Rabo de Peixe, indica um possível viés ornamental na arborização urbana. Embora o número total de espécies esteja dentro do intervalo recomendado para áreas urbanas, observou-se um desequilíbrio na distribuição, com poucas espécies dominantes. O estudo destaca a necessidade de maior diversificação e incentivo ao uso de espécies nativas, visando promover maior equilíbrio ecológico e benefícios ambientais à população.

Palavras-chave: Arborização; Silvicultura urbana; Inventário florestal; Diversidade vegetativa.

Keywords: *Afforestation; Urban forestry; Forest inventory; Vegetative diversity.*

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população urbana e a consequente expansão das áreas urbanizadas, as administrações públicas têm demonstrado um interesse crescente na arborização das cidades. Esse interesse se concentra especialmente na qualidade e preservação dos espaços de circulação, visando promover ambientes mais sustentáveis e agradáveis para a população (Bonametti, 2020).

A arborização urbana reflete a sociedade que a constrói, sendo um produto da história das relações materiais humanas. Em outras palavras, ela evolui continuamente, adquirindo novas características conforme cada estágio do processo de trabalho se concretiza e se materializa. Essa dinâmica se manifesta na relação entre o ambiente construído, composto por casas, ruas, avenidas, estradas, edificações, praças e parques, e o não construído, representado pelos elementos naturais. Além disso, o movimento de pessoas e mercadorias ao longo do tempo atua como um marcador de diferentes

momentos históricos, resultando em uma interação constante entre as vias de circulação e a vegetação urbana (Bonametti, 2020).

A vegetação urbana auxilia na melhoria da qualidade do ambiente urbano de várias formas, incluindo pelo sombreamento. Segundo Mascaró e Mascaró (2005), o sombreamento é uma das funções mais importantes da arborização urbana, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical úmido. Sua principal finalidade é mitigar o calor intenso durante as estações mais quentes. Além disso, contribui para a redução da temperatura dos edifícios e minimiza a sensação térmica dos usuários, sejam pedestres ou condutores de veículos motorizados, proporcionando maior conforto e qualidade ambiental nas cidades.

Mascaró e Mascaró (2005) afirmam ainda que a poluição atmosférica urbana também se torna um problema quando a produção de poluentes excede a habilidade dos processos naturais de eliminá-los ou atenuá-los. A vegetação urbana possui um papel crucial na eliminação de partículas e gases poluentes do ar. Nesse sentido, as árvores têm o papel de absorver os gases provenientes dos automóveis devido à queima incompleta dos combustíveis, fixando as partículas em sua superfície, particularmente se forem de textura pilosa, cerosa ou espinhosa. Ademais, Mukai (2011) relata que ruas densamente arborizadas podem reter até 70% da poeira suspensa, de forma que, uma única fileira de árvores pode diminuir os particulados em 25%.

Além de atuar como barreira acústica, segundo Santos (2011), a vegetação também contribui para a formação de uma barreira visual, proporcionando maior privacidade aos moradores tanto em relação ao som quanto à visibilidade. Esse efeito favorece o bem-estar e a satisfação dos indivíduos ao ocuparem esses espaços. Diante da importância da arborização para o ambiente urbano, este trabalho teve como objetivo realizar um inventário da vegetação no centro urbano de Ipameri-GO, visando mensurar a diversidade arbórea presente na região.

METODOLOGIA

A área de estudo localiza-se na cidade de Ipameri, região sul do estado de Goiás, a qual apresenta um clima tropical típico, com estação chuvosa entre os meses de outubro a abril, e estação seca entre os meses de maio a setembro. A temperatura média anual varia entre 20°C e 25°C, com uma precipitação média anual de aproximadamente 1.500 mm. A região conta com diversas áreas verdes urbanas, dentre as quais destaca-se o Lago Municipal Dr. Rubens Edreira Cosac, situado na Rua Rádio Amador Júlio Sampaio, 290-

542, no bairro Santa Cecília. Esse local é amplamente utilizado para lazer e atividades recreativas, sendo um importante espaço de convivência para a população.

Os levantamentos foram conduzidos no entorno do lago municipal durante o ano de 2024. O método de inventário adotado foi o censo, com coleta de dados realizada por meio de inspeção direta de cada indivíduo arbóreo presente na área amostrada.

Durante o levantamento, foram coletadas amostras vegetativas para criação de exsicatas e registradas fotografias de cada árvore para posterior identificação. A determinação das espécies foi realizada com base no identificador botânico elaborado por Freire (1943) e a determinação da família com base no sistema de Cronquist (1981).

Para a realização do inventário, foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais: fita métrica para aferição do diâmetro do caule, clinômetro para medição de altura da árvore, prancheta, formulários para registro dos dados, lápis, borracha e câmera fotográfica para documentação das árvores.

As medições realizadas foram exclusivamente quantitativas, contemplando a altura total e o diâmetro do caule de cada indivíduo arbóreo. Todos os dados coletados foram registrados em fichas individuais para posterior análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento dendrológico realizado no lago municipal de Ipameri-GO identificou a presença de 56 árvores distribuídas ao longo da área estudada. Essas árvores pertencem a 10 espécies diferentes, agrupadas em 6 famílias botânicas, das quais 7 são exóticas e 3 são nativas da flora brasileira.

A Tabela 1 apresenta a relação completa das espécies identificadas no inventário, incluindo o nome vulgar, nome científico, família botânica, quantidade de espécimes registrados e sua origem (nativa ou exótica) em relação à flora brasileira. Esses dados fornecem um panorama detalhado da composição arbórea do local, contribuindo para análises futuras sobre a biodiversidade e a gestão ambiental da região.

Tabela 1. Inventário das espécies encontradas, com seus respectivos nomes vulgares, nomes científicos, família, origem e quantidade.

Nome Vulgar	Nome científico	Família	Origem	Quantidade (%)
-------------	-----------------	---------	--------	----------------

Palmeira Rabo de Peixe	<i>Caryota urens</i>	Arecaceae	E	13	21,3
Ipê Rosa	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Bignoniaceae	N	6	9,84
Oiti	<i>Licania tomentosa</i>	Chrysobalanaceae	N	1	1,64
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bignoniaceae	E	2	3,28
Mimoso					
Flamboiã	<i>Delonix regia</i>	Fabaceae	E	2	3,28
Ingá	<i>Inga vera</i>	Fabaceae	N	2	3,28
Cassia Rosa	<i>Cassia javanica</i>	Caesalpinaceae	E	12	19,7
Jambo-Vermelho	<i>Syzygium malaccense</i>	Myrtaceae	E	1	1,64
Palmeira Imperial	<i>Roystonea oleracea</i>	Arecaceae	E	14	22,95
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Fabaceae	E	1	1,64
N. I.	<i>N. I</i>	N.I	N.I.	2	
TOTAL	10 espécies	6 famílias		56	100

N = Nativa à flora brasileira; E = Exótica à flora brasileira; N.I. = Não Identificada.

A partir da análise da Tabela 1, é possível caracterizar o patrimônio arbóreo do lago municipal como composto por um total de 56 indivíduos arbóreos com Circunferência à Altura do Peito (CAP) significativo. Esses indivíduos estão distribuídos em 10 espécies pertencentes a 6 famílias botânicas. No entanto, dois espécimes não puderam ser identificados.

A presença majoritária de espécies exóticas (70% do total) indica uma possível influência da arborização ornamental na composição vegetal do local (Souza; Castro; Botrel, 2023). Espécies como a Palmeira Imperial e a Palmeira Rabo de Peixe, ambas exóticas, foram as mais representativas, totalizando, respectivamente, 22,95% e 21,3% da amostragem. A alta frequência dessas espécies sugere preferência por plantas de porte elevado e aparência ornamental na composição do paisagismo.

Embora o número total de espécies (10) esteja dentro do intervalo recomendado para a arborização de áreas urbanas, que é entre 10 e 20 (Milano; Dalcin, 2000), nota-se que há um desequilíbrio na distribuição. Poucas espécies dominam a paisagem, como a Palmeira Imperial e a Cassia Rosa, que juntas representam mais de 40% dos indivíduos inventariados. Em contrapartida, algumas espécies possuem apenas um exemplar registrado, como o Jambo-Vermelho, o Tamarindo e o Oiti, o que pode indicar baixa representatividade ou introdução esporádica dessas árvores na região (Alves; Costa; Costa, 2023).

Entre as três espécies nativas identificadas, destacam-se o Ipê Rosa e o Ingá, que apresentam maior representatividade. No entanto, a baixa proporção de espécies nativas (apenas 28,68% do total) pode ser um indicativo da necessidade de estratégias para aumentar a diversidade e a conservação da flora local, promovendo o uso de espécies adaptadas ao bioma regional e aos serviços ecossistêmicos.

Dois indivíduos não puderam ser identificados, representando uma lacuna no levantamento. Isso deve-se a ausência de características reprodutivas (flores ou frutos) no momento da análise, dificultando a identificação taxonômica.

CONCLUSÕES

Os dados evidenciam que a vegetação arbórea do lago municipal é majoritariamente composta por espécies exóticas, com predominância de poucas espécies dominantes. Esse padrão pode impactar a biodiversidade local, uma vez que espécies nativas desempenham papéis ecológicos importantes para a fauna e o equilíbrio ambiental. Dessa forma, recomenda-se que futuros planejamentos de arborização considerem a introdução de mais espécies nativas, visando aumentar a diversidade e os benefícios ambientais da vegetação urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. P.; COSTA, J. A. S.; COSTA, C. B. N. Arborização urbana dominada por espécies exóticas em um país megadiverso: falta de planejamento ou desconhecimento? **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1304-1375, 2023.

BONAMETTI, J. H. Arborização urbana. **Revista Terra & Cultura: cadernos de ensino e pesquisa**, v. 19, n. 36, p. 51-55, 2020.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York, Columbia University Press, 1981.

FREIRE, C. V. **Chaves Analíticas**. Rio de Janeiro, 3. ed., 1943, 363 p.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação Urbana**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Editora Mais Quatro, 2005.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 206p.

MUKAI, H. **Arborização e sistemas urbanos**. 2011. 35 f. Monografia (Especialização em Arquitetura Paisagística) – Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel, PR, 2011.

SANTOS, E. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais / Fundação Biodiversitas, 2011.

SOUZA, L. C. A.; CASTRO, V. G.; BOTREL, R. T. Percepção sobre espécies exóticas e nativas na arborização de escolas na cidade de Mossoró, RN, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 161–174, 2023.

Mudanças nos padrões de chuva em Ipameri-GO: uma análise comparativa entre duas climatologias

Changes in rainfall patterns in Ipameri-GO: a comparative analysis between two climatologies

MOREIRA, Maria Eduarda D' Almeida Cirino¹; GUSMÃO, Franthesco Pires¹;
VELOSO, Anne Caroline Guimarães¹; SALES, Eliton Sancler Gomes¹

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG), maria.cirino@aluno.ueg.br, franthesco@aluno.ueg.br,
anne.veloso@ueg.br, eliton.sancler@ueg.br.

Eixo Temático: Meio ambiente

Resumo

O município de Ipameri, em Goiás, é um polo agropecuário cuja economia depende do clima. Este estudo analisou variações na precipitação entre 1961-1990 e 1991-2020, com dados do INMET. Os resultados mostraram redistribuição das chuvas, com aumento significativo em fevereiro (+22,8 mm), março (+60,2 mm) e novembro (+57,9 mm), e redução acentuada em maio (-7,5 mm), julho (-7,4 mm), agosto (-12,7 mm), outubro (-6,4 mm) e dezembro (-53,4 mm). O período chuvoso, de outubro a abril, que concentra mais de 80% do total anual de precipitação pode estar encurtando, impactando a agricultura e exigindo estratégias como irrigação eficiente e conservação do solo.

Palavras-chave: Variabilidade climática; Estiagem; Manejo hídrico.

Keywords: Climate variability; Drought; Water management.

INTRODUÇÃO

A cidade de Ipameri, localizada na região sul do estado de Goiás, possui grande relevância histórica, sendo a primeira do estado a contar com energia elétrica gerada no próprio município e uma das pioneiras nesse aspecto na Região Centro-Oeste. Além de sua importância histórica, Ipameri se destaca como um polo agropecuário, setor que constitui a base de sua economia (Duarte, 2021). Com uma população de aproximadamente 25.548 habitantes e uma área territorial de 4.382,863 km², o município apresenta um clima tropical, caracterizado por duas estações bem definidas: um inverno seco e um verão chuvoso, típicos do bioma Cerrado. (IBGE, 2023)

Historicamente, o Cerrado brasileiro foi considerado uma região de baixa produtividade agrícola nas décadas de 1960 e 1970, devido aos seus solos ácidos, pobres em nutrientes e sujeitos a períodos prolongados de seca. Entretanto, avanços tecnológicos possibilitaram a adaptação da atividade agropecuária às condições da região, aumentando sua produtividade. No entanto, a instabilidade climática ainda é um fator determinante que impacta na produção agrícola, tornando evidente a influência das adversidades climáticas na dinâmica socioeconômica local.

Estudos climatológicos realizados ao longo de 25 anos no sudoeste goiano indicam uma grande variabilidade e tendência de inconstância climática na região. Segundo Christofolletti (1992), essa tendência não segue um padrão linear ao longo do tempo, mas apresenta oscilações entre valores mínimos e máximos nos períodos analisados. O clima desempenha um papel fundamental como agente econômico, pois é um dos principais insumos nos processos naturais e produtivos das atividades humanas. Dessa forma, influencia diretamente a ocupação do espaço e a produtividade agrícola, evidenciando que a variabilidade climática é um fator essencial para a tomada de decisões estratégicas no setor agropecuário (Curry, 1952).

Dessa forma, considerando o papel fundamental de Ipameri como polo agropecuário e a influência do clima como fator determinante para a continuidade da produção, este estudo teve como objetivo analisar a precipitação de duas climatologias 1961-1990 e 1991-2020 para o município de Ipameri - Goiás, permitindo uma compreensão mais detalhada das variações e tendências climáticas na região.

METODOLOGIA

Este estudo foi realizado para o município de Ipameri, localizado no sudeste do estado de Goiás, Brasil. O município possui uma área de aproximadamente 4.369 km² e está situado nas coordenadas geográficas de latitude 17°43'15" S e longitude 48°09'32" O.

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que disponibiliza séries climatológicas de precipitação organizadas em intervalos de 30 anos. Foram obtidos dados climatológicos de precipitação para o município de Ipameri – Goiás abrangendo o período de 1961 a 1990, enquanto a segunda contemplou os anos de 1991 a 2020. Esses dados são médias

mensais de todos os meses do ano compreendendo o intervalo de trinta anos. Os dados foram tabulados e organizando por meio da utilização de planilhas em Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a análise comparativa do regime de precipitação entre os períodos de 1961-1990 e 1991-2020 para o município de Ipameri, Goiás. Como é possível observar, o período chuvoso para o município, compreende-se a partir do mês de outubro a abril, apresentando os maiores índices de precipitação, quando ocorrem mais de 80% do total anual de chuvas, conforme descrito por Alves et al. (2002) e Paiva (1997). O inverso acontece entre os meses de maio a setembro, considerado o período mais seco para a região.

Tabela 1. Análise de precipitação climatológicas para o município de Ipameri-GO

	Precipitação 1961-1990 (mm)	Precipitação 1991-2020 (mm)	Diferença (mm)
Jan	271,6	272,2	0,6
Fev	187,6	210,4	22,8
Mar	164,6	224,8	60,2
Abr	92,5	92,0	-0,5
Mai	36,5	29,0	-7,5
Jun	9,9	8,2	-1,7
Jul	10,9	3,5	-7,4
Ago	19,4	6,7	-12,7
Set	39,4	46,0	6,6
Out	114,5	108,1	-6,4
Nov	159,7	217,6	57,9
Dez	316,7	263,3	-53,4

Os resultados evidenciam variações significativas ao longo dos meses quando comparada as duas climatologias, indicando possíveis mudanças nos padrões climáticos da região. Observa-se um aumento expressivo na precipitação nos meses de fevereiro (+22,8 mm), março (+60,2 mm) e novembro (+57,9 mm), considerados uns dos meses mais chuvosos para o município. Esse aumento pode estar associado a mudanças na

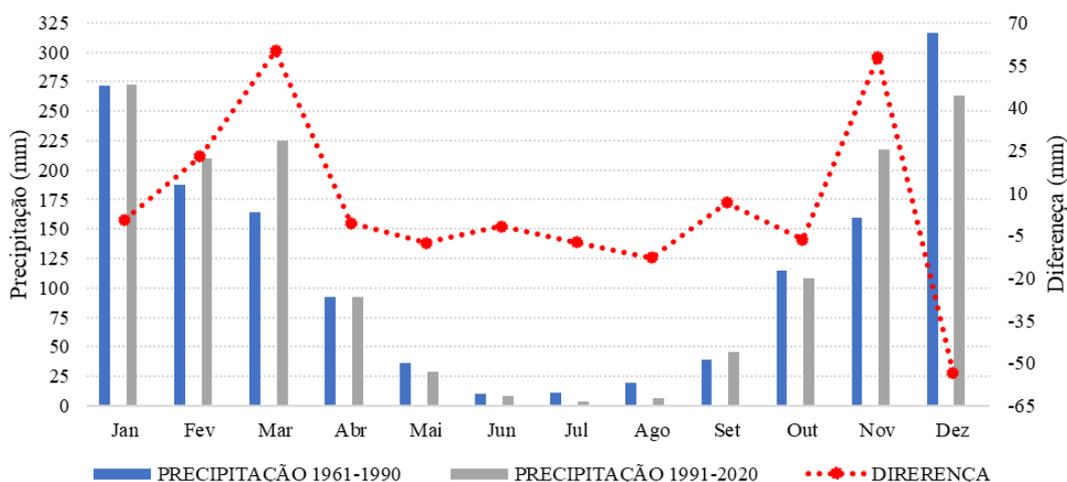
circulação atmosférica, maior influência de fenômenos climáticos globais, como *El Niño* e *La Niña*, além de alterações no padrão de umidade regional (Matta *et al.*, 2023).

Por outro lado, a precipitação diminuiu significativamente nos meses de maio (-7,5 mm), julho (-7,4 mm), agosto (-12,7 mm), outubro (-6,4 mm) e dezembro (-53,4 mm). O período considerado mais seco para o município está ficando cada vez com menos precipitação, intensificando os períodos de estiagem, aumentando a necessidade de estratégias de conservação de água para a produção agropecuária.

A redução expressiva das chuvas em dezembro pode indicar um encurtamento da estação chuvosa, afetando diretamente o planejamento agrícola, especialmente no que diz respeito ao cultivo de culturas dependentes da regularidade hídrica (Libonati *et al.*, 2022). Os meses de abril (-0,5 mm) e junho (-1,7 mm) apresentaram variações menores, sugerindo certa estabilidade na precipitação nesses períodos. Em contrapartida, setembro (+6,6 mm) registrou um leve aumento nas chuvas.

A Figura 1 apresenta a análise comparativa da precipitação climatológica para o município de Ipameri-GO, considerando os períodos de 1961-1990 e 1991-2020. As barras azuis representam os valores médios mensais de precipitação do primeiro período, enquanto as barras cinzas indicam os valores do segundo período. Além disso, a linha pontilhada vermelha ilustra a diferença entre os dois períodos, destacando as variações na precipitação ao longo do ano.

Figura 1. Precipitação climatológica para Ipameri-GO



Essas mudanças no regime de precipitação têm implicações diretas para o setor agropecuário, influenciando o manejo da água, o calendário agrícola e a escolha das

culturas mais adequadas para a nova distribuição hídrica. A redução das chuvas em meses tradicionalmente secos pode agravar períodos de estiagem, demandando estratégias de adaptação, como a implementação de sistemas de irrigação eficientes e práticas de conservação do solo. Já o aumento das chuvas em meses específicos pode beneficiar algumas culturas, mas também aumentar o risco de erosão e encharcamento do solo (Dias *et al.*,2023).

Dessa forma, a análise dos dados evidencia a necessidade de um monitoramento contínuo das condições climáticas para um planejamento agrícola mais eficaz, permitindo que produtores rurais tomem decisões estratégicas para minimizar impactos negativos e aproveitar as mudanças climáticas de forma mais eficiente.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam uma redistribuição das chuvas, com aumento em fevereiro, março, setembro e novembro, mas redução significativa entre maio e agosto que fazem parte dos meses mais secos, além de redução em dezembro que é considerado chuvoso. Essas variações indicam um possível encurtamento da estação chuvosa e intensificação da seca, impactando diretamente a agricultura. Para minimizar os efeitos negativos, são necessárias estratégias adaptativas, como irrigação eficiente e conservação do solo, além de monitoramento contínuo para um planejamento agrícola mais assertivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; CAMARGO JR., H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.3, p.385-394, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A.L.H. Procedimentos de análise utilizados no estudo da precipitação. **Geociências**, São Paul, v.11, n.1, p. 75-98,1992.

CURRY, YL. Climate and Economic Life: a new approach with examples from the United States. **The Geographical Review**, New York v.42, n. 3, p. 368-383,1999.

DIAS, J. *et al.* Análise da água do primeiro milímetro de sistema de captação de água de chuva com foco na agricultura. **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais**, p. 119-127, 2023.

DUARTE, L. T. **O fiado da memória: estudo do fazer artesanal têxtil no âmbito doméstico em Ipameri-GO**. 2021. 211 f. Dissertação (Mestrado em Têxtil e Moda) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Ipameri

– **GO**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/ipameri.html>.

Acesso em: 8 mar. 2025.

LIBONATI, R., J. L. *et al.* Drought–heatwave nexus in Brazil and related impacts on health and fires: A comprehensive review. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1517, p. 44-62, 2022.

MATTA, D. H. *et al.* Analysis of Goiás State rainfall and temperature similarity patterns during the El Niño-Southern Oscillation phenomenon phases across the years. **Theor Appl Climatol**, v. 153, p. 1013–1031, 2023.

PAIVA, C.M. **Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa e da ocorrência de veranicos na Bacia do Rio Doce**. 1997. 65f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997

Principais Técnicas para Restauração de Taludes em Áreas de Mineração da Região Amazônica no Estado do Pará

Main Techniques for Restoration of Slopes in Mining Areas of the Amazon Region in the State of Pará

BRITO, Manasses Macedo¹; SILVA, Natália Matos¹; LIMA, Vanêssa do Nascimento¹; SOUSA, Francisco Vitor Cunha de¹; FURTADO, Thaís Vitória Gomes¹; SILVA, Luiz Filipe Cristiano¹; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues²; ANGELO, Dalton Henrique²

¹UEMASUL, manassesbritto.20190003743@uemasul.edu.br; ¹UEMASUL, nataliasilva.20190003805@uemasul.edu.br; ¹UEMASUL, vanessalima.20190008060@uemasul.edu.br; ¹UEMASUL, francisco.vitor.sousa@uemasul.edu.br; ¹UEMASUL, thais.furtado@uemasul.edu.br; ¹UEMASUL, luiz.cristiano@uemasul.edu.br; ²UEMASUL, chaiane.r.schneider@uepa.br; ²UEMASUL, dalton.angelo@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Manejo de ecossistemas de florestas nativas e plantadas

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar propostas de técnicas de revegetação, com utilização de materiais geotêxteis, materiais têxteis permeáveis utilizadas para controle de erosão, e gramíneas para a restauração de taludes em áreas de mineração da região amazônica no estado do Pará. Para isso foi realizado pesquisas bibliográficas e estudo em material digital e acervo da biblioteca da universidade, destacando o uso de mantas e gramíneas nativas como alternativas para tornar viável a recuperação dessas áreas. As mantas geotêxteis se destacaram na prevenção da perda de solo desempenhando um papel importante, apesar de dificultar a emergência de algumas gramíneas. Em contrapartida, outra manta mostrou-se mais eficaz na redução do escoamento de água, favorecendo uma melhor infiltração e perfil hídrico. Quanto às gramíneas para revegetação de taludes algumas das principais espécies.

Palavras-chave: Barreira, prevenção e revegetação

Keywords: Barrier, prevention and revegetation

INTRODUÇÃO

A vasta extensão da Amazônia e sua rica biodiversidade tornam a região um ponto focal para diversas atividades econômicas, incluindo a mineração, que transforma significativamente a paisagem natural da região (LEAL, 2019; SILVA, 2023). O estado do Pará, em particular, desempenha um papel fundamental nesse setor. Em 2021, o Pará respondeu por 21,2% da produção mineral nacional, totalizando 369,4 milhões de toneladas de minério (ANM, 2022). A intensa exploração mineral na Amazônia frequentemente resulta na formação de taludes, que podem ser tanto naturais quanto artificiais e alteram a estrutura do solo. Esses taludes exigem uma compreensão detalhada dos processos geológicos envolvidos (ALMEIDA, 2016; LOVEJOY e NOBRE, 2019). Dada a sua complexidade e o impacto das atividades de mineração, é

essencial aplicar técnicas adequadas para estabilização e recuperação, com o objetivo de minimizar os efeitos ambientais negativos.

Nesse contexto, taludes podem ser definidos como superfícies de solo inclinadas em relação à horizontal (GARCIA, 2018). Enquanto taludes naturais resultam de processos geológicos e geomorfológicos diversos, os taludes artificiais são criados pela modificação da estrutura original do solo devido a atividades humanas, como cortes e aterros, especialmente durante a mineração (ALMEIDA, 2016; MACHADO e MOREIRA, 2020). A exploração mineral contribui para a formação desses taludes e, para lidar com seus impactos, é necessário implementar técnicas eficazes de recuperação.

A Constituição da República Federativa do Brasil, no capítulo VI, estabelece no Artigo 225, parágrafo 2º, que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”. O decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, reforça essa obrigatoriedade ao exigir que os empreendimentos minerários apresentem um Plano de Recuperação das Áreas Degradadas (PRAD) como parte do Estudo de Impacto Ambiental.

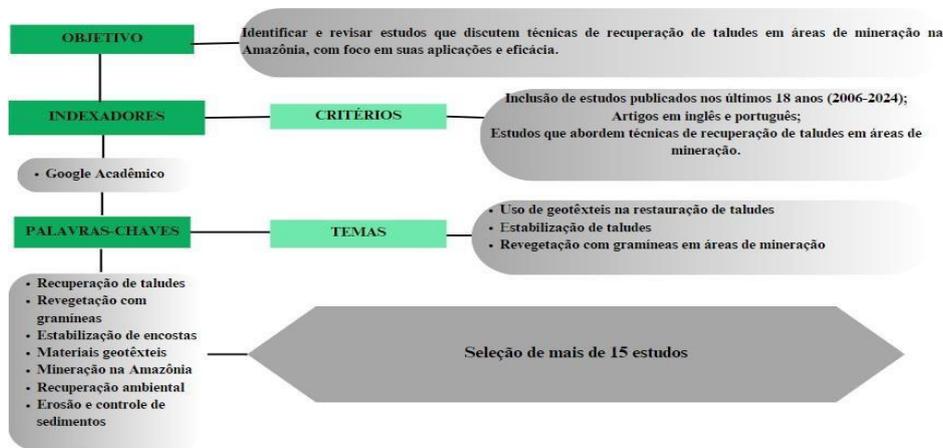
Uma das técnicas mais utilizadas para a recuperação de áreas de taludes degradados é a revegetação com materiais geotêxteis, como mantas anti-erosivas confeccionadas a partir de materiais biodegradáveis, como folhas e fibras de palmeiras (BEZERRA, 2011). Essas mantas se deterioram com o tempo, facilitando o desenvolvimento das plantas. Outra abordagem técnica envolve a revegetação com gramíneas nativas, que ajudam a fixar o solo, prevenir erosões contínuas e melhorar a retenção de umidade, promovendo condições ideais para o crescimento das plantas (COSTA, 2024). Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é apresentar e comparar técnicas de revegetação utilizando materiais geotêxteis e gramíneas nativas para a restauração de taludes em áreas de mineração da região Amazônica no Estado do Pará.

METODOLOGIA

Este trabalho realizou uma revisão bibliográfica sobre técnicas de restauração de taludes em áreas de mineração. Foram analisados artigos científicos publicados em

periódicos especializados, além de teses e dissertações, que abordam a recuperação de taludes com o uso de materiais geotêxteis e revegetação com gramíneas (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma do Processo de Realização da Revisão Bibliográfica.



Fonte: Autores, 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A recuperação de áreas degradadas com materiais geotêxteis oferece vantagens significativas devido ao baixo custo e à capacidade de decomposição, que posteriormente enriquece o solo com o adubo para a vegetação implantada. A integração com gramíneas é especialmente promissora, pois ao incorporar sementes diretamente no geotêxtil, promove-se uma revegetação eficiente e rápida. Esse método permite que as sementes germinem e cresçam na manta, contribuindo para a estabilização do solo protegendo-o contra a erosão. Atuando no reforço da estrutura do solo, que antes era degradado e instável. Além disso, melhora a infiltração da água promovendo a regeneração da vegetação (MENDONÇA, 2006).

A pesquisa sobre o uso de geotêxteis, especialmente os de fibras de coco, tem ganhado destaque na recuperação de áreas degradadas, como as resultantes da mineração. Um trabalho relevante nesse contexto é a dissertação de Stein (2021), que avaliou a influência de diferentes espécies herbáceas e a aplicação de geotêxteis no controle da erosão em taludes de lavra de areia. O estudo utilizou geotêxteis biodegradáveis, incluindo fibras de coco, para verificar sua eficácia em comparação ao plantio direto de vegetação. Os resultados mostraram que a vegetação nativa, especialmente *Arachis repens* (Grama Amendoim), teve um desempenho superior no controle da erosão, enquanto o uso de geotêxteis não apresentou benefícios significativos em relação ao plantio direto.

Os geotêxteis de fibras de coco são valorizados por suas propriedades biodegradáveis e por promoverem a retenção de umidade no solo, o que pode ser crucial em ambientes suscetíveis à erosão. No entanto, o estudo indicou que a taxa de cobertura vegetal é um fator determinante para o controle da erosão, sendo necessário que essa cobertura ultrapasse 25% para que os tratamentos sejam eficazes. A pesquisa também destacou que a aplicação de geotêxteis, como os de fibra de coco, não demonstrou vantagens claras sobre a vegetação plantada diretamente no solo, sugerindo que a escolha da vegetação deve ser priorizada.

Em termos de potencialidades, as gramíneas nativas mostraram-se promissoras na estabilização do solo e na recuperação da biodiversidade. O uso de *Arachis repens* destacou-se pela alta taxa de sobrevivência e eficácia no controle da erosão, enquanto a combinação de diferentes espécies nativas pode oferecer uma abordagem mais robusta para a recuperação ambiental. Assim, a pesquisa sugere que, embora os geotêxteis de fibras de coco tenham suas vantagens, a escolha de espécies vegetais adequadas é fundamental para o sucesso da recuperação de áreas degradadas pela mineração.

Os resultados mostraram que algumas mantas foram eficazes na prevenção da perda de solo, mas prejudicou a emergência de algumas gramíneas. Outra manta destacou-se na redução do escoamento de água, melhorando a infiltração e o perfil hídrico. De forma mais ampla, a pesquisa ressalta o importante papel das mantas na recuperação ecológica dos taludes.

Ainda sobre a revegetação de taludes, existem características necessárias para a determinação da vegetação a ser implantada, como, rápido crescimento, tolerância à seca, sobrevivência em solos pouco fertilizados, dentre outros fatores que testem a resistência das plantas utilizadas. As gramíneas foram escolhidas por suas capacidades de adaptação a condições adversas, fixação de nitrogênio no solo, e eficácia em promover cobertura vegetal densa e uniforme, essencial para a estabilização do solo e controle da erosão em taludes.

A pesquisa de Mendes (2023) na Floresta Nacional de Carajás avaliou a eficácia do plantio de *Paspalum foliiforme* e *Paspalum cinerascens* na recuperação de taludes em áreas de mineração. As plantas, coletadas e aclimatadas em viveiros, foram transplantadas para os taludes, onde promoveram um bom crescimento vegetativo, altos teores de clorofila e significativa estabilização dos taludes, reduzindo a erosão e

melhorando a resistência do solo. O estudo destaca a importância de espécies nativas na recuperação ecológica e física de áreas degradadas, confirmando a narrativa que trata as gramíneas nativas como ferramenta essencial na recuperação de taludes.

Costa (2024) utilizou diversos parâmetros que comprovaram a eficiência do uso de gramíneas na recuperação de taludes, dentre eles a altura da gramínea mostrou-se essencial para uma melhor cobertura do solo. Apesar de muito eficiente, o uso de gramíneas neste tipo de revegetação tem seus desafios, um dos maiores é referente ao empobrecimento do solo, como a área degradada possui déficit de nutrientes, isso dificulta o desenvolvimento das gramíneas.

CONCLUSÕES

As pesquisas demonstram que a escolha adequada de materiais geotêxteis e a integração de gramíneas nativas são essenciais para a recuperação eficaz de áreas degradadas. Geotêxteis biodegradáveis, como os de fibras de coco, oferecem vantagens significativas, incluindo a capacidade de enriquecer o solo ao se decompor. No entanto, sua eficácia pode ser limitada em comparação à vegetação direta, sendo a cobertura vegetal um fator crucial para o controle da erosão.

Por outro lado, as gramíneas nativas, adaptadas às condições locais, mostram-se superiores na estabilização do solo e na formação de uma cobertura densa, contribuindo para a recuperação ambiental. A combinação de geotêxteis com a revegetação nativa proporciona uma abordagem mais robusta, sugerindo que a escolha criteriosa das espécies e a avaliação das condições do solo são fundamentais para garantir uma restauração sustentável e bem-sucedida das áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas**. Ano Base 2021. Disponível em:

<<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf>>. Acesso: 09 ago 2024.

ALMEIDA, Allisson Duarte Cardozo. **Propostas para estabilização de talude na rodovia BR-230, KM 19**. Trabalho de Conclusão de Curso - curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, p. 92. 2016.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Presidência da República Casa

Civil, Brasília, DF, 18 de julho de 2000. Disponível em:
<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 29/07/2024.

BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil, Brasília, DF, 10 de abril de 1989. Disponível em:<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm>. Acesso em: 29/07/2024.

BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; RODRIGUES, S. C. Utilização da fotocomparação na reabilitação de áreas degradadas por erosão, a partir de uma estação experimental, Uberlândia – MG. **Revista de Geografia**, UFPE, v. 28, n. 2, 2011.

COSTA, Luana Cristhiny Silva da. **Desempenho de gramíneas nativas da FLONA de Carajás para revegetação de taludes de mineração**. Trabalho de Conclusão de Curso - curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, p. 32. 2024.

GARCIA, Saulo Zanol Nogueira. **Comparativo entre dois métodos de taludes infinitos na geração de mapas de suscetibilidade a deslizamentos translacionais**. Trabalho Conclusão do Curso - Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, P. 77. 2018.

LEAL, Jorge Luiz Santos. **A Amazônia brasileira e o seu caráter transnacional: o aproveitamento do seu patrimônio estratégico para a garantia do desenvolvimento**. Tese (Doutorado) - curso de doutorado em Ciência Jurídica, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí-SC, p. 377. 2019.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon Tipping Point: Last Chance for Action. **SCIENCE ADVANCES**, 20 December 2019.

MACHADO, Frank Silva; MOREIRA Samuel Santos. **Influência da inclinação na concepção de taludes artificiais**. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil. Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia - PA, p. 96. 2020.

MENDES, Elyzandra Kerleman de Almeida. **Gramíneas nativas da Floresta Nacional de Carajás para recuperação de taludes de pilhas estéreis de mineração**. Trabalho de Conclusão de Curso - curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, p. 34. 2023.

MENDONÇA, Jane Karina Silva. **Uso sustentável de espécies de palmeiras da APA da baixada maranhense para controle e recuperação de áreas degradadas por erosão**. tese (mestrado) - Sustentabilidade de ecossistemas, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, p. 80. 2006.

SILVA, Laize Sampaio Chagas. **Mudanças no garimpo e nos modos de vida dos beiradeiros do alto Tapajós**. Tese de Doutorado, Ciência ambiental. Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 156. 2023.

STEIN, Mariana. **Avaliação da erosão em taludes de mineração de areia tratados com coberturas vegetais e geotêxtil - experimento de campo**. Dissertação - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 121. 2021.

SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA COMO ALTERNATIVA DE RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Crop-Livestock-Forest Integration Systems as an Alternative for Recovering Degraded Soils: A Literature Review

COELHO, Gabriel de Sousa¹; MOREIRA, Leticia da Silva²; RAABE, Joabel³; ANGELO, Dalton Henrique⁴; LIMA, Michael Douglas Roque⁵

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, UEMASUL, gabriel.coelho@uemasul.edu.br;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, UEMASUL, leticiamoreira.20212000851@uemasul.edu.br

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, UEMASUL, dalton.angelo@uemasul.edu.br

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, UEMASUL, michael.lima@uemasul.edu.br

Eixo Temático: Manejo De Ecossistemas De Florestas Nativas E Plantadas

Resumo

O Brasil possui extensas áreas com solos degradados e baixa produtividade, gerando pressão por novas áreas e aumento de emissões. Em um contexto de necessidade de sustentabilidade, sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) surgem como alternativa promissora, com benefícios como diversificação produtiva, conservação do solo e mitigação de carbono. Este estudo realizou uma análise bibliométrica de publicações científicas sobre sistemas integrados para recuperação de solos degradados no Brasil. Foram analisadas publicações em bases como SciELO, Periódicos CAPES, ScienceDirect e SpringerLink, utilizando abordagem qualitativa, com artigos publicados entre 2010 e 2022. Os resultados indicam efeitos positivos dos sistemas ILPF nas propriedades do solo, porém com mudanças limitadas no curto prazo. A maioria dos estudos aborda sistemas lavoura-pecuária, e cerca de 50% concentraram-se no Cerrado. Portanto, o monitoramento contínuo e pesquisas de longo prazo são essenciais para validar o potencial estratégico dos sistemas integrados na recuperação de solos, otimização de recursos e promoção da agropecuária sustentável.

Palavras-chave: Agricultura sustentável; sistemas ILPF; atributos do solo; recuperação de pastagens; conservação do solo.

Keywords: Sustainable agriculture; ILPF systems; soil properties; pasture recovery; soil conservation.

INTRODUÇÃO

A produção sustentável de alimentos, energia e produtos florestais enfrenta desafios globais, demandando equilíbrio entre demanda produtiva e conservação de recursos naturais, sobretudo solo e água (CORDEIRO et al., 2015). No Brasil, esse cenário é agravado pelo avanço da fronteira agrícola, supressão de vegetação nativa e

degradação de solos, especialmente em pastagens, que ocupam mais de 20% do território nacional (MapBiomass, 2021). A exploração intensiva sem manejo adequado resulta em perda de produtividade, redução da resiliência edáfica e pressão por novas áreas, comprometendo a sustentabilidade (EMBRAPA, 2015).

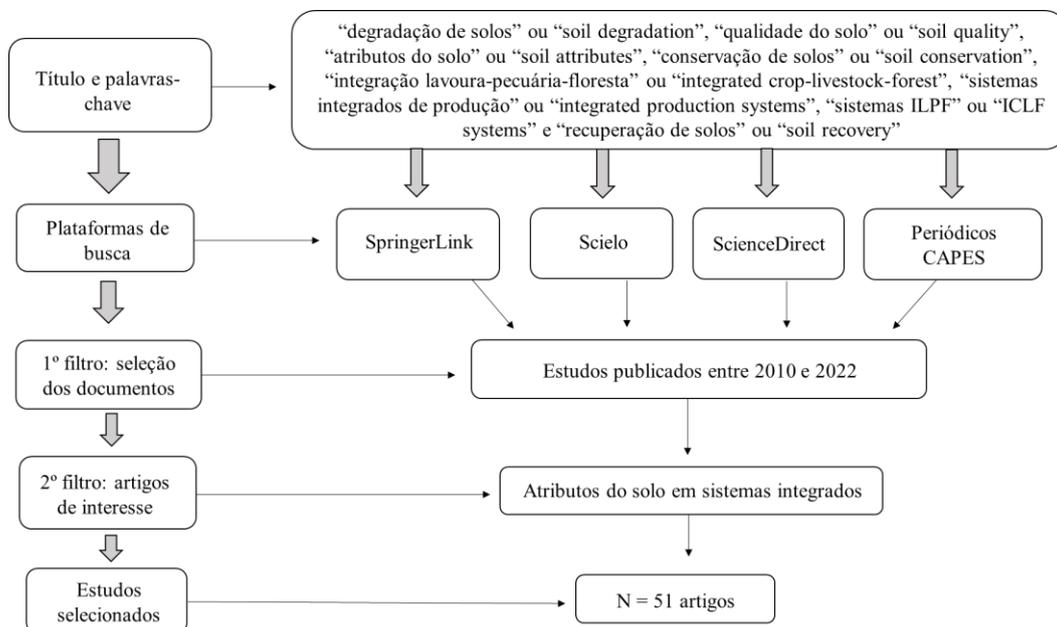
Diante desse contexto, sistemas integrados como os agrossilvipastoris emergem como modelo estratégico como modelo estratégico, conciliando diversificação produtiva, recuperação de solos e mitigação ambiental (ASSIS et al., 2017). Esses sistemas promovem sinergias entre componentes agrícolas, pecuários e florestais, melhorando atributos químicos, físicos e biológicos do solo (DOLLINGER; JOSE, 2018), além de viabilizar retorno econômico por meio da intensificação sustentável (LEÃO et al., 2021). Embora estudos demonstrem seus benefícios, lacunas persistem quanto aos efeitos de longo prazo e à adaptação em diferentes biomas, como o Cerrado.

Nesse sentido, a análise bibliométrica configura-se como ferramenta essencial para mapear tendências, identificar lacunas e direcionar futuras pesquisas. Este trabalho objetivou analisar as publicações científicas sobre sistemas ILPF como alternativa para recuperação de solos degradados no Brasil (2010-2022). A fundamentação teórica e a sistematização do conhecimento visam subsidiar políticas públicas e práticas agrícolas alinhadas ao desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

A presente pesquisa adotou uma abordagem de revisão bibliométrica qualitativa, integrando dados provenientes das bases SciELO, Periódicos CAPES, ScienceDirect e SpringerLink. Para a construção da estratégia de busca, foram selecionadas palavras-chave em português e inglês – como “sistemas ILPF”, “*soil degradation*” e “recuperação de solos”, entre outros termos correlatos –, combinadas por meio de operadores booleanos, conforme ilustrado na Figura 1. A seleção dos estudos abrangeu publicações realizadas entre 2010 e 2022, com ênfase em pesquisas que exploraram experiências no contexto brasileiro. Foram estabelecidos critérios rigorosos de inclusão, os quais consideraram a abordagem de sistemas integrados (ILPF), a análise detalhada de atributos edáficos e a aplicação prática em solos degradados.

Figura 1. Processo e critérios estabelecidos no levantamento de literatura sobre recuperação de solos degradados com adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.



O processo de triagem dos artigos ocorreu em duas etapas, iniciando-se com a seleção dos títulos e resumos para identificar estudos potencialmente relevantes, seguida de uma avaliação crítica dos conteúdos, realizada com base na leitura completa dos textos e fundamentada nas diretrizes metodológicas propostas por Kitchenham (2004).

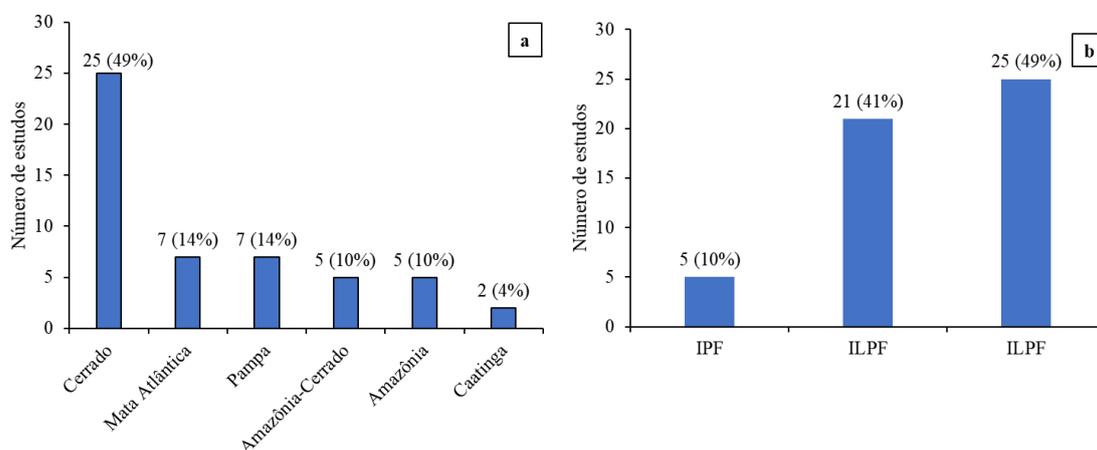
Além disso, para complementar a análise qualitativa, foram incorporados dados socioeconômicos e ambientais extraídos de fontes institucionais, tais como os relatórios do MapBiomas e EMBRAPA, bem como de documentos de políticas públicas, exemplificados pelo Plano ABC. Todo o processo foi orientado por princípios éticos de pesquisa, garantindo a correta referência às fontes e evitando práticas de plágio, o que permitiu a sistematização dos dados de forma robusta e possibilitou a identificação de tendências, lacunas e oportunidades na integração de sistemas ILPF e na recuperação de solos degradados no cenário brasileiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise revela que 49% dos estudos dedicam-se ao bioma Cerrado, enquanto apenas 10% abordam a Amazônia, bioma essencial para a expansão agrícola. O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) surge como o mais investigado, representando 49% das pesquisas, justamente pelos seus benefícios à conservação do solo (Figura 2a). A maioria dos estudos encontrados na literatura sobre adoção de sistemas integrados de produção no contexto da produção agropecuária sustentável abordam sobre o sistema integração lavoura-pecuária (ILP), correspondendo a 49% do total (Figura 2b).

C

Figura 2. Distribuição de estudos por bioma brasileiro.



Nos aspectos físicos do solo, a implementação do ILPF promove a redução da densidade, o aumento da macro porosidade e a melhoria na infiltração de água, especialmente a partir de 3 a 5 anos de aplicação. Quimicamente, ocorre o incremento do carbono orgânico do solo e a diminuição das perdas de nutrientes por erosão. Do ponto de vista biológico, há uma atividade microbiana equilibrada, que reflete uma ciclagem eficiente dos nutrientes. No entanto, 78% das pesquisas concentraram-se nos efeitos iniciais, em períodos de até 5 anos, o que evidencia uma lacuna importante na compreensão dos impactos a longo prazo. Além disso, há um viés regional, pois biomas como a Amazônia e a Caatinga, fundamentais para o entendimento da degradação do solo e da expansão agrícola, encontram-se sub-representados.

A literatura também ressalta os benefícios dos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), que, quando manejados com práticas como o pastejo controlado e a

cobertura do solo, melhoram a qualidade do solo. Contudo, a expansão para o ILPF agrega novas vantagens, como a diversificação de renda, o sombreamento para os animais, o sequestro de carbono e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Diante da urgente necessidade de recuperar solos degradados, notadamente as pastagens abandonadas, é imperativo aliar práticas como o ILPF a políticas públicas, incentivos econômicos e acesso a tecnologias, especialmente considerando que os compromissos climáticos, tais como o Acordo de Paris e o Plano ABC, contrastam com as emissões recordes registradas em 2021.

Em relação aos atributos do solo, a literatura aponta que os sistemas de integração, como ILPF, ILP e ILF, apresentam efeitos positivos, como melhoria das propriedades físicas (redução da densidade e resistência à penetração, aumento da porosidade e retenção hídrica), incremento químico (carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e acúmulo de matéria orgânica em profundidade) e intensificação biológica (diversidade microbiana e ciclagem de nutrientes). Nos estudos avaliados, normalmente o tempo de avaliação variou de 1 a 30 anos, indicando que o tempo influencia fortemente nos atributos mencionados: em curto prazo (1–3 anos), os efeitos são pontuais, enquanto em médio/longo prazo (5+ anos) há ganhos consistentes em fertilidade, estoques de carbono e estrutura do solo, especialmente sob manejo adequado (pastejo moderado em ILP ou arranjo equilibrado de árvores em ILPF). Sistemas mal geridos, como pastagens degradadas, mesmo após anos, podem apresentar resultados inferiores, destacando a necessidade de práticas sustentáveis para maximizar os benefícios.

CONCLUSÕES

Os sistemas ILPF demonstraram potencial para recuperar solos degradados, melhorando atributos físicos, químicos e biológicos, com destaque para incremento de carbono orgânico e atividade microbiana. Contudo, a maioria dos estudos limita-se a efeitos iniciais (≤ 5 anos), sublinhando a necessidade de pesquisas de longo prazo para validar impactos sustentáveis. Os resultados reforçam a relevância de políticas públicas que incentivem a adoção desses sistemas, como acesso a crédito rural e pagamento por serviços ecossistêmicos, alinhando produção agropecuária aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Este estudo contribui para consolidar o ILPF como

estratégia-chave na bioeconomia brasileira, posicionando o país como referência em práticas sustentáveis que conciliam segurança alimentar e mitigação climática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A. **Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2015.

ASSIS, P. C. R. et al. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 309-316, 2015.

ASSIS, P. C. R. et al. Biological soil properties in integrated crop-livestock-forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, e0160209, 2017.

BALBINO, L. C. et al. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura (Plano ABC)**. Brasília: MAPA, 2012.

CARVALHO, J. L. N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010.

EMBRAPA. **ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil - Coleção 6**. 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SILVA, S. I. A. et al. Influência de sistemas de cultivo sobre a comunidade da fauna edáfica no nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 2, p. 829-855, 2022.

SOARES, M. B. et al. Integrated production systems: An alternative to soil chemical quality restoration in the Cerrado-Amazon ecotone. **CATENA**, v. 185, 104279, 2020.

UDAWATTA, R. P.; JOSE, S. Agroforestry strategies to sequester carbon in temperate North America. **Agroforestry Systems**, v. 86, n. 2, p. 105-111, 2012.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1127-1138, 2011.

ZOLIN, C. A. et al. Short-term effect of a crop-livestock-forestry system on soil, water and nutrient loss in the Cerrado-Amazon ecotone. **Acta Amazonica**, v. 51, p. 102-112, 2021.

Técnicas para Restauração em Área de Preservação Permanente (APP) em torno de Corpos Hídricos no Município de Imperatriz-MA

Techniques for Restoration in Permanent Preservation Area (APP) around Water Bodies in the Municipality of Imperatriz-MA

SILVA, Sayrah Sousa¹; SILVA, Virna Santos¹; FURTADO, Thaís Vitória Gomes¹; SILVA, Luiz Cristiano¹; SILVA, Cristiane Matos da²; SILVA, Wilson Araújo da²; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues²; ANGELO, Dalton Henrique²

¹UEMASUL, Sayrah.siç@gmail.com; ¹UEMASUL, virnasilva.vss@gmail.com; ¹UEMASUL, thais.furtado@uemasul.edu.br; ¹UEMASUL, luiz.cristiano@uemasul.edu.br; ²UEMASUL, cristiane.silva@uemasul.edu.br; ²UEMASUL, wilson@uemasul.edu.br; ²UEPA, chaiane.r.schneider@uepa.br; ²UEMASUL, dalton.angelo@uemasul.edu.br

Eixo Temático: Manejo de ecossistemas de florestas nativas e plantadas

Resumo

Área de Preservação Permanente (APP) é uma área protegida, destinada a preservar recursos hídricos, biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, a ausência de cobertura vegetal nas APPs prejudica a regulação do fluxo dos cursos d'água e compromete a captação de água para as populações locais. A metodologia utilizada no estudo é a exploratória descritiva, com revisão bibliográfica na área ambiental, aplicando estudos experimentais e descritivos recentes, publicados em bases de dados científicos nacionais e internacionais. Em Imperatriz-MA, estudos indicam degradação das APPs e impactos na qualidade da água, com isso, a falta de medidas eficazes e de educação ambiental por parte do poder público é criticada. Para recuperar áreas degradadas, técnicas como semeadura direta, ilhas de diversidade e regeneração natural são recomendadas e adaptadas conforme o diagnóstico ambiental. A urbanização em áreas de APP, em Imperatriz-MA, suprimiu esses espaços para construção de residências, causando poluição hídrica e degradação. Desse modo, a restauração dessas áreas, empregando o método mais adequado, depende do laudo ambiental.

Palavras-chave: Conservação; Sustentabilidade; Monitoramento.

Abstract: Permanent Preservation Area (APP) is a protected area, designed to preserve water resources, biodiversity, gene flow of fauna and flora, The absence of vegetation cover in APPs hinders the regulation of watercourse flow and compromises water abstraction for local populations. The methodology used in the study is descriptive exploratory, with literature review in the environmental area, applying recent experimental and descriptive studies published in national and international scientific databases. In Imperatriz-MA, studies indicate degradation of the APPs and impacts on water quality, with this, the lack of effective measures and environmental education by public authorities is criticized. To recover degraded areas, techniques such as direct seeding, diversity islands and natural regeneration are recommended and adapted according to the environmental diagnosis. Urbanization in APP areas, in Imperatriz-MA, suppressed these spaces for the construction of homes, causing water pollution and degradation. Thus, the restoration of these areas, using the most appropriate method, depends on the environmental report.

Keywords: Conservation; Sustainability; Monitoring.

INTRODUÇÃO

Conforme o artigo 4º do Código Florestal (Lei 12.651 de 2012), "*Área de Preservação Permanente (APP) é toda área protegida, coberta ou não por vegetação*

nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas" (Brasil, 2012).

A ausência de cobertura vegetal nas APPs compromete a regulação do fluxo e vazão dos cursos d'água afetando a disponibilidade de captação para as populações locais. Além disso, as "matas ribeirinhas", também conhecidas como matas ripárias ou ciliares, influenciam diretamente a quantidade e a qualidade da água. Portanto, com a presença da cobertura vegetal, os custos para o tratamento da água seriam reduzidos e beneficiaria a população (Neves;De Souza, 2013).

Para manter as funções ecológicas de uma APP degradada é necessário fazer a restauração florestal. De acordo com Cury e Carvalho (2011), quando a floresta perde a capacidade de se recuperar sozinha, é necessário realizar ações de regeneração, isso acontece quando o ambiente é tão afetado que não consegue se equilibrar por conta própria, ou quando os processos de regeneração do ecossistema são muito lentos e é preciso acelerar esse processo.

Portanto, é necessário aplicar técnicas adequadas para o sucesso na restauração ecológica. Segundo Sampaio *et al.* (2021), as estratégias mais eficazes são escolhidas com base no diagnóstico da área, nos objetivos e na possibilidade de intervenção, uma vez que os métodos não são fixos, podendo ser combinados conforme as necessidades da área para alcançar os resultados desejados. Portanto, é importante monitorar os resultados e ajustar as abordagens ao longo do processo, pois, essas adaptações são necessárias para garantir o sucesso da restauração do ecossistema .

Contudo, o trabalho tem como objetivo apresentar a importância da restauração em áreas de preservação permanente (APP) e discutir técnicas e alternativas para a restauração florestal no município de Imperatriz-MA.

METODOLOGIA

O presente estudo utilizou a metodologia exploratória descritiva, com revisão bibliográfica na área ambiental. Realizou-se buscas de estudos experimentais e descritivos recentes, publicados em bases de dados científicos nacionais e internacionais, priorizando estudos que apresentassem técnicas de restauração de corpos hídricos e áreas de preservação permanente no Brasil.

Para resultados eficazes, as buscas foram realizadas conforme a metodologia utilizada por Oliveira *et al.* (2019) utilizando como motores de buscas conceitos básicos e palavras -chaves, considerando o foco da revisão, conforme mostra o quadro abaixo.

Quadro 1. Motores de busca para resultados.

Motores de busca
Técnicas de recuperação e corpos hídricos
Corpos Hídricos em Áreas de Proteção permanente
Semeadura direta em APP
Recuperação em áreas de preservação permanente

Fonte: Oliveira *et al.*, 2019

Após a busca, foram selecionados os trabalhos científicos necessários, priorizando o tema proposto no presente estudo .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução da humanidade está diretamente relacionada à degradação ambiental, uma vez que, a utilização dos recursos naturais para a sobrevivência humana tem gerado impactos negativos ao longo do tempo. Esses impactos comprometem a função ecológica dos ecossistemas, afetando sua capacidade de sustentar a biodiversidade e fornecer serviços ecossistêmicos essenciais (Cardoso; Aquino, 2013).

Para Vieira et al. (2023), ainda que notória a importância ecológica das APP's, a ação antrópica se faz presente de forma intensa, majoritariamente, quando se trata de construções inadequadas nessas áreas, canalização de trechos e descarte de resíduos.

De Souza et al. (2021), avaliando a qualidade da água da sub-bacia do riacho cacau em Imperatriz-MA, constatou que as variáveis físico-químicas das amostras indicam mudança na qualidade da água, devido a ação humana, como o assoreamento e a erosão do solo, o que também foi observado no estudo é que a classificação da água mesmo variando de boa a aceitável nos períodos que foram estudados não descarta a possibilidade de degradação hídrica.

Um diagnóstico qualitativo realizado por Cantanhede e Sousa (2023) na APP do riacho Capivara, localizado em Imperatriz - MA, apontou que apesar de ter regiões ao longo do riacho que cumprem a lei de legislação de áreas permanentes, todos os pontos

estudados foram diagnosticados com resíduos gerados pela população, além de erosões e desmatamento da mata ciliar, alterando a composição da água e vegetação.

Em outro estudo realizado por Justino et al. (2021), no riacho Santa Tereza, também em Imperatriz -MA, foi observado que a vegetação ciliar foi removida e substituída por residências. Por isso, essas construções inadequadas, juntamente com o mal planejamento do sistema de drenagem, impactaram negativamente na microbacia do riacho, tendo como consequências acúmulo de resíduos e água inapropriada para uso.

Nesse contexto, Oliveira et al. (2019) responsabiliza o poder público pela ausência de medidas eficazes para minimizar a urbanização em áreas de APP 's. Apesar de estar estabelecido no Plano Diretor o planejamento ambiental dessas áreas, ainda há lacunas que precisam ser preenchidas, a priori, a que se refere a educação ambiental da população, que ocupam de forma irregular os corpos hídricos ocasionando conflitos socioambientais.

Dessa forma, se faz necessário buscar técnicas para recuperação dessas áreas, a fim de minimizar os impactos causados. Para Cury e Júnior (2011), tornar as áreas degradadas ambientes onde as espécies possam se desenvolver e se manter a longo prazo é um dos desafios da restauração florestal, pois na maioria das vezes o ambiente degradado foi danificado ou destruído por completo por meio de ações humanas. Com o propósito de restaurar a área, o planejamento da recuperação florestal pode ser realizado de diversas formas, entretanto, sempre é necessário iniciar com a avaliação da área degradada, pois com o diagnóstico ambiental é possível saber o nível de degradação ambiental e escolher a técnica que melhor se adequa a área.

Dentre as várias técnicas de restauração, a semeadura direta é um procedimento em que as sementes são lançadas diretamente na área que vai ser restaurada, podendo ser usada para o adensamento e enriquecimento de áreas degradadas (Cury e Júnior, 2011). Outra abordagem bastante utilizada é o plantio direto, técnica que consiste na semeadura de sementes sem antes preparar o solo. Para Pereira *et al.* (2020), apesar dos avanços que ocorreram nos métodos de restauração florestal, o plantio direto ainda é o meio mais utilizado, pois a maioria dos solos possuem um nível de degradação alto, dificultando o uso de outras ferramentas.

No entanto, há estratégias que podem ser promissoras, viáveis financeiramente e com a mesma eficácia, como por exemplo, a técnica de ilhas de diversidade, que consiste em recuperar apenas uma porcentagem da área total, dividindo a área em

pontos focais, ao longo do tempo esses pontos focais vão regenerando as demais áreas, minimizando os custos da implantação, porém requer um acompanhamento contínuo até a vegetação se estabelecer (Golinelli, 2020).

Outra forma eficaz, é a condução da regeneração natural, esse artifício consiste em realizar o cercamento da área degradada, através desse isolamento os fatores que degradam a área são eliminados, permitindo que a vegetação nativa se regenere naturalmente, sem a necessidade um plantio direto, sendo uma solução de baixo custo (Espírito Santo, 2018).

CONCLUSÕES

A urbanização em áreas de preservação permanente (APP) em Imperatriz-MA se mostrou o maior problema na supressão dessas regiões, tendo em vista que em alguns casos, as matas ciliares foram removidas e substituídas por residências, o que causa a poluição dos recursos hídricos e a degradação das zonas de APP. Para mitigar esse problema é necessário realizar a restauração florestal desses locais, utilizando técnicas como a semeadura direta, plantio direto, regeneração natural e/ou enriquecimento, a técnica mais adequada para utilizar no terreno só será escolhida após a realização do diagnóstico ambiental da área, pois, com ele é possível saber o nível de degradação ambiental e definir a melhor técnica para a restauração florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro.

CARDOSO; J. A.; AQUINO; C. M. S. Mapeamento dos conflitos de uso nas áreas de preservação da micro-bacia do riacho do Roncador, Timon (MA). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 33, n. 3, p. 133-148, set./dez. 2013.

CONTANHEDE; W. K. O. G, SOUSA; K. A. Identificação de pontos de degradação no percurso do riacho Capivara no município de Imperatriz, Maranhão. **Revista Técnica Ciências Ambientais**. v. 1, n. 7. Taubaté, 2023.

CURY, R.T.S; Junior, O.C. **Manual para restauração florestal: florestas de transição**. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, v.5, 80p, 2011.

DE SOUSA, M. J. A *et al.* Índice de qualidade da água da sub-bacia do Riacho Cacau, Portal da Amazônia Imperatriz-MA. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, 2021.

ESPÍRITO SANTO. **Portaria nº 013-R**, de 15 de junho de 2018. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 20 de junho de 2018, p. 16-18.

GOLINELLI; R. **Plano de recuperação de uma área degradada de preservação permanente - Torrinha, São Paulo**. 2020, Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia 2020.

JUSTINO, R. A. *et al.* Impactos da urbanização no riacho Santa Tereza no município de Imperatriz, Maranhão. **Revista Técnica Ciências Ambientais**. v. 5, n. 1. Taubaté, 2021.

NEVES, P.D.M; DE SOUZA, M.L. Caracterização geoambiental da área de preservação permanente das nascentes do curso superior da bacia do Córrego Mandacaru do município de Maringá-PR: aspectos legais. **Geo UERJ**, v. 1, n. 24, 2013.

OLIVEIRA, B. B. A. L. *et al.* Área de Preservação Permanente (APP) de Corpos Hídricos em Perímetro Urbano: Conflito no Uso e Ocupações das Terras no Município de Rio das Ostras/ RJ. **Boletim do Observatório Ambiental**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.13 n.1, p. 24-42, jan./jun. 2019.

PEREIRA, Z.V *et al.* A restauração ecológica em área de preservação permanente no Estado de Mato Grosso do Sul. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, 2020.

SAMPAIO, Alexandre Bonesso *et al.* **Guia de restauração ecológica para gestores de unidades de conservação**. 2021.

VIEIRA, L. T. *et al.* Impactos socioambientais em bacias hidrográficas: estudo do córrego Milagre em Porangatu/GO. **Revista Mirante**, v. 16, p. 279–299, jun. 2023.

Avaliação da qualidade do carvão vegetal comercializado no Bairro Mercadinho em Imperatriz, Maranhão

Assessment of the quality of charcoal sold in the Mercadinho neighborhood in Imperatriz, Maranhão

VIEIRA, Izabela Rabelo da Silva¹; SOUZA, Argel Costa²; CARMO, Ricardo Santana³; LEÃO, Wislan Pereira⁴; MOREIRA, Lucas Evangelista Prates⁵; RAABE, Joabel⁶; GOMES, Gabriele Silva⁷; MARTINS, Guilherme Medeiros⁸; LIMA, Alyssa Rannelly Pereira⁹; RIZZO, Felipe Alexandre¹⁰; LIMA, Michael Douglas Roque¹¹

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, izabela.vieira@uemasul.edu.br; ²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, argelsousa.20200003162@uemasul.edu.br; ³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, ricardocarmo.20200009952@uemasul.edu.br; ⁴Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, wislanleao.20200009756@uemasul.edu.br; ⁵Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, lucasmoreira.20200009943@uemasul.edu.br; ⁶Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, joabel.raabe@uemasul.edu.br; ⁷Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, gabriele.s.gomes@uemasul.edu.br; ⁸Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, guilherme.martins@uemasul.edu.br; ⁹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alyssalima.20200003449@uemasul.edu.br; ¹⁰Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, feliperizzo@ifma.edu.br; ¹¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, michael.lima@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: 03 – TECNOLOGIAS DE PRODUTOS FLORESTAIS

Resumo

Este estudo tem como objetivo avaliar as características físicas dos carvões vegetais comercializados no Bairro Mercadinho, no município de Imperatriz, Maranhão. Amostras de um único produtor foram coletadas em um ponto de venda no bairro Mercadinho. As amostras foram submetidas a análises laboratoriais para determinação do teor de umidade e densidade relativa aparente do carvão, seguindo metodologias padronizadas. Os resultados demonstraram que o teor de umidade das amostras variou de 3,70% a 3,87%, estando dentro da faixa considerada ideal tanto para uso doméstico. A densidade relativa aparente apresentou variação entre 0,69 e 0,73 g cm⁻³, também dentro dos limites aceitáveis. Os resultados sugerem que o carvão vegetal produzido apresenta boa eficiência energética e desempenho na combustão, tornando-o adequado para diversas aplicações.

Palavras-chave: Teor de Umidade; Densidade Aparente; Propriedades do Carvão.

INTRODUÇÃO

O Maranhão possui uma ampla disponibilidade de recursos florestais, incluindo o carvão vegetal, que é fundamental para a geração de energia e atividades industriais. Sua produção atende tanto ao mercado local quanto às indústrias de metalurgia e energia, sendo um importante componente da economia estadual e nacional. O setor siderúrgico é um dos principais consumidores desse recurso, fornecendo emprego e renda para diversas comunidades envolvidas no processo produtivo.

Apesar de sua relevância econômica, a produção de carvão vegetal pode causar impactos ambientais, como a perda de biodiversidade e o aumento das emissões de gases

de efeito estufa. No entanto, esses efeitos podem ser minimizados com manejo adequado, uso de tecnologias sustentáveis e cumprimento da legislação trabalhista.

A qualidade do carvão vegetal é determinada por fatores como densidade relativa aparente, teor de carbono fixo, materiais voláteis, cinzas remanescentes e poder calorífico superior, que influenciam sua eficiência energética e impacto ambiental. Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar as características físicas dos carvões vegetais comercializados no Bairro Mercadinho, no município de Imperatriz, Maranhão.

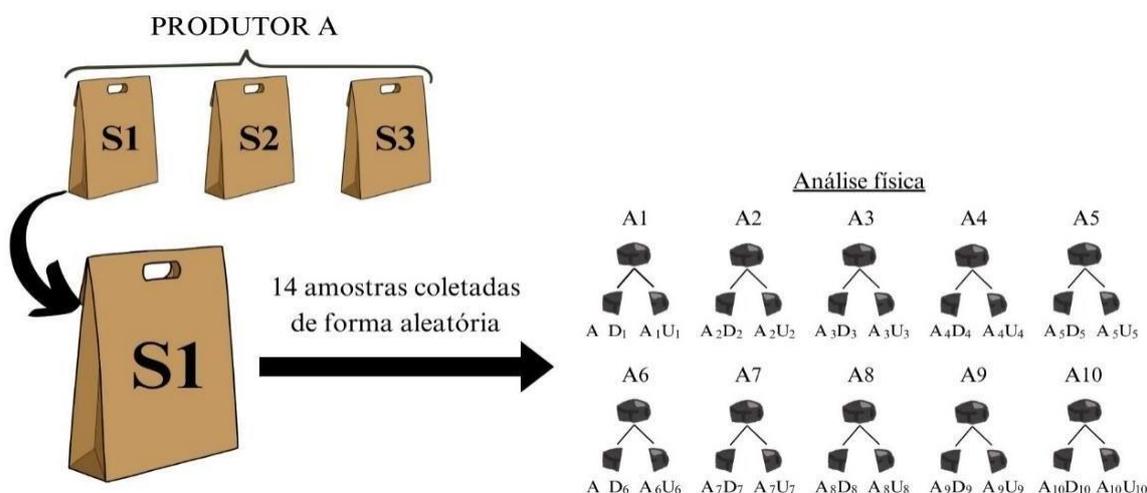
METODOLOGIA

Local de estudo

O estudo foi realizado no município de Imperatriz, Maranhão, com amostras de carvões vegetais adquiridas em um ponto de comercialização no bairro Mercadinho. As análises físicas foram conduzidas no Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira (LATECMA) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL).

Foram selecionados três sacos de carvão de um único produtor, denominado "Produtor A". De cada saco, 10 amostras foram coletadas, totalizando 30 amostras (3 embalagens x 10 amostras). Os carvões amostrados foram seccionados ao meio, dando origem as amostras para umidade e densidade relativa aparente do carvão vegetal, como pode ser evidenciado na Figura 1.

Figura 1. Ilustração esquemática da amostragem e preparação de carvão vegetal.



Nota: A_n = Amostras de carvão; A_nD_n = Amostras para análise de densidade relativa aparente; A_nU_n = Amostras para análise da umidade. **Fonte:** Autores (2025).

Características físicas do carvão vegetal

O teor de umidade foi determinado pesando as amostras antes e depois da secagem em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 2 horas, até atingirem massa constante. A umidade foi calculada utilizando a fórmula (Eq. 1). A densidade relativa aparente foi avaliada conforme a norma NBR 11941 (ABNT, 2003), utilizando as seguintes etapas: i) saturação das amostras em água por 24 horas; ii) determinação do volume saturado pelo método da balança hidrostática; iii) secagem das amostras em estufa ($105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) até massa constante; e pesagem final para cálculo da densidade, utilizando a equação (Eq. 2)

$$TU(\%) = \frac{MU-MS}{MU} \times 100 \quad \text{Eq. 01}$$

$$DRA = \frac{MS}{V_0} \quad \text{Eq. 02}$$

Onde: TU = Teor de umidade (%; base úmida); Mu = Massa úmida (g); MS = Massa seca (g); DRA = densidade relativa aparente (g cm^{-3}); e V_0 = Volume saturado (cm^3).

Análise de dados

Os dados foram analisados no software R (versão 4.4.1). Além disso, os dados foram avaliados por meio de estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística indicaram que não houve diferença considerável entre as embalagens para as variáveis teor de umidade e densidade relativa aparente do carvão vegetal (Tabela 1 e 2). No presente estudo é possível verificar média de umidade variando de $3,70 (\pm 0,59)$ a $3,87 (\pm 1,13)$ % (Tabela 1), entre as embalagens avaliadas.

Tabela 1. Estatística descritiva para a umidade dos carvões vegetais.

Parâmetros	Embalagens		
	1	2	3
Média (% bu)	3,70	3,82	3,87
Desvio padrão (%)	0,59	0,69	1,13
Coeficiente de variação (CV %)	15,82	18,00	29,14

Fonte: Autores (2025).

Os valores médios de umidade do carvão vegetal analisado (Tabela 1) atendem aos padrões recomendados para uso doméstico. No estado de São Paulo, o Selo Premium (SÃO PAULO, 2003) estabelece um limite máximo de 5% para o consumo doméstico (Basso, Lenzi e Júnior, 2017). O controle da umidade é essencial para a qualidade do carvão, pois afeta sua eficiência energética e resistência mecânica.

A tabela 2 apresenta os resultados da densidade relativa aparente (DRA) do carvão vegetal, que variou entre 0,69 e 0,73 g cm⁻³, sem diferenças significativas entre os tratamentos. Esse parâmetro é essencial para inferir a resistência e a densidade energética do carvão, características fundamentais para sua aplicação como combustível.

Tabela 2. Estatística descritiva para a densidade relativa aparente dos carvões vegetais.

Parâmetros	Embalagens		
	1	2	3
Média (g cm ⁻³)	0,70	0,69	0,73
Desvio padrão (g cm ⁻³)	0,21	0,19	0,17
Coeficiente de Variação (CV %)	30,28	26,88	23,18

Fonte: Autores (2025).

A DRA do carvão é um parâmetro fundamental para avaliar sua qualidade e capacidade de armazenar energia. Valores mais elevados são desejáveis, pois indicam maior resistência mecânica e menor friabilidade, ou seja, menor propensão de gerar finos durante o manuseio desse importante insumo energético.

Finalmente, a qualidade do carvão vegetal comercializado para uso doméstico pode ser variável, com algumas amostras não atendendo aos padrões premium, o que reforça a necessidade de um controle de qualidade mais rigoroso. Embora uma maior DRA seja geralmente indicativa de melhor qualidade, outros fatores, como teor de umidade e nível de cinzas, também desempenham um papel essencial na eficiência do

carvão como combustível, tornando necessária uma análise mais abrangente de suas características. Além disso, maior homogeneidade dos carvões vegetais é necessário.

CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a umidade, variando entre 3,70% e 3,87%, e a densidade relativa aparente, entre 0,69 e 0,73 g cm⁻³, estavam dentro dos padrões ideais para uso doméstico.

AGRADECIMENTOS

À UEMASUL, pelo apoio prestado por meio do Edital nº 11/2024 – CSIS/PROEXAE/UEMASUL, Programa Ampla Extensão (PAEX).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941: Madeira – **Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, 2003.

BASSO, S.; LENZI, G. G.; JÚNIOR, A. B. **Análise do carvão vegetal para uso doméstico**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

São Paulo (Estado). **Resolução SAA - 10, de 11-7-2003**. Diário Oficial do estado de São Paulo, v. 113, n. 129 - São Paulo, sábado, 12 de julho de 2003.

Efeito de classe diamétrica e posição de amostragem na densidade básica da madeira de *Khaya grandifoliola* C. DC. cultivada na Região Tocantina do Maranhão

*Effect of diameter class and sampling position on the basic density of *Khaya grandifoliola* C. DC. wood cultivated in the Tocantina Region of Maranhão*

ALMEIDA, Larissa Rodrigues¹; CARNEIRO, Pedro Paulo Borges²; DINIZ, Pedro Victor do Nascimento³; RIZZO, Felipe Alexandre⁴; LUCENA JUNIOR, Aldemir⁵; GOMES, Jaqueline Macedo⁶, RAABE, Joabel⁷; LIMA, Michael Douglas Roque⁸.

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, larissa.almeida@uemasul.edu.br ; ² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, pedrocarneiro.20190003707@uemasul.edu.br; ³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, pedrodiniz.20190008089@uemasul.edu.br; ⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA, feliperizzo@ifma.edu.br; ⁵Jacuba Serviços Ambientais, aldemirlucena@outlook.com; ⁶Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, jaquelinegomes@uemasul.edu.br; ⁷Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, joabel.raabe@uemasul.edu.br. ⁸Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, michael.lima@uemasul.edu.br;

Eixo Temático: 03 Tecnologia de Produtos Florestais

Resumo

O estudo analisou o efeito do diâmetro e da posição de amostragem na densidade básica da madeira de *Khaya grandifoliola* cultivada na Região Tocantina do Maranhão. A pesquisa considerou amostras de árvores de quatro anos, divididas em classes diamétricas (0-10 cm e 10-20 cm de DAP), com coletas em três posições longitudinais. A densidade foi determinada pelo método de imersão e analisada estatisticamente. Os resultados indicaram que o diâmetro não influenciou a densidade básica, mas houve variação significativa conforme a posição amostral, apresentando um padrão decrescente da base ao topo do fuste. A madeira foi classificada como de baixa densidade (0,438 g/cm³). Conclui-se que a base das árvores possui maior densidade, possivelmente devido à necessidade de suporte mecânico. O estudo sugere pesquisas futuras para avaliar essa variação em árvores mais velhas.

Palavras chave: reflorestamento; mogno-africano; propriedade física.

INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 10,2 milhões de hectares estão ocupados por plantios de eucalipto, pinus e outras espécies, como mogno-africano, teca, seringueira e acácia. A finalidade dos plantios normalmente são serrarias, produção de painéis e pisos laminados, celulose, papel e bioenergia (IBÁ, 2024). Adicionalmente, as árvores cultivadas, como as do gênero *Khaya*, representam uma alternativa viável produção de madeiras e redução das emissões de gases do efeito estufa.

A espécie *K. grandifoliola* pertence à família Meliaceae, popularmente conhecida como família do mogno. Contém aproximadamente 600 espécies distribuídas entre 53

gêneros (Christenhusz & Byng, 2016). Existem cinco espécies do gênero *Khaya*. Todas essas espécies são utilizadas principalmente na indústria madeireira e de construção civil. Conhecida por sua ampla utilização, que vai desde o uso na medicina tradicional até o seu emprego na indústria moveleira, naval, construção civil, confecção de painéis e laminados (Reis *et al.*, 2019). Apesar de sua ampla utilização, melhor recomendação de uso para madeiras de 4 anos de idade oriundas de desbaste na região Tocantina do Maranhão é uma lacuna. Nesse sentido, o estudo da qualidade da madeira, especialmente da densidade básica e as fontes de variação, como diâmetro e posição de amostragem, é necessário.

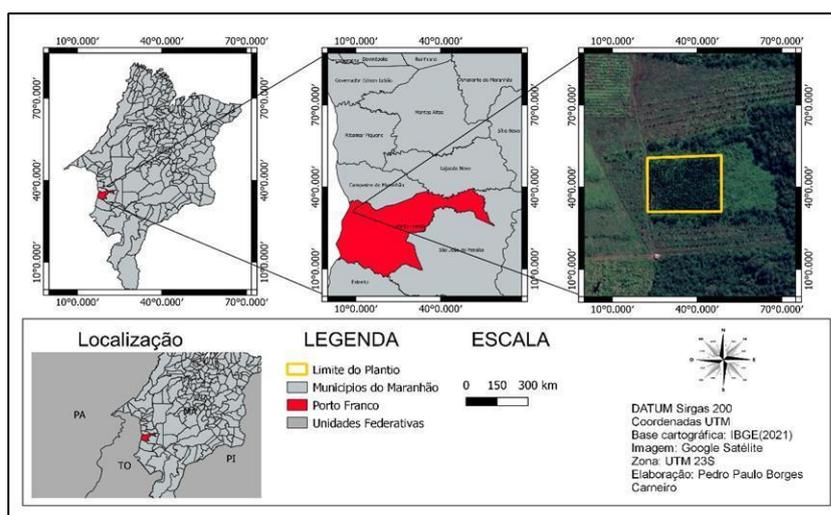
A densidade básica é uma das características mais relevantes da madeira, influenciando grande parte de suas propriedades tecnológicas. Na prática, a densidade é uma característica física amplamente utilizada para qualificação de madeiras a fim de determinar os usos mais apropriados. Nesse sentido, O presente trabalho possui como objetivo analisar o efeito do diâmetro e posição de amostragem na densidade básica da madeira *Khaya grandifoliola* C. DC. cultivada na Região Tocantina do Maranhão.

METODOLOGIA

Origem do material biológico

O material biológico utilizado no estudo é proveniente de desbaste em um plantio de *K. grandifoliola* (Figura 1) localizado na Fazenda Jacuba, no município de Porto Franco, Maranhão ($6^{\circ}17'23.78''S$ e longitude $47^{\circ}21' 54,47'' O$, altitude de 162 m).

Figura 1 - Localização do Plantio de *K. grandifoliola* no município de Porto Franco, Maranhão.



Fonte: Autores (2025).

O plantio ocorre no bioma Cerrado, que apresenta formações florestais, campestres e savânicas. O solo predominante é areno-argiloso ou argiloso, originado de formações sedimentares (Costa et al., 2005). O clima é estacional, com chuvas de outubro a março e seca de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500 mm, e a temperatura varia entre 22°C e 27°C (Carlos & Ricardo, 2005).

Informações do plantio e amostragem da madeira

Mudas de *K. grandifoliola* foram plantadas em covas de 30 × 30 × 30 cm, com espaçamento de 3 × 3 m, em uma área de 5.936 m² (0,5292 ha) e dimensões de 84 × 63 m. O plantio possui 351 árvores com 4 anos. No censo florestal, as árvores foram classificadas em duas classes diamétricas: DAP de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm. Os dados estão na Tabela 1. DAP. Os dados obtidos no censo estão descritos na Tabela 1.

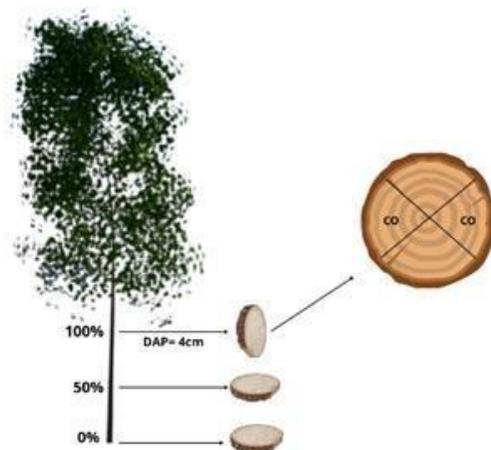
Tabela 1 – Informações do Censo Florestal

Classe Diamétrica	Ht (m)			Hc (m)			DAP (cm)		
	Mínimo	Média ± Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Média ± Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Média ± Desvio Padrão	Máximo
0 F 10 cm	1,65	7,63 ± 2,02	14,69	1,1	3,71 ± 1,10	6,70	1,6	7,83 ± 1,58 11,46 ±	9,9
10 F 20 cm	1,79	9,99 ± 2,16	14,60	2,2	5,22 ± 1,40	9,04	10	1,39	17,7

F: Intervalo da classe; Ht: Altura Total; Hc: Altura Comercial; e DAP: Diâmetro a Altura do Peito mensurado a 1,30 m da base do solo. **Fonte:** Autores (2025).

Foram selecionadas 12 árvores de *K. grandifoliola*, sendo 6 de cada classe diamétrica. As árvores foram colhidas e seccionadas (Figura 3) em três posições longitudinais (0%, 50% e 100%).

Figura 2 – Amostragem da madeira do *K. grandifoliola* com destaque para o corte com cunhas opostas.



Fonte: Autores (2025).

Em cada posição, foi retirado um disco de 5 cm de espessura para análise da densidade básica da madeira. A posição 100% corresponde à altura comercial onde o diâmetro atinge 4 cm, conforme Downes et al. (1997).

Densidade básica da madeira

densidade básica foi determinada conforme a NBR 11941 (ABNT, 2003), utilizando o método de imersão para obter o volume saturado das cunhas. As amostras permaneceram submersas por 10 dias até atingirem a saturação das fibras e, em seguida, foram secas em estufa a 103 ± 2 °C até massa constante. A massa seca foi medida em balança de precisão Bel 0,01 g, modelo S2202H.

Análises estatísticas

A condução das análises dos dados foi feita no software R com estatísticas descritivas. Preliminarmente, foram aplicados os testes de Levene ($p \leq 0,05$) e Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$) para verificar a homogeneidade de variância e a normalidade dos dados, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), para verificar o efeito da posição de amostragem e classe diamétrica. Foi realizado o teste F ($p \leq 0,05$). Para avaliar o efeito da posição longitudinal de amostragem dentro de cada indivíduo, foram aplicados modelos de regressão linear simples e polinomiais.

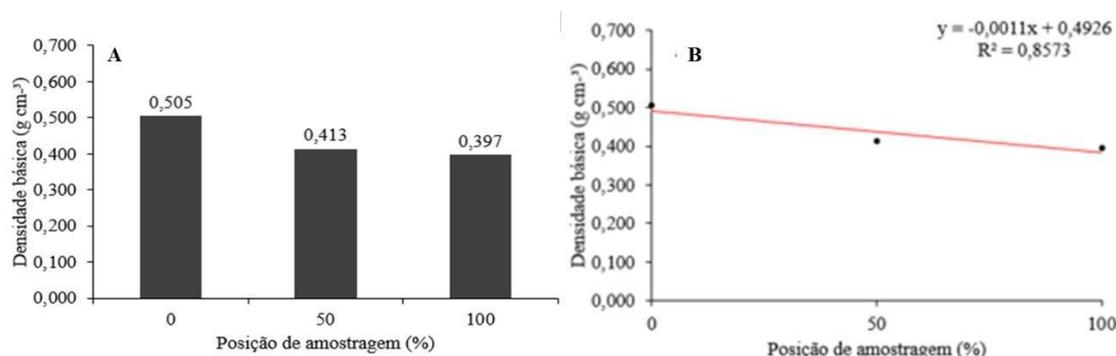
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variação longitudinal da densidade básica da madeira de *K. grandifoliola*

Os fatores classe diamétrica e posição de amostragem foram testados como fonte de variação da densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* aos 4 anos de idade. O teste F ($p \leq 0,05$) mostrou que não há efeito significativo da interação Classe x Posição longitudinal. Por outro lado, foi verificado que há efeito significativo da posição de amostragem na densidade básica da madeira.

O padrão da variação da densidade básica das 12 árvores amostradas de *K. grandifoliola* foi decrescente da posição 0% a 100%. indicando a base como a parte do fuste com maior valor médio de densidade básica (Figura 3). O modelo linear se adequou ao comportamento natural da densidade básica para árvores de *K. grandifoliola* aos 4 anos de idade. Esse resultado, corroborado pelo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,86$).

Figura 3 – Padrão decrescente da densidade básica e regressão linear da densidade básica.



Fonte: Autores (2025).

A variação longitudinal da densidade em clones de *Eucalyptus* sp. com 6 anos e 9 meses, provenientes do plantio clonal da empresa Plantar (Curvelo, MG), apresentou quatro padrões distintos (Lima et al., 2020): (I) aumento até 30%, seguido de redução até 50% e novo aumento nas posições superiores; (II) crescimento contínuo da base ao topo; (III) pequena variação; e (IV) redução até 10%, aumento até 50% e estabilidade no restante do fuste. Esses padrões diferem da madeira de *K. grandifoliola*, cuja densidade básica diminui no sentido base-topo. Comportamento semelhante foi observado por Matos et al. (2022) em *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

Os valores de densidade na base da árvore foram mais elevados por se tratar de uma zona composta por tecidos mais velhos, se comparado a parte aérea do fuste. A base precisa suportar e firmar a árvore em relação aos esforços mecânicos promovidos pelos ventos, especialmente por se tratar de árvores jovens com 4 anos de idade. Esse comportamento pode se alterar em árvores mais velhas, como mostra o estudo com eucalipto. Nesse sentido, novos estudos precisam avaliar árvores de *K. grandifoliola* em idades mais avançadas.

CONCLUSÕES

A densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* não sofre efeito de classe diamétrica. A madeira foi considerada de baixa densidade básica (média de 0,438 g cm³). Esse estudo encontrou efeito de posição de amostragem na densidade básica, com padrão de variação decrescente no sentido base-topo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11941: **Madeira – Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, p. 6. 2003
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7190-3: **Projeto de estruturas de madeira Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas**. Rio de Janeiro, p. 24. 2022.
- CARLOS A. KLINK, RICARDO. B. M. **A conservação do Cerrado brasileiro**. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Machado-4/publication/228342037_A_conservacao_do_Cerrado_brasileiro/links/553a78670cf29b5ee4b64c2f/A-conservacao-do-Cerrado-brasileiro.pdf . Acesso em: 26 set. 2023.
- COSTA, K. S. P; COSTA, H. O. S; SOUSA, C. J. S. **Contribuição ao conhecimento hidrogeológico da região sul**: Porto Franco – MA. 2005.
- CHRISTENHUSZ, M. J. M. & BYNG, J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase. **Phytotaxa**, v. 261, n. 3, 2016.
- IBÁ – Indústria brasileira de árvores. **Relatório anual**: ano base 2023. Rio de Janeiro: IBÁ, 2024.
- LIMA, M. D. R., BARROS JUNIOR, U. O., ASSIS, M. R., MELO, I. C. N. A., FIGUEIREDO, I. C. R., PROTÁSIO, T. P., & TRUGILHO, P. F. Variabilidade das densidades básica e energética e estoque de carbono na madeira no fuste de clones de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 128, p. e3302, 2020.
- MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 121-126, 2022.
- REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. **Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil** - Brasília, DF : Embrapa, 2019.

Efeito de diâmetro e posição de amostragem no estoque de carbono em madeiras de desbaste de *Khaya grandifoliola* C. DC. cultivada na região Tocantina do Maranhão.

*Effect of Diameter and Sampling Position on Carbon Stock in Thinned Wood of *Khaya grandifoliola* C. DC. Cultivated in the Tocantina Region of Maranhão.*

MARTINS, Guilherme Medeiros¹; DINIZ, Pedro Victor do Nascimento²; CARNEIRO, Pedro Paulo Borges³; GOMES, Jaqueline Macedo⁴, RAABE, Joabel⁵, RIZZO, Felipe Alexandre⁶; LUCENA JUNIOR, Aldemir⁷; LIMA, Michael Douglas Roque⁸.

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, guilherme.martins@uemasul.edu.br;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, pedrodiniz.20190008089@uemasul.edu.br;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, pedrocarneiro.20190003707@uemasul.edu.br; ⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, jaquelinegomes@uemasul.edu.br; ⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br; ⁶ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA, feliperizzo@ifma.edu.br; ⁷ Jacuba Serviços Ambientais, jacubaservicos@gmail.com; ⁸ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, michael.lima@uemasul.edu.br;

Eixo Temático: Tecnologia de Produtos Florestais

Resumo

A crescente demanda por madeira tem intensificado a exploração de florestas naturais, aumentando o desmatamento e as emissões de carbono. Como alternativa para mitigar esses impactos, os plantios florestais de mogno-africano (*Khaya* spp.), atuam como sumidouros de carbono. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da classe diamétrica e da posição de amostragem no estoque de carbono da madeira de *K. grandifoliola* em árvores desbastadas aos 4 anos de idade. Foram avaliadas 12 árvores em duas classes diamétricas (C1: 0 – 10 e C2: 10 – 20 cm), com amostras coletadas em três posições longitudinais do tronco (0%, 50% e 100% da altura comercial). A madeira de *K. grandifoliola* apresentou variação decrescente no estoque de carbono, sendo maior na base (252,69 kg/m³), seguido pelo meio do fuste (206,53 kg/m³) e pelo topo (198,49 kg/m³). Esses resultados indicam que a base do tronco armazena mais carbono e destacam a importância de considerar a posição de amostragem na avaliação do estoque de carbono em plantios comerciais de mogno-africano.

Palavras-chave: mogno-africano; sumidouro de carbono; plantios comerciais.

INTRODUÇÃO

O aumento na demanda global por produtos florestais, especialmente madeira, tem incentivado a exploração exacerbada de árvores de alto valor econômico em florestas naturais, resultando na degradação de biomas e no risco de extinção de espécies (Soares, 2002). Até a década de 1950, cerca de 80% da madeira mundial era extraída de florestas naturais (Whiteman, 2014). Contudo, a partir de 1990, a expansão das áreas plantadas

com florestas comerciais cresceu 50%, oferecendo uma alternativa sustentável para obtenção de produtos madeireiros e mitigação os impactos ambientais (Payn et al., 2015).

No Brasil, em 2024, as áreas plantadas somavam 10,2 milhões de hectares, sendo 7,9 milhões destinados ao *Eucalyptus* (IBÁ, 2024). Essa expansão reforça a necessidade de estudar novas espécies com maior plasticidade fenotípica para o desenvolvimento de protocolos silviculturais no Nordeste brasileiro, especialmente diante das alterações climáticas intensificadas desde a Revolução Industrial (Abdalla *et al.*, 2011).

As florestas desempenham um papel relevante na mitigação das mudanças climáticas ao remover dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e armazená-lo na biomassa vegetal durante a fotossíntese. A quantidade de carbono estocado está diretamente relacionada à biomassa total da árvore, que varia conforme fatores genéticos, idade e condições ambientais (Vieira *et al.*, 2010). Nesse contexto, o *Khaya grandifoliola* (mogno africano) tem se destacado nos últimos anos. Além do seu valor comercial pela madeira de alta qualidade, essa espécie apresenta potencial significativo para o estoque de carbono e a mitigação climática.

A variação longitudinal do carbono na madeira do *Khaya grandifoliola* é um aspecto relevante para compreender suas propriedades físicas e químicas ao longo do eixo base-topo, influenciando características como densidade e capacidade de armazenamento de carbono. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar a influência da classe diamétrica e da posição de amostragem no estoque de carbono da madeira de *K. grandifoliola* em árvores desbastadas aos 4 anos de idade.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Jacuba, localizada no município de Porto Franco – MA (6° 17' 17" S, 47° 21' 52" W) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *Aw*, Tropical quente e semiúmido, com estação seca. A área total experimental é de 5.936 m², equivalente a 0,5292 ha, com dimensões totais de 84 x 63 m.

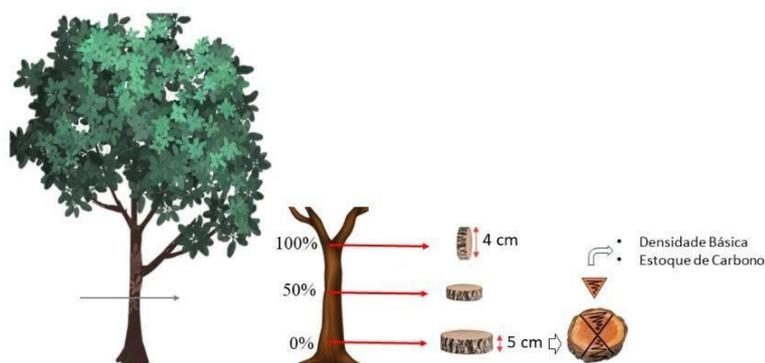
Coleta e análise dos dados

Os materiais utilizados na coleta de dados foram: fita métrica para coleta de comprimento e da circunferência à altura do peito – CAP, que por seguinte foi transformada em DAP, dividindo-se por π (3,1416).

Análises realizadas na madeira

Para cada classe diamétrica, foram selecionadas 6 árvores de *K. grandifoliola*, totalizando 12 árvores para as amostras. Discos com 5 cm de espessura foram retirados das árvores em três posições longitudinais: 0, 50 e 100% da altura comercial, conforme ilustrado na Figura 1. A altura comercial foi definida até um diâmetro mínimo de 4,0 cm com casca, seguindo as recomendações de Downes *et al.* (1997).

Figura 1 - Esquema de amostragem no sentido longitudinal do fuste de *K. grandifoliola*.



Fonte: Autores (2024).

Para a determinação da densidade básica da madeira, foram selecionadas duas cunhas opostas, conforme a norma NBR 11941 (ABNT, 2003). A densidade básica foi então calculada levando em conta os três pontos de amostragem longitudinal ao longo do tronco das árvores. A madeira foi classificada conforme Silveira *et al.* (2013), em baixa ($\leq 0,550 \text{ g/cm}^3$), média ($0,550 - 0,729 \text{ g/cm}^3$) ou alta ($\geq 0,730 \text{ g/cm}^3$). O estoque de carbono na madeira por unidade de volume (ECM) foi calculado tanto por posição longitudinal quanto por indivíduo, utilizando a Equação 1. Esse procedimento foi igualmente adotado por Protásio *et al.* (2013).

$$ECM = DB \times \frac{C}{100} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que: ECM é o estoque de carbono na madeira (kg/m^3); DB é a densidade básica da posição longitudinal ou a média da espécie (kg/m^3); e C é o teor de carbono médio da madeira (%).

Análises estatísticas

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), disposto em parcelas subdivididas, sendo que a classe diamétrica foi o efeito da parcela e a posição longitudinal de amostragem o efeito da subparcela. Foram consideradas 6 repetições (árvores) e 3 posições longitudinais para cada uma das classes diamétricas.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANAVA) para avaliar o impacto da interação entre as posições de amostragem e a classe diamétrica. Para investigar o efeito da posição longitudinal de amostragem em cada indivíduo, foram ajustados dois modelos de regressão: um linear e um polinomial quadrático. Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software R, versão 4.4.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade Básica do Fuste de *K. grandifoliola*

Os valores médios de densidade básica do tronco das árvores de *K. grandifoliola*, cultivadas no bioma cerrado e com quatro anos de idade, oscilaram entre 0,406 e 0,474 g/cm³. A média geral para a espécie foi de 0,438 g/cm³. Segundo Silveira *et al.* (2013) as madeiras de árvores de *K. grandifoliola* aos quatro anos, é considerada de baixa densidade.

Variação do estoque de carbono da madeira de *K. grandifoliola*

Os valores médios de estoque de carbono das árvores de *K. grandifoliola* cultivadas no bioma cerrado, aos quatro anos, na posição 0% variou de 195,8 a 299,6 kg/m³, com a média de 252,69 kg/m³. Nas posições de amostragem 50 e 100%, a média foi de 206,53 e 198,49 kg/m³, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Estoque de carbono médio por posição longitudinal de amostragem para árvores de *K. grandifoliola* cultivadas na Região Tocantina do Maranhão.

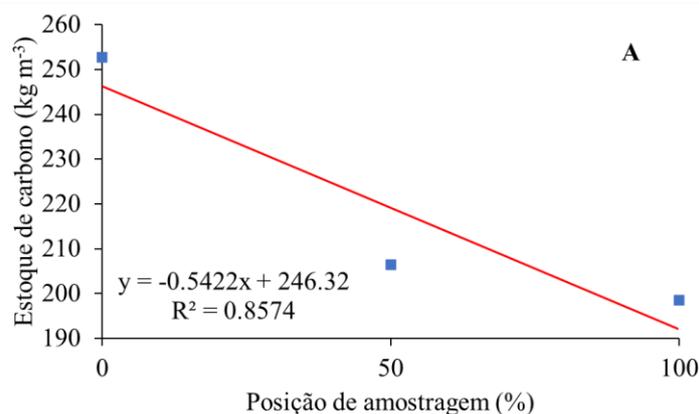
Árvore	Estoque de Carbono (kg/m ³)		
	0%	50%	100%
1	244,9	185,0	187,6
2	256,0	216,2	191,7
3	275,8	212,7	223,7
4	241,0	183,5	183,3
5	299,6	190,1	190,2

6	195,8	250,5	202,0
7	266,7	225,3	219,3
8	246,2	188,4	204,9
9	260,4	204,3	179,4
10	251,2	206,0	186,6
11	247,3	201,4	204,4
12	247,4	214,9	208,8
Média	252,69	206,53	198,49
Desvio Padrão	24,38	19,33	14,25

Fonte: Autor (2024).

Os testes realizados para analisar o efeito da classe diamétrica e da posição de amostragem na variação do estoque de carbono da madeira de *Khaya grandifoliola* aos 4 anos de idade revelaram que apenas a posição de amostragem tem uma influência significativa na variação observada. O comportamento do estoque de carbono no sentido longitudinal do fuste da *K. grandifoliola* foi explicado pelo modelo de regressão do tipo linear. O R^2 reportado indica que 86% da variação dos dados de ECM pode ser justificada pela precisão do modelo de regressão (Figura 2).

Figura 2 – Modelos de regressão linear para simular o comportamento do estoque de carbono em função das posições longitudinais de amostragem.



O comportamento do ECM ao longo do tronco de *K. grandifoliola* em árvores de 4 anos pode ser explicado por diversos fatores. A concentração de recursos na base do tronco proporciona maior suporte e estabilidade, resultando em maior densidade e diâmetro nessa região, o que leva a um maior estoque de carbono. Em contraste, a madeira na parte superior do tronco é mais jovem e menos densa, armazenando menos carbono

devido à sua menor densidade básica, o que resulta em uma menor massa de madeira e, conseqüentemente, em um menor estoque de carbono.

CONCLUSÃO

A posição de amostragem afeta significativamente o estoque de carbono, ambos apresentando um padrão decrescente da base para o topo do fuste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, L. S. BARREIRA NETO, A. J.; FONSECA, K. T. Análise da dinâmica da cobertura vegetal e estocagem de carbono pelo modelo das Cadeias de Markov. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of tropical ecology**, v. 14, n. 3, p. 263-283, 1998.

DOWNES, G. M. Hudson, I. L. Raymond, C. A., Dean, G. H. Michell, A. JSchimleck, R. (1997). **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties.** Hobart: CSIRO.

IBÁ - **Indústria Brasileira de Árvores.** Relatório Anual de Florestas Plantadas, 2023.

WHITEMAN, A. Global trends and outlook for forest resources. In: FENNING, T. (Ed.). **Challenges and opportunities for the world's forests in the 21st century.** 1 st ed, Springer, New York, 2014.

PAYN, T.; CARNUS, J. M; FREER-SMITH, P.; KIMBERLEY, M; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L. N.; WINGFIELD, M. J. Changes in planted forests and future global implications. **For. Eco. Manage.** v. 352, p.57-67, 2015.

PROTÁSIO, T. P., COUTO, A. M., Reis, A. A., & TRUGILHO, P. F. (2013). Seleção de clones de Eucalyptus para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e Rheys Princy Multivariadas. **Scientia Forestalis**, 41, 15-28.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 2, p.179 – 184, 2013.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 534-539, 2002.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SANTOS, J. S. **Manual de Fisiologia Vegetal.** São Luís: EDUFMA, 2010. 230p.

Efeitos de classe diamétrica na anisotropia de *Khaya grandifoliola* C. DC. cultivada na Região Tocantina do Maranhão

*Effects of diameter class on the anisotropy of *Khaya grandifoliola* C. DC. grown in the Tocantina region of the Maranhão*

VIEIRA, Izabela Rabelo da Silva¹; CARNEIRO, Pedro Paulo Borges²; DINIZ, Pedro Victor do Nascimento³; GOMES, Jaqueline Macedo⁴; RIZZO, Felipe Alexandre⁵; LUCENA JUNIOR, Aldemir⁶; ANGELO, Dalton Henrique⁷; RAABE, Joabel⁸; LIMA, Michael Douglas Roque⁹;

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, izabela.vieira@uemasul.edu.br; ²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, pedrocarneiro.20190003707@uemasul.edu.br; ³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, pedrodiniz.20190008089@uemasul.edu.br; ⁴Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, jaquelinegomes@uemasul.edu.br; ⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, feliperizzo@ifma.edu.br; ⁶Jacuba Serviços Ambientais, aldemirlucena@outlook.com; ⁷Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, dalton.angelo@uemasul.edu.br; ⁸Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, joabel.raabe@uemasul.edu.br; ⁹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, michael.lima@uemasul.edu.br;

Eixo Temático: 03 - TECNOLOGIA DE PRODUTOS FLORESTAIS

Resumo

Este estudo analisou os efeitos de classe diamétrica na anisotropia da madeira de desbaste de *Khaya grandifoliola* C. DC. cultivada na região Tocantina do Maranhão. Foram avaliadas amostras de duas classes diamétricas (0-10 cm e 10-20 cm de Diâmetro mensurado a 1,30 m) por meio de ensaios de retração e inchamento. Os resultados indicaram variação anisotrópica média de retração de 1,93% e de inchamento de 1,99%, classificando a madeira como de qualidade normal. Conclui-se que a estabilidade dimensional não foi influenciada pela classe diamétrica. Estudos adicionais são recomendados para melhor aproveitamento da madeira, considerando outras idades.

Palavras-chave: Propriedades físicas; Inchamento; Retração; Estabilidade dimensional

INTRODUÇÃO

A madeira de *Khaya grandifoliola* C. DC., conhecida como mogno-africano, é uma espécie promissora para o setor madeireiro no Brasil, impulsionada por seu rápido crescimento e adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas (IBÁ, 2023). Conforme Panshin & de Zeeuw (1980), para otimizar seu uso em diversas aplicações industriais, é relevante compreender suas propriedades físicas e mecânicas, especialmente a anisotropia. A anisotropia, refere-se à variação das propriedades da madeira em diferentes direções anatômicas, influenciando diretamente seu comportamento durante a secagem, usinagem e estabilidade dimensional.

A variação diamétrica das árvores em plantios comerciais pode impactar significativamente a anisotropia da madeira, uma vez que o crescimento e a densidade do material podem variar em função da idade e do diâmetro (Larson, 1969). Em plantios

jovens, a madeira oriunda de diferentes classes diamétricas pode apresentar comportamentos anisotrópicos distintos, afetando sua qualidade e adequação para diferentes fins (Zobel & van Buijtenen, 1989).

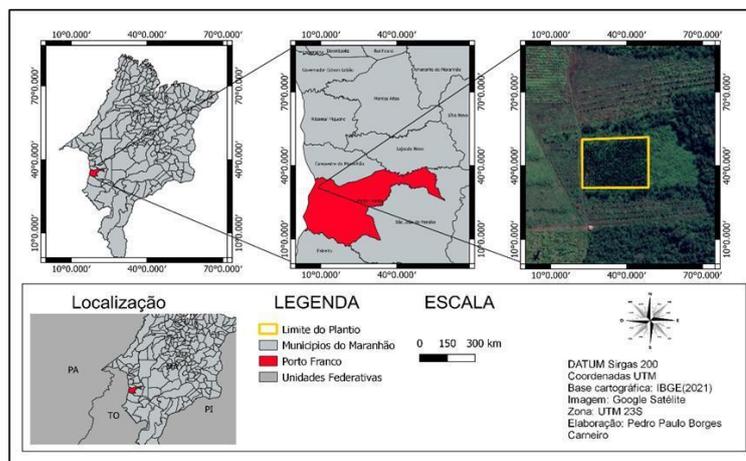
O presente estudo tem como objetivo analisar os efeitos de classe diamétrica na anisotropia da madeira de desbaste de *K. grandifoliola* C. DC. cultivada na região Tocantina do Maranhão. A pesquisa busca avaliar a estabilidade dimensional da madeira com base em ensaios de retração e inchamento, visando identificar possíveis variações anisotrópicas entre diferentes classes diamétricas e classificar a qualidade da madeira para diferentes usos industriais.

METODOLOGIA

Origem do material biológico

O material biológico utilizado no estudo é proveniente de desbaste de um plantio de *K. grandifoliola* (Figura 1) localizado na Fazenda Jacuba, que está inserida no bioma Cerrado e localizada no município de Porto Franco, Maranhão (latitude: 6°17'23.78"S; longitude: 47°21' 54,47"; e altitude de 162 m).

Figura 1 - Localização do Plantio de *K. grandifoliola* no município de Porto Franco, Maranhão.



Fonte: Autores, 2025.

O plantio abrange os limites do bioma Cerrado. Esse bioma tem como características de algumas formações de vegetação, como formações florestais, campestre e savânicas. As características fisiográficas comuns na região envolvem coberturas areno-argilosas e argilosas, originadas de formações sedimentares ou sobrepostas a elas (Costa *et al.*, 2005). O clima na região do estudo é caracterizado como estacional, com

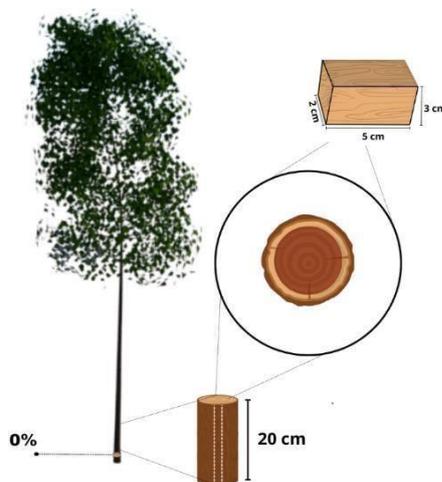
um período de chuvas que se estende de outubro a março, seguido por uma estação seca que abrange os meses de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500 mm, enquanto as temperaturas geralmente se mantêm amenas ao longo do ano, variando entre 22°C e 27°C em média (Carlos & Ricardo, 2005).

Informações do plantio e amostragem da madeira

As mudas de *K. grandifoliola*, foram plantadas em covas de 30 x 30 x 30 cm, dispostas em espaçamento de 3 x 3 m. A área total do plantio é de 5.936 m², equivalente a 0,5292 ha, com dimensões de 84 x 63 m. O plantio conta com 351 árvores com 4 anos de idade. Na área foi realizado um censo florestal, onde as árvores do plantio foram divididas em duas classes diamétricas. (1^o - 0 a 10 cm; 2^a - 10 a 20 cm de DAP).

Para cada classe diamétrica, 6 árvores de *K. grandifoliola*, foram selecionadas, totalizando 12 árvores nas duas classes. As árvores foram colhidas, sendo na base retirado torete de 20 cm de comprimento (Figura 3) para retirada dos corpos de provas dos ensaios de anisotropia, de acordo com NBR 7190-3 (ABNT, 2022).

Figura 3 – Esquema de amostragem da madeira de *K. grandifoliola*.



Fonte: Autores, 2025.

Anisotropia, estabilidade dimensional e fator anisotrópico da madeira

A anisotropia da madeira foi avaliada conforme as recomendações contidas na NBR 7190-3 (ABNT, 2022). Foram confeccionados 44 corpos de provas para os ensaios, divididos em 15 corpos de provas para primeira classe diamétrica e 29 para segunda classe diamétrica, com as seguintes dimensões de 3 x 2 x 5 cm. O maior número de amostras para a segunda classe ocorreu pelo maior diâmetro dos toretes. Os corpos de prova são

prismáticos, com seção transversal nominal de 2 cm por 3 cm, e comprimento, ao longo das fibras, de 5 cm, com base nas diretrizes da NBR 7190-3 (ABNT, 2022).

O ensaio de estabilidade dimensional da madeira foi realizado em duas etapas: retração e inchamento. No ensaio de retração, os corpos de prova estavam com umidade acima do ponto de saturação das fibras, enquanto, no ensaio de inchamento, estavam secos. A secagem ocorreu em estufa a 103 ± 2 °C, conforme a NBR 7190-3 (ABNT, 2022). Foram selecionados aleatoriamente cinco corpos de prova, cujas massas foram medidas a cada 6 h até que a variação entre duas medições consecutivas fosse $\leq 0,5\%$, garantindo a secagem a 0% de umidade.

As deformações específicas de retração, representadas por ϵ_r , e de inchamento, representadas por ϵ_i , são utilizadas como indicadores da estabilidade dimensional. Essas deformações são determinadas para cada direção preferencial, levando em consideração as dimensões da madeira quando está saturada e seca (NBR 7190-3, 2022). O inchamento volumétrico dos corpos de prova e posteriormente a variação volumétrica foram calculados (Equação 1). Primeiramente calculou-se os volumes com a base seca e a base saturada. A relação entre a retração radial e tangencial, inchamento radial e tangencial se calculou o fator de anisotropia dimensional (Equações 2 e 3).

$$\Delta V = \left(\frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{sa\epsilon t_{r3}}} \right) * 100 \quad (1)$$

$$Ac = \left(\frac{\epsilon_{r2}}{\epsilon_{i3}} \right) \quad (2)$$

$$Ai = \left(\frac{\epsilon_{i2}}{\epsilon_{i3}} \right) \quad (3)$$

Onde: V_{sat} = volume saturado; V_{seco} = volume seco; ΔV = variação volumétrica; Ac = variação anisotrópica de retração, E_{r3} = Retração Tangencial, E_{r2} = Retração Radial; Ai = deformação anisotrópica de inchamento; E_{i3} = Inchamento Tangencial; E_{i2} = Inchamento Radial.

A qualidade da madeira de *K. grandifoliola* foi classificada de acordo com a proposta de Moreschi, 2009 que leva em consideração seu fator de anisotropia (Quadro 1).

Quadro 1 – Classes de fator de anisotropia.

Fator anisotropia	Qualidade Madeira
1,2 a 1,5	Madeiras consideradas excelentes
1,6 a 1,9	Madeiras consideradas normais.
$\geq 2,0$	Madeiras de baixa qualidade

Fonte: Adaptado de Moreschi, 2009

Análises estatísticas

Os dados foram avaliados por meio de estatísticas descritivas, calculando-se a média e desvio-padrão. Os pressupostos da análise de variância (ANAVA) foram avaliados com base no teste de Bartlett e Shapiro-Wilk, a fim de avaliar a homogeneidade de variâncias e normalidade de resíduos, respectivamente, ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$). A ANAVA ($p < 0,05$) foi aplicada aos dados a fim de verificar o efeito de classes diamétricas nas propriedades anisotrópicas. A condução das análises dos dados foi feita no software R, versão 4.0.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao inchamento, houve variação de 0,09 a 0,73 % para o sentido axial, para seção radial 2,50 a 4,23% (média de 3,29%) e para seção tangencial variaram de 4,77 a 8,80% (média de 6,41%). A variação volumétrica apresentou média de 9,35%. A variação média anisotrópica de retração foi de 1,93%, enquanto a deformação anisotrópica de inchamento teve média de 1,99% (Tabela 1).

Tabela 1 – Retratibilidade da madeira de *K. grandifoliola*.

Árvores	Er1 (%)	Er2 (%)	Er3 (%)	Ei1 (%)	Ei2 (%)	Ei3 (%)	Δv (%)	ϵ_{Ai} (%)	ϵ_{Ar} (%)
1	0,73	3,49	5,36	0,73	3,62	5,68	9,32	1,54	1,57
2	0,69	3,18	4,53	0,70	3,28	4,77	8,20	1,42	1,45
3	0,19	2,44	6,96	0,19	2,50	7,49	9,39	2,85	2,99
4	0,09	3,08	5,68	0,09	3,18	6,03	8,66	1,85	1,90
5	0,46	3,17	8,09	0,46	3,28	8,80	11,41	2,55	2,69
6	0,36	2,64	5,10	0,37	2,71	5,38	7,94	1,93	1,98
7	0,28	3,15	6,62	0,28	3,25	7,10	9,80	2,10	2,18
8	0,19	4,05	6,38	0,19	4,23	6,82	10,34	1,57	1,61
9	0,67	3,51	5,04	0,68	3,65	5,32	9,00	1,44	1,46
10	0,27	3,13	6,25	0,27	3,24	6,68	9,43	2,00	2,06
Média	0,39	3,18	6,00	0,40	3,29	6,41	9,35	1,93	1,99
Desvio Padrão	0,23	0,45	1,07	0,23	0,48	1,21	1,02	0,48	0,52

Sendo: Er: deformação específica de retração; Er,1: retração axial; Er,2: retração radial; Er,3: retração tangencial; Ei: deformação específica de inchamento; Ei,1: inchamento axial; Ei,2: inchamento radial; Ei,3: inchamento tangencial; Δv : variação volumétrica; ϵ_{Ai} : deformação anisotrópica de inchamento; ϵ_{Ar} : variação anisotrópica de retração. **Fonte:** Autores (2025).

O coeficiente de anisotropia é um indicador de qualidade da madeira, estando correlacionado com os defeitos de secagem. Um coeficiente de anisotropia ideal para um material seria de 1, indicando que não houve alteração em suas dimensões ou que as alterações em suas diferentes direções anatômicas são iguais (Moreschi, 2009). Quanto maior for a discrepância entre as variações dimensionais nos sentidos anatômicos tangencial e radial da madeira, maior será o coeficiente de anisotropia e, por conseguinte, seu comportamento durante a secagem será mais prejudicado.

A média da variação anisotrópica de retração foi de 1,93% e para deformação anisotrópica de inchamento a média foi de 1,99% (Tabela 1). Com isso a madeira de desbaste de *K. grandifoliola* com idade de 4 anos, pode ser classificada com qualidade normal (Moreschi, 2009) e sua destinação pode levar para usos não tão nobres, como estacas, compensados entre outras destinações.

CONCLUSÕES

A estabilidade dimensional não foi influenciada pela classe diamétrica. A madeira de desbaste de *K. grandifoliola* com idade de 4 anos, pode ser classificada com qualidade normal. Novos estudos devem analisar características químicas, anatômicas e energéticas da madeira de *K. grandifoliola* proveniente de desbaste de cultivos na Região Tocantina do Maranhão aos 4 anos de idade para uma melhor destinação e aproveitamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7190-3: **Projeto de estruturas de madeira Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas**. Rio de Janeiro, p. 24. 2022
- CARLOS, A.; KLINK, RICARDO. B. M. **A conservação do Cerrado brasileiro**. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Machado-4/publication/228342037_A_conservacao_do_Cerrado_brasileiro/links/553a78670cf29b5ee4b64c2f/A-conservacao-do-Cerrado-brasileiro.pdf. Acesso em: 25 mar. 2025.
- COSTA, K. S. P; COSTA, H. O. S; SOUSA, C. J. S. **Contribuição ao conhecimento hidrogeológico da região sul**: Porto Franco – MA. 2005.
- LARSON, P. R. **Wood formation and the concept of wood quality**. Bulletin no. 74. New Haven, CT: Yale University, School of Forestry. 1969.
- MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- ZOBEL, B. J.; BUITJEENEN, J. P. **Wood variation its causes and control**. Springer-Verlag. New York, 1989.

Floresta de Oportunidades: O Ensino Superior ao seu Alcance *Forest of Opportunities: Higher Education Within Your Reach*

DOS SANTOS, Rafael Silva¹; ARAÚJO, Daniel Brito²; SILVA, Camylle Vieira Brito da³; GOMES, Gabriele Silva⁴; SOUZA, Argel Costa⁵; RAABE, Joabel⁶

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, contatorafaelsilva14@gmail.com;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, daniel.araujo@uemasul.edu.br;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, camylle.silva@uemasul.edu.br;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, gabriele.gomz@gmail.com;

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, argelsouza1@gmail.com;

⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Tecnologia de Produtos Florestais

Resumo

A interação entre escola e universidade traz benefícios ao aprendizado, estimulando o interesse pelo ensino superior. O projeto "Floresta de Oportunidades" aproximou alunos do 3º ano de escolas públicas de Imperatriz do Centro de Ciências Agrárias (CCA), com foco em Engenharia Florestal. Desenvolvido em quatro etapas, incluiu visitas, palestras e questionários. Dos 79 alunos participantes, 89% demonstraram interesse no ensino superior, destacando-se Engenharia Florestal (16%), Medicina (29%) e Medicina Veterinária (20%). Visitas a laboratórios, como o de entomologia, foram as mais atrativas, enquanto palestras foram menos apreciadas. Sugestões incluíram mais atividades práticas e melhor aproveitamento do tempo. Ainda assim, 39% avaliaram o evento positivamente. O projeto foi eficaz em despertar interesse pela universidade, mas ajustes, como maior ênfase na prática, podem ampliar seu impacto e contribuir para a formação de profissionais comprometidos com a sustentabilidade.

Palavras-chave: Universidade; Visita; Ensino médio.

INTRODUÇÃO

A colaboração entre instituições de ensino secundário e superior oferece vantagens significativas para o sistema educacional. Nesse sentido, a integração entre o ensino médio e a educação profissional pode efetivamente capacitar os estudantes para ingressar no mercado de trabalho, além de melhorar a qualidade do ensino (Regattieri; Castro, 2010).

Conforme O Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI 2019/2023, destaca que projetos voltados para a integração entre instituições de ensino e universidades têm o potencial de aprimorar a qualidade do sistema educacional público, ao mesmo tempo em que fomentam o desenvolvimento de cidadãos mais críticos e conscientes. Além disso, essas ações desempenham um papel crucial na formação de educadores, o que enriquece sua perspectiva educacional e facilita a aplicação prática do conhecimento teórico (Ferreira et al., 2015).

Nesse contexto, a inserção da Educação Ambiental (EA) na formação de jovens pode ser uma forma de sensibilizar os educandos com o meio ambiente e integrá-los em

áreas acadêmicas relacionadas ao tema (Monografias Brasil Escola, 2023). Segundo Effting (2007), a escola é um espaço privilegiado na implementação de atividades de EA, considerando a importância da temática ambiental e a visão integrada do mundo, no tempo e no espaço.

Uma estratégia eficaz para promover o interesse de um aluno em relação ao conhecimento e prática da EA é incentivar a reflexão e percepção dos conhecimentos já adquiridos, e portanto, implica na conscientização sobre a demanda por profissionais na área e enfatiza a importância do aprendizado contínuo, que visa sua formação como cidadão e futuro profissional comprometido com o desenvolvimento sustentável (Romão et al., 2020).

Sob essa perspectiva, profissionais na área ambiental, como engenheiros florestais, desempenham um papel fundamental na preservação do meio ambiente e na busca por soluções sustentáveis (Ética Ambiental, 2023). A formação desses profissionais não apenas fomenta a pesquisa e a inovação na área ambiental, mas também serve de inspiração aos alunos de escolas a considerarem futuras carreiras na preservação ambiental e no desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

O projeto foi dividido em quatro etapas: a primeira etapa envolveu o planejamento das atividades e visitas, as quais foram fundamentais para a organização de todos os aspectos logísticos e pedagógicos do evento; a segunda etapa, consistiu na visita da equipe a cinco escolas públicas para formalizar o convite aos coordenadores pedagógicos, proporcionando um primeiro contato institucional; na terceira etapa, foram realizadas palestras em cada escola, com o intuito de convidar os alunos para a visita ao campus universitário e apresentar as principais informações sobre o dia da visita e sobre o curso de Engenharia Florestal; a quarta etapa, foi a realização do evento e a aplicação de um questionário avaliativo, que foi essencial para a obtenção de feedback dos estudantes sobre o evento e suas percepções acerca do curso.

Organizar e planejar as atividades do dia da visita

Esta etapa foi dedicada a todo o planejamento do projeto, principalmente quanto as dependências do campus CCA, onde a equipe do projeto entrou em contato com os coordenadores de todos os laboratórios da florestal a fim de apresentar o projeto e alinhar as datas de visitas, bem como reservar o auditório com o diretor de centro. Além disso, a equipe entrou em contato com a ASCOM a fim de produzir um vídeo institucional

apresentando o campus, com o objetivo de despertar a curiosidade e interesse dos alunos na visita, além disso foi estabelecido o cronograma da visita de convite para as cinco escolas, durante a qual foi decidido que ocorreriam duas visitas por escola: uma destinada à apresentação do projeto aos coordenadores e outra para a apresentação aos alunos. Em adição, foram elaborados os detalhes da visita ao CCA, incluindo o horário do evento, transporte, alimentação, logística de troca de laboratórios e as palestras que seriam realizadas.

Visita às escolas para o convite

Para o prosseguimento do projeto, nesta etapa, foi formada uma equipe de representantes da UEMASUL, encarregada de visitar as cinco escolas da cidade de Imperatriz - MA. As primeiras visitas ocorreram no dia 15/04, durante as quais foram realizadas conversas com os diretores de cada escola. Nessas reuniões, foram explicadas a proposta do projeto, esclarecidas dúvidas sobre o dia da visita (local, data, alimentação, transporte) e agendada uma nova visita para apresentar o projeto diretamente aos alunos em sala de aula. A visita para apresentar o projeto aos alunos foi realizada no dia 23/04. Na chegada, foram entregues ofícios formalizando o convite institucional, além de explicar todos os pontos do projeto aos alunos, tirar dúvidas e convidá-los a participar da visita ao campus CCA, marcada para o dia 17/05.

Visita dos alunos ao campus do Centro de Ciências Agrárias – CCA

A visita ao CCA ocorreu no dia 17/05, em que cada escola se deslocou ao campus, acompanhada de um representante da própria escola e um representante da UEMASUL. O evento teve início por volta das 08h, após a chegada de todas as escolas convidadas. Os alunos foram direcionados ao auditório, onde assistiram a palestras sobre o ambiente acadêmico, oportunidades de bolsas e auxílios, o curso de Engenharia Florestal (áreas de estudo e atuação profissional) e o processo seletivo PAES (dúvidas sobre prazos, inscrições, documentos, etc.).

Após as palestras, os alunos receberam sorvetes como lanche e foram organizados em sete grupos diferenciados por fitas de cetim coloridas, a fim de facilitar o controle e manutenção dos grupos, sendo então conduzidos aos laboratórios conforme uma ordem previamente estabelecida. Durante as visitas aos laboratórios da área de engenharia florestal, os discentes foram informados sobre as principais atividades e pesquisas desenvolvidas nos laboratórios, a importância de cada área de estudo e suas relações com o cotidiano da população geral. Além disso, tiveram a oportunidade de observar de perto

os materiais de estudo específicos de cada laboratório, bem como os equipamentos utilizados.

Pesquisa avaliativa em forma de questionário

A última etapa do projeto foi a aplicação dos questionários com 10 questões, tanto quantitativas quanto qualitativas, a fim de mensurar os interesses de cada aluno quanto ao interesse em cursar o ensino superior, a escolha de cursos ofertados pela UEMASUL, o que poderia ser melhorado no evento e o interesse em cursar especificamente engenharia florestal, verificando assim a eficácia do projeto e quais os benefícios proporcionados nesta relação entre universidade e escolas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram aplicados 79 questionários no total, no último laboratório de cada grupo, em que se constatou que 89% dos alunos possuem interesse em cursar o ensino superior, em torno de 07% pretendem cursar engenharia florestal e a maioria dos discentes não conheciam o curso de florestal, porém ainda possuem interesse de conhecer mais sobre o curso. Além disso, 16% dos demonstraram interesse em cursar Engenharia Florestal como primeira opção, 29% Medicina e 20% Medicina Veterinária., quanto a segunda opção Engenharia Florestal se manteve com 16%, direito 23% e Medicina Veterinária 18%.

Por fim, pelo questionário foi possível aferir também que as visitas aos laboratórios foram as atividades mais interessantes para 63% dos alunos, enquanto as atividades teóricas como palestras foram vistas como menos atrativas por 33%. Quanto a sugestão de melhorias ao evento, 39% dos alunos demonstraram plena satisfação e 36% sugeriram melhorar a otimização do tempo e implementação de atividades práticas de dinâmicas.

Os resultados obtidos evidenciam um impacto positivo do projeto na promoção do interesse pelo ensino superior e, especificamente, pelo curso de Engenharia Florestal. A constatação de que quase 89% dos alunos desejam ingressar na universidade demonstra a relevância de iniciativas que aproximam estudantes do ambiente acadêmico. No entanto, o dado de que apenas 7% inicialmente consideraram Engenharia Florestal como uma opção reforça a necessidade de maior divulgação e esclarecimento sobre o curso, especialmente considerando que a maioria dos alunos desconhecia essa área antes do evento. A análise mais detalhada das preferências mostrou que Engenharia Florestal atrai 16% dos alunos como primeira opção, valor semelhante ao observado para a segunda opção, o que pode indicar potencial de crescimento desse interesse com esforços

adicionais. A comparação com cursos como Medicina (29% como primeira opção) e Medicina Veterinária (20%) sugere que há um desafio em tornar a Engenharia Florestal mais competitiva e atrativa, talvez destacando além das suas contribuições para questões ambientais e sustentabilidade, ressaltando também a valorização comercial na região tocantina, visto que o curso é ofertado somente em Imperatriz dentre todo o Maranhão.

Outro ponto importante refere-se às atividades realizadas. As visitas aos laboratórios foram as mais valorizadas, com 63% dos alunos considerando-as interessantes, enquanto as palestras, embora informativas, foram vistas como menos atrativas por 33% dos participantes. Isso destaca a importância de atividades práticas e dinâmicas para engajar os alunos e tornar o evento mais impactante, indicando um rearranjo de tempo, dedicando mais tempo a atividades práticas. Além disso, as sugestões de melhoria, como otimização do tempo e inclusão de atividades práticas, mostram que, embora 39% dos alunos expressaram plena satisfação com a equipe e o evento, ajustes são necessários para maximizar seu alcance e eficácia.

Por fim, os resultados explicitam que o evento “Floresta de Oportunidades: O Ensino Superior ao seu Alcance” foi eficaz em cumprir seus objetivos como divulgar o curso, visto que a maioria não conhecia engenharia florestal, além de aproximar as relações entre as escolas públicas de imperatriz e a universidade, pavimentando o caminho para futuras novas colaborações entre a educação de segundo grau e o mundo acadêmico.

CONCLUSÕES

Portanto, os resultados indicam que o projeto foi eficaz em aproximar alunos do ensino médio da realidade universitária e em aumentar o interesse pelo ensino superior, especialmente em Engenharia Florestal. No entanto, ajustes são necessários. A continuidade e ampliação do projeto, com foco em atividades práticas, podem intensificar seu impacto na formação de futuros profissionais comprometidos com o desenvolvimento sustentável e a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. (Re)planejar para lidar com dificuldades de aprendizagem identificadas nos alunos. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-depraticas/aprofundamentos/197-re-planejar-para-lidar-com-dificuldades-de-aprendizagemidentificadas-nos-alunos>. Acesso em: 03 out. 2023.

DILLON, J. On learners and learning in environmental education: missing theories, ignored communities. *Environmental Education Research*, v. 9, n. 2, p. 215-226, 2003.

ÉTICA AMBIENTAL. Qual a importância de um engenheiro florestal? Disponível em: <https://etica-ambiental.com.br/importancia-de-um-engenheiro-florestal/>. Acesso em: 30 set. 2023.

FÓRUM DE PRÓ-RETTORES DE EXTENSÃO DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS. Plano Nacional de Extensão (1999-2001). Brasília: SESU/MEC, 1999.

EFFTING, T. R. Educação Ambiental nas Escolas Públicas: realidade e desafios. 2007. Monografia (Pós-Graduação em Latu Sensu – Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste, 76 p.

FERREIRA, L. M. L. Práticas de leitura e escrita ao longo dos cursos de graduação na Unila: subsídios para o ensino de línguas adicionais. Revista Intercâmbio, v. XXX, p. 29-50, 2015.

GADOTTI, M. Educar para a sustentabilidade: uma contribuição à década da educação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Instituto Paulo Freire, 2008.

GARCIA, R. A. G.; CACCIAMANI, J. L. M. O papel da escola, da universidade e da comunidade na formação de professores. Revista Conexão UEPG, v. 15, n. 3, p. 339-345, 2019.

MANGAS, Tiago Paixão; DE FREITAS, Ludmila. Visita técnica como metodologia de ensino-aprendizagem: um estudo de caso no Instituto Federal do Pará-Campus Breves. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. e421997229-e421997229, 2020.

MARCOMIN, F. E.; SATO, M. Percepção, paisagem e Educação Ambiental: uma investigação na região litorânea de Laguna-SC, Brasil. Educação em Revista, Belo Horizonte, v. 32, n. 2, p. 159-186, 2016.

MARQUES, W. R. A.; RIOS, D. L.; ALVES, K. S. A percepção ambiental na aplicação da Educação Ambiental em escolas. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 17, n. 2, p. 527-545, 2022.

MONOGRAFIA BRASIL ESCOLA. Educação Ambiental Escolar. Disponível em: <https://monografias.brasilescuela.uol.com.br/biologia/educacao-ambiental-escolar.htm>. Acesso em: 30 set. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA - UNILA. Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI 2019/2023. Portarias – UNILA 1212/2017, 77/2018 e 631/2018, 2019.

RABELO, A. Como lidar com alunos com dificuldade de aprendizagem? 2021. Disponível em: <https://www.matific.com/bra/pt-br/home/blog/2021/09/24/como-lidar-com-alunoscom-dificuldade-de-aprendizagem/>. Acesso em: 03 out. 2023.

REGATTIERI, M.; CASTRO, J. Ensino médio e educação profissional: desafios da integração. UNESCO, 2010, 270 p.

RIBEIRO, F. F.; AOYAMA, E. M.; TEIXEIRA, M. C.; MENEZES, L. F. T. A Universidade como espaço complementar ao Ensino de Botânica no Ensino Médio. Kiri-Kerê-Pesquisa em Ensino, v. 1, p. 9, 2020.

ROMAO, E. L.; BARGOS, D. C.; SILVA, L. A. G.; MELO, L. R. Percepção ambiental de alunos de graduação em engenharia sobre a importância da Educação Ambiental. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 15, p. 194–208, 2020.

Qualidade do carvão vegetal comercializado no bairro Bacuri, em Imperatriz, Maranhão

Quality of charcoal sold in the Bacuri neighborhood in Imperatriz, Maranhão

LIMA, Alyssa Rannelly Pereira¹; SOUSA, Aline Santos²; SANTOS, Bárbara Vieira³; SOUSA, Argel Costa⁴; GOMES, Gabriele Silva⁵; BRITO, Manassés Macedo⁶; BRAGA, Eduarda Vaz⁷; LIMA, Wesley Moura⁸; TORRES, Esthefany Oliveira⁹; RAABE, Joabel¹⁰; LIMA, Michael Douglas Rocque¹¹

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alyssalima.20200003449@uemasul.edu.br;

²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alinesousa.20200009792@uemasul.edu.br;

³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, barbarasantos.20200009630@uemasul.edu.br;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, argelsouza1@gmail.com

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, gabriele.gomz@gmail.com;

⁶Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, manassesbrito.20190003743@uemasul.edu.br;

⁷ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, eduardabraga.20200003458@uemasul.edu.br;

⁸ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, wesleylima.20200003378@uemasul.edu.br;

⁹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, esthefany.20200003313@uemasul.edu.br;

¹⁰Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, joabel.raabe@uemasul.edu.br;

¹¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, michael.lima@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Tecnologia de Produtos Florestais

Resumo

O carvão vegetal é um biocombustível renovável amplamente utilizado em aplicações industriais e domésticas. Sua qualidade influencia a eficiência energética e o valor comercial. Este estudo avaliou a qualidade do carvão vegetal doméstico comercializado no bairro Bacuri, em Imperatriz, Maranhão. Nesse sentido, foram analisadas a densidade relativa aparente (DRA), umidade na base seca (UBS) e umidade na base úmida (UBU) do carvão comercializado em um ponto comercial no bairro supracitado. Os resultados indicaram que a amostra S apresentou maior densidade e menor umidade, sugerindo melhor qualidade, enquanto a amostra P teve menor densidade e maior umidade, demonstrando menor eficiência. Desse modo, o controle de origem, processamento e armazenamento é essencial para garantir a qualidade do carvão e sua eficiência energética.

Palavras-chave: Biocombustível; Biomassa; Umidade; Densidade.

INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é um biocombustível renovável amplamente utilizado na indústria siderúrgica e metalúrgica como biorredutor na produção de ferro-gusa e aço, devido à sua alta densidade energética e propriedades redutoras (Rodrigues; Junior, 2019;

Pereira; Carneiro, 2021). O Brasil é o 9º produtor de aço do mundo, responsável por mais de 34 milhões de toneladas de aço bruto anualmente (IAB, 2023).

De acordo com o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2023), o Brasil produziu 7,0 milhões de toneladas em 2022, com quase a totalidade da produção voltada para o mercado interno. Dentro desse total, 6,9 milhões de toneladas de carvão vegetal foram obtidos a partir da madeira de florestas plantadas, representando um aumento de 15% nos últimos 5 anos (IBÁ, 2023).

Além do uso industrial, o carvão vegetal tem sido amplamente empregado para uso doméstico em áreas urbanas e rurais, devido ao seu baixo custo e à facilidade de manuseio. Tais utilizações contribuem para a geração de bioenergia e diversificação da matriz energética brasileira, que ainda apresenta intensa utilização de combustíveis fósseis (Anater *et al.*, 2019).

A qualidade do carvão é um fator importante para seu valor comercial e eficiência energética, influenciando sua utilização em processos industriais e domésticos. As propriedades físicas do carvão, como a densidade relativa aparente e umidade, define sua melhor aplicabilidade (Silva *et al.*, 2019).

Portanto, este estudo avaliou a qualidade do carvão vegetal doméstico comercializado no bairro Bacuri, em Imperatriz, Maranhão. A pesquisa busca contribuir para a discussão sobre o tema por meio da análise das características do carvão local e da proposição de ações voltadas para sua melhoria.

METODOLOGIA

Aquisição e preparação do material

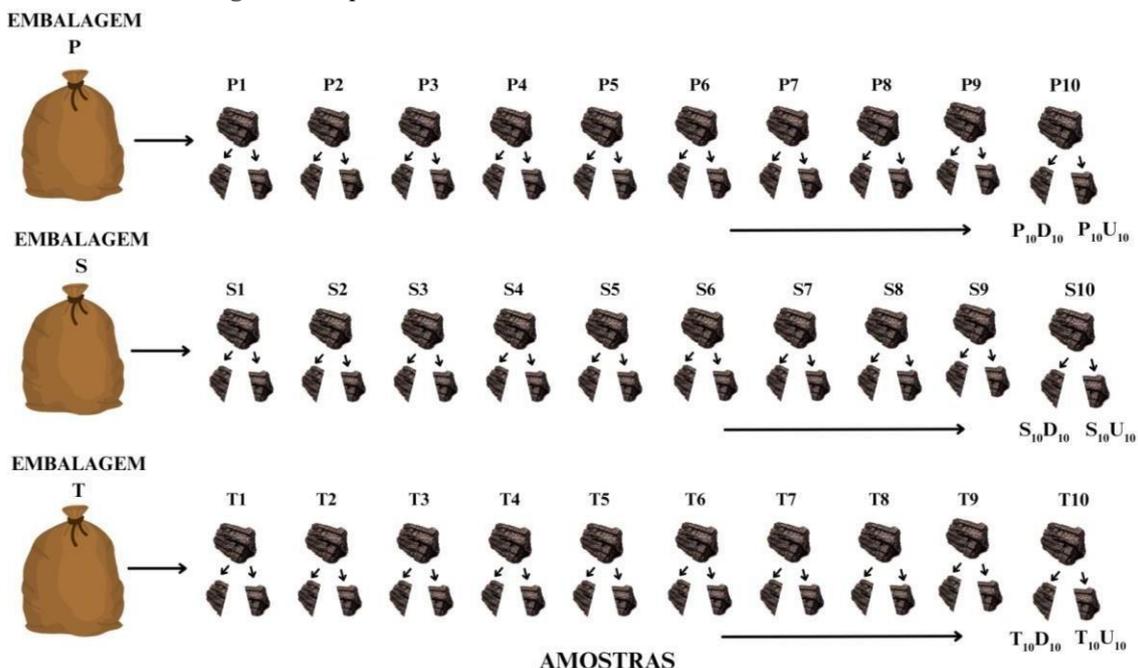
Três embalagens plásticas com carvão vegetal foram adquiridas em um ponto comercial do bairro Bacuri na cidade de Imperatriz, Estado do Maranhão. As embalagens foram devidamente identificadas e armazenadas no Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), para evitar qualquer alteração nas propriedades do carvão.

Preparo das amostras

Para a realização da análise laboratorial, foram retiradas 10 amostras representativas de forma aleatória de cada saco de carvão, totalizando 30 unidades amostrais. As 10 amostras de cada embalagem foram selecionadas e seccionadas em duas

partes distintas, no qual a primeira parte foi utilizada para a mensuração da umidade, nas bases úmida (UBU) e seca (UBS), e a segunda parte foi destinada à determinação da densidade relativa aparente (DRA) dos carvões, possibilitando uma avaliação precisa das principais propriedades físicas. Este procedimento metodológico assegura a representatividade das variabilidades presentes no material, conforme é evidenciado na figura 1.

Figura 1. Esquema ilustrativo da subdivisão das amostras de carvão.



Nota: P, S e T = Amostras de carvão; P_nD_n , S_nD_n e T_nD_n = Amostras para Análise de Densidade Relativa Aparente; P_nU_n , S_nU_n e T_nU_n = Amostras para Análise de umidade.

Fonte: Autores (2025).

Logo após o seccionamento, 10 amostras de carvões de cada embalagem (P, S e T) foram imersas em água por 1 hora visando determinação do volume saturado pelo método hidrostático, descrito na norma NBR 11.941 (ABNT, 2003). Para a análise, foram consideradas adaptações relacionadas ao tempo em que a amostra de carvão permaneceu em imersão (30 minutos) e o tempo de secagem em estufa com circulação de ar ($105 \pm 2^\circ\text{C}$ por 2h). Dessa forma, procedeu-se a determinação da DRA.

As outras 10 amostras de cada embalagem foram diretamente levadas à estufa, também a 105°C por 2 horas. Após esse período, suas massas foram determinadas em balança com o auxílio de um dessecador para evitar a absorção de umidade, permitindo o cálculo da UBS e UBU.

As Equações 1, 2 e 3 foram utilizadas para o cálculo das propriedades UBU, UBS e DRA, respectivamente, dos carvões vegetais amostrados no Bairro Bacuri, Imperatriz, Maranhão.

$$UBU = \frac{MU - MS}{MU} \times 100 \quad (1)$$

$$UBS = \frac{MU - MS}{MS} \times 100 \quad (2)$$

$$DRA = \frac{MS}{VS} \quad (3)$$

Em que: UBU = umidade na base úmida (%); MU = massa úmida (g); MS = massa seca (g); UBS = umidade na base seca (%); DRA = densidade relativa aparente (g.cm³); VS = volume saturado (cm³).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A embalagem S apresentou maior valor médio para DRA (0,668 g cm⁻³), seguido da P e T. A média geral observada para a DRA dos carvões desse ponto comercial é de 0,571 g cm⁻³. Em relação a UBU e UBS, os carvões amostrados na Embalagem T apresentaram os menores valores médios.

Tabela 1. Média das amostras coletadas das 3 embalagens de carvão vegetal.

Embalagem	DRA (g cm ⁻³)	UBU (%)	UBS (%)
P	0,547 ± 0,111	7,17 ± 1,57	7,75 ± 1,85
S	0,668 ± 0,035	5,75 ± 1,13	6,11 ± 1,26
T	0,516 ± 0,165	4,88 ± 1,22	5,14 ± 1,36
Média	0,571	6,01	6,43

DRA = densidade relativa aparente, UBU = umidade na base úmida, UBS = umidade na base seca. Média ± desvio padrão. **Fonte:** Autores (2025).

Os dados de DRA reportados para a Embalagem S indica maior concentração de material combustível por unidade de volume. Além disso, maior eficiência energética durante a combustão, o que pode ser corroborado por Lima *et al* (2020), que evidenciaram carvões com maiores densidades energéticas, aqueles com maiores valores de DRA. Vale ressaltar que a DRA média do estabelecimento, se encontra adequada para finalidade doméstica, até acima da referência de carvões para o seguimento siderúrgico (0,250 g cm⁻³) (Assis *et al.*, 2016). Vale ressaltar que DRA elevada culmina em carvões com maior resistência mecânica e menor friabilidade, que significa menor propensão a gerar finos devido ao manuseio.

A UBS verificada neste trabalho está acima do estabelecido pelo Selo Premium (SÃO PAULO, 2003), que estabelece valores abaixo de 5,0% para fins domésticos. Isso sugere a necessidade de maior controle de umidade dos carvões no bairro em estudo, visando maior eficiência energética desses insumos. De acordo com Sousa, Pereira e Xavier (2019), baixos teores de umidade resultam em um produto com maior poder calorífico, pois fazer uso de carvão vegetal com elevado teor de água atrapalha seu rendimento durante o processo térmico. Nesse sentido, os carvões analisados necessitam de melhor controle de umidade, o que pode estar associado às condições de armazenamento.

CONCLUSÕES

A análise da qualidade do carvão vegetal comercializado no bairro Bacuri, em Imperatriz-MA, permitiu avaliar suas características físicas e sua adequação para uso energético. Os resultados indicaram que a amostra S apresentou a melhor qualidade, com maior densidade aparente e menor umidade, características essenciais para um desempenho eficiente na combustão. Em contrapartida, a amostra P apresentou a menor densidade e a maior umidade, o que pode comprometer sua eficiência energética e aumentar a emissão de fumaça durante a queima.

Desse modo, a implementação de normas de certificação pode contribuir para a padronização do carvão vegetal, beneficiando tanto consumidores quanto produtores. Melhorar sua qualidade requer não apenas a adoção de técnicas mais eficientes de controle e processamento, mas também a conscientização de vendedores e consumidores sobre a importância de optar por produtos com melhor desempenho energético e menor impacto ambiental.

AGRADECIMENTOS

À UEMASUL, pelo apoio prestado por meio do Edital nº 11/2024 - DIVEXT/CSIS/PROEXAE estabelecidas pela Resolução nº 029/2018 - CONSUN/UEMASUL, que trata da Política de Extensão nesta Universidade, e pela Resolução nº 286/2024 - CONSUN/UEMASUL, que cria e normatiza o Programa Amplia Extensão (PAEX). Além disso, o Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira da UEMASUL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11941: Madeira - determinação da densidade básica., Rio de Janeiro, 2003.

ANATER, M. J. et al. Análise da qualidade do carvão vegetal para uso residencial na região de Curitiba, Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 123, p. 494-504, 2019.

ASSIS, M. R.; BRANCHERIAU, L.; NAPOLI, A.; TRUGILHO, P. F. Factors affecting the mechanics of carbonized wood: literature review. **Wood Science and Technology**, v. 50, p. 519–536, 2016.

IAB - Instituto Aço Brasil. **Relatório de Sustentabilidade**, Rio de Janeiro. 2023.

Disponível em:

<https://acobrasil.org.br/site/wpcontent/uploads/2023/07/AcoBrasil_Anuario_2023.pdf>
. Acesso em maio/2024.

Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. (2023). **Relatório Anual 2023**. Disponível em: <https://www.arefloresta.org.br/noticia/422/relatorio-anual-de-florestas-plantadas-2023-iba>. Acesso em: 10 fev 2025.

LIMA, M. D. R. *et al.* Variabilidade das densidades básica e energética e estoque de carbono na madeira no fuste de clones de Eucalyptus. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 128, p. e3302, 2020.

OLIVEIRA, M. A. **Processos de carbonização e impactos na qualidade do carvão**. São Paulo: Editora Técnica, 2020.

São Paulo (Estado). **Resolução SAA - 10, de 11-7-2003**. Diário Oficial do estado de São Paulo, v. 113, n. 129 - São Paulo, sábado, 12 de julho de 2003.

SILVA, J. R. *et al.* Análise da qualidade do carvão vegetal: aspectos químicos e físicos. **Revista Energia e Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 45-58, 2019.

SOUSA, A. N. S.; PEREIRA, K. R. M.; XAVIER, C. N. Qualidade do carvão vegetal produzido de resíduos madeireiros e de floresta plantada. **V Fórum Nacional Sobre Carvão Vegetal / III Seminário de Energia da Biomassa Florestal**, 2019.

PEREIRA, Bárbara Luísa Corradi; CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira. O impacto da densidade na qualidade do carvão vegetal. **Revista Opiniões: Ribeirão Preto**, n. 85, p. 40-42, 2021.

Qualidade do Carvão vegetal Comercializado no Bairro Bom Sucesso, em Imperatriz, Maranhão.

Evaluation of Moisture and Apparent Density of Charcoal Sold in Imperatriz-MA.

LIMA, Alyssa Rannelly Pereira¹; GOMES, Gabriele Silva²; BRITO, Manassés Macedo³; BRAGA, Eduarda Vaz⁴; LIMA, Wesley Moura⁵; SOUZA, Argel Costa⁶; SOUSA, Aline Santos⁷; SANTOS, Bárbara Vieira⁸; RAABE, Joabel⁹; LIMA, Michael Douglas Roque¹⁰

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alyssalima.20200003449@uemasul.edu.br;

²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, gabriele.gomz@gmail.com;

³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, manassesbrito.20190003743@uemasul.edu.br;

⁴Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, eduardabraga.20200003458@uemasul.edu.br;

⁵Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, wesleylima.20200003378@uemasul.edu.br;

⁶Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, argelsouza1@gmail.com

⁷Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alinesousa.20200009792@uemasul.edu.br;

⁸Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, barbarasantos.20200009630@uemasul.edu.br;

⁹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, joabel.raabe@uemasul.edu.br;

¹⁰Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, michael.lima@uemasul.edu.br.

Eixo Temáticos: Tecnologia de Produtos Florestais

Resumo

O uso do carvão vegetal no ambiente doméstico é considerado indispensável devido a fatores técnicos, econômicos e à qualidade dos produtos obtidos. Este estudo teve como objetivo avaliar a umidade e a densidade relativa aparente de amostras de carvão vegetal comercializadas no bairro Bom Sucesso em Imperatriz-MA. Foram analisadas três amostras de uma mesma marca, com determinação da umidade conforme a NBR 14929 e da densidade relativa aparente segundo a NBR 11941. Os resultados mostraram que o tratamento S1 apresentou maior umidade média (4,83%) e maior variabilidade (CV = 20,99%), enquanto S2 e S3 tiveram umidades médias de 3,99% e 3,89%, respectivamente. A densidade relativa aparente foi homogênea entre as amostras, com valores médios de 0,69 (S1), 0,67 (S2) e 0,68 (S3). No estudo, verificou-se que a variabilidade na umidade, especialmente no tratamento S1, indicou a necessidade de melhorias no processo de secagem e armazenamento para garantir um produto mais uniforme e eficiente.

Palavras-chave: Qualidade do carvão; carbonização; análise térmica; eficiência energética.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo. Em 2023, o país produziu aproximadamente 6,7 milhões de toneladas de carvão, tendo uma pequena queda de 3,7% em comparação ao ano anterior, que havia produzido 7 milhões de toneladas. O estímulo ao uso do carvão vegetal proporciona ganhos econômicos, ambientais e sociais para o país, reduzindo o consumo de fontes não renováveis e as emissões de gases de efeito estufa (IBÁ, 2024).

De acordo com o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos - CGEE (2014), o carvão vegetal é um produto derivado da carbonização da madeira, que tem suas características intrinsecamente ligadas à temperatura do processo e à matéria-prima utilizada. Para a indústria siderúrgica, é crucial que o carvão apresenta baixo teor de materiais voláteis e cinzas, aliado a um alto teor de carbono fixo, poder calorífico e densidade, além de demonstrar alta resistência (Assis *et al.*, 2016).

Já para o uso doméstico, a qualidade do carvão vegetal é determinada por uma combinação de fatores, incluindo alta densidade aparente, baixo teor de materiais voláteis, baixos teores de cinzas, alto teor de carbono fixo e alto poder calorífico. Conjuntamente, um bom carvão deve ser facilmente inflamável, com baixa emissão de fumaça e sem a presença de atíços (Anater *et al.*, 2019).

Além da densidade, a umidade exerce papel crucial na determinação da qualidade do carvão vegetal. Uma elevada umidade não apenas reduz o rendimento energético durante a carbonização, mas também diminui a taxa de produção, comprometendo a eficiência e a qualidade do carvão destinado ao uso doméstico.

Diante disso, o presente resumo visa determinar avaliar a umidade e a densidade relativa aparente de amostras de carvão vegetal comercializadas no bairro Bom Sucesso em Imperatriz-MA.

METODOLOGIA

Neste trabalho foram avaliados carvões comerciais de uma marca. Três pacotes da marca foram adquiridos no mesmo estabelecimento comercial em Imperatriz-MA, no bairro Bom Sucesso. De cada pacote, dez amostras (unidades de carvão — CP1 a CP10) foram selecionadas aleatoriamente. Essas amostras (CP1 a CP10) foram cortadas aproximadamente ao meio. Uma das metades foi destinada à análise de umidade (U1 a U10), enquanto a outra foi usada para determinar a Densidade Relativa Aparente (DRA1 a DRA10).

A determinação de umidade (U) foi realizada no mesmo dia para todas as amostras, de acordo com a NBR 14929 (ABNT, 2003a). As embalagens foram mantidas fechadas até a análise. Os carvões foram pesados com uma precisão de 0,001 g, secos até atingirem massa constante em uma estufa a 105 ± 2 °C e pesados novamente. O teor de umidade foi calculado com base na massa seca.

A análise da Densidade Relativa Aparente (DRA) foi realizada de acordo com a NBR 11941 (ABNT, 2003b). As amostras foram imersas em água por 24 horas. O volume

foi determinado pelo método hidrostático, utilizando um béquer contendo água posicionado sobre uma balança. As amostras foram presas a uma agulha e imersas na água. A massa deslocada correspondeu ao volume da amostra. Após secagem por 24 horas em laboratório, os carvões foram levados à estufa por 2 horas a uma temperatura de 105 ± 2 °C e depois pesados com uma precisão de 0,001 g para obtenção de massa seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à umidade das amostras. Observou-se que o tratamento S1 apresentou o maior valor médio de umidade (4,83%), seguido de S2 (3,99%) e S3 (3,89%). O desvio padrão associado ao S1 (1,01) é o mais elevado dentre os tratamentos, refletindo uma maior dispersão dos dados, o que é corroborado pelo coeficiente de variação (CV) de 20,99%. Em contraste, S2 e S3 demonstraram desvios de padrões menores (0,60 e 0,41, respectivamente) e CVs de 15,15% e 10,54%.

Tabela 1: Resultados da umidade da base seca das amostras.

Parâmetros	S1	Tratamentos	
		S2	S3
Média	4,83	3,99	3,89
Desv. pad	1,01	0,60	0,41
CV (%)	20,99	15,15	10,54

Fonte: Autores (2025).

Esses resultados sugerem que as amostras do tratamento S1 podem ter sido submetidas a condições de secagem ou armazenamento menos uniformes, resultando em maior variabilidade. De acordo com Rosário *et al.* (2020), a umidade do carvão é um parâmetro crítico, pois teores elevados podem comprometer seu poder calorífico e eficiência na combustão. Além disso, o artigo destaca que carvões absorvem umidade do ambiente rapidamente, podendo alcançar valores entre 5% e 10%, dependendo das condições ambientais e do tipo de armazenamento.

Assim, a variabilidade observada nas amostras do S1 pode estar associada à exposição diferenciada à umidade relativa do ar durante o armazenamento, tornando essencial um controle rigoroso desse fator para evitar perdas energéticas e garantir um produto mais uniforme.

Conforme apresentado na Tabela 2, a densidade relativa aparente dos carvões apresentou valores médios próximos entre os tratamentos, com S1 registrando 0,69, S2 0,67 e S3 0,68. Os desvios padrão (0,08, 0,07 e 0,08, respectivamente) e os coeficientes de variação (10,97%, 10,26% e 12,25%) indicam que a densidade se manteve relativamente homogênea entre as diferentes amostras.

Tabela 2: Resultados da densidade das amostras.

Parâmetros	-	Tratamentos		
		S1	S2	S3
Média		0,691	0,674	0,686
Desv. pad		0,076	0,069	0,083
CV (%)		10,974	10,262	12,254

Fonte: Autores (2025).

A uniformidade da densidade relativa aparente é um indicativo positivo, pois garante uma melhor previsibilidade no desempenho do material durante o uso, seja no ambiente doméstico ou na aplicação industrial, como na siderurgia, onde a consistência do carvão é crucial para a eficiência do processo. Estudos indicam que a densidade aparente está diretamente relacionada com a resistência mecânica e o rendimento energético do carvão (Rosário *et al.*, 2020).

A comparação entre os dois conjuntos de parâmetros revela que, embora a densidade aparente seja consistente, a umidade apresenta uma variabilidade considerável, especialmente no tratamento S1. A menor variação nos valores de densidade sugere um controle mais efetivo nesse parâmetro, enquanto a heterogeneidade na umidade pode ser decorrente de fatores como a forma de corte, armazenamento ou mesmo a variabilidade intrínseca da matéria-prima.

Considerando que um teor de umidade inferior é desejável para maximizar o valor calorífico e a eficiência na carbonização, os resultados apontam para a necessidade de se adotar medidas de controle mais rigorosas na etapa de secagem e manuseio, sobretudo para as amostras que demonstraram maior variabilidade (S1).

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a variabilidade na umidade do carvão vegetal, especialmente no tratamento S1 (4,83% de umidade média e CV = 20,99%), pode comprometer sua eficiência energética e qualidade, enquanto a densidade relativa aparente manteve-se homogênea entre as amostras (0,69 para S1, 0,67 para S2 e 0,68 para S3).

Os resultados reforçam a importância de controlar rigorosamente a umidade durante a secagem e o armazenamento, garantindo um produto mais uniforme e eficiente para o uso doméstico. Além disso, a consistência na densidade aparente destaca a relevância de manter padrões elevados na produção, contribuindo para a sustentabilidade e a eficiência do setor de carvão vegetal.

AGRADECIMENTOS

À UEMASUL, pelo apoio prestado por meio do Edital n° 11/2024 - DIVEXT/CSIS/PROEXAE estabelecidas pela Resolução n° 029/2018 - CONSUN/UEMASUL, que trata da Política de Extensão nesta Universidade, e pela Resolução n° 286/2024 - CONSUN/UEMASUL, que cria e normatiza o Programa Ampla Extensão (PAEX). Além disso, o Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira da UEMASUL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Madeira – **Determinação do teor de umidade de cavacos – Método por secagem em estufa**. NBR 14929, 2003. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Madeira – **Determinação da densidade básica**. NBR 11941, 2003. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

Anater, M. J. N.; Sanquetta, C. R.; Brand, M. A.; Da Silva, D. A.; Corte, A. P. D. Análise da qualidade do carvão vegetal para uso residencial na região de Curitiba, Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 123, p. 494-504, set. 2019.

ASSIS, M. R. *et al.* Factors affecting the mechanics of carbonized wood: literature review. **Wood Science and Technology**, New York, v. 1, n. 3, p. 1-18, 2016.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Mapeamento de ações institucionais para sustentabilidade da produção de ferro-gusa a partir de carvão vegetal**. Brasília: CGEE, p. 26, 2014.

Instituto Brasileiro de Árvores (IBÁ). **Relatório anual 2024**. Disponível em: <https://iba.org/relatorio2024.pdf>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2024.

ROSÁRIO, M. *et al.* Quality attributes of commercial charcoals produced in Amapá, a Brazilian state located in the Amazonia. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, p. 719-732, 2020.

Rendimento da laminação de madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá)

Yield of wood lamination from Schizolobium parahyba var. amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá)

SOUZA, Argel Costa¹; GOMES, Gabriele Silva²; MORAIS, Railton Oliveira³;
SANTOS, Rafael Silva dos⁴; ARAÚJO, Daniel Brito⁵;
SILVA, Camylle Vieira Brito da⁶; MARTINS, Guilherme Medeiros⁷;
SIVIERO, Marco Antonio⁸; SOUSA, Ana Paula Brito de⁹;
SANTOS, Ana Lúcia Oliveira dos¹⁰; RAABE, Joabel¹¹

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, argelsouza1@gmail.com;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, gabriele.gomz@gmail.com;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, railtonmoraes1@gmail.com;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, contatorafaelsilva14@gmail.com;

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, daniel.araujo@uemasul.edu.br;

⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, camylle.silva@uemasul.edu.br;

⁷ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, guilherme.martins@uemasul.edu.br;

⁸ Grupo Arboris – marco.siviero@grupoarboris.com.br;

⁹ Grupo Arboris – analidia.oliveira@grupoarboris.com.br;

¹⁰ Grupo Arboris – anapaula.arboris@gmail.com;

¹¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Tecnologia de Produtos Florestais

Resumo

O estudo avaliou o rendimento das lâminas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Paricá) de florestas plantadas (T1) e áreas de enriquecimento de clareira (T2), em parceria com a ADECO Compensados (Dom Eliseu, PA). Foram coletadas 10 toras por tratamento, mensuradas antes e após o arredondamento, incluindo a mensuração do rolo resto e das lâminas. O rendimento médio foi de 18,7% (T1) e 29,3% (T2), atribuído à melhor qualidade da matéria-prima no T2, influenciado pela idade e diâmetro das árvores. No entanto, altas taxas de descarte de lâminas em ambos os tratamentos indicam perdas significativas, possivelmente relacionadas a ajustes inadequados do torno. A menor perda de casca e resíduos no T2 sugere que melhorias no arredondamento podem melhorar o rendimento. Conclui-se que a análise da indústria, a capacitação de operadores e o uso de toras de maior diâmetro são essenciais para aumentar a eficiência e a sustentabilidade do setor de laminação.

Palavras-chave: Floresta plantada; Área de enriquecimento; Classificação de lâminas; Compensados.

INTRODUÇÃO

A indústria de base florestal é fundamental na economia brasileira, abrangendo diversas cadeias produtivas. Entre os produtos derivados da madeira, os painéis compensados vêm se destacando, impulsionando o crescimento desse setor (Ibá, 2022; Silva *et al.*, 2015). A produção desses painéis depende diretamente da qualidade das lâminas de madeira, cuja uniformidade e resistência são fatores determinantes para o rendimento industrial.

As lâminas de madeira são obtidas por meio de processo de corte específico, com espessuras que variam entre 0,13 mm e 6,35 mm (Iwakiri e Trianoski, 2020). Para garantir bom desempenho na fabricação de compensados, as lâminas devem apresentar espessura uniforme, textura adequada e ausência de defeitos, como fendas. As espécies utilizadas na produção de compensados incluem tanto madeiras tropicais nativas quanto exóticas, como amescla, assacu, sumaúma, caucho, faveira e paricá.

A preocupação ambiental com a exploração excessiva de florestas nativas incentivou o uso de espécies plantadas, sendo o paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) a alternativa viável devido ao seu rápido crescimento e boas características tecnológicas (Iwakiri *et al.*, 2011; Machado *et al.*, 2018). Além dos planejamentos comerciais, as áreas de enriquecimento de clareira são indicadas para a produção de madeira, promovendo tanto a conservação ambiental quanto o desenvolvimento do setor madeireiro (Schwartz *et al.*, 2017; Bentos *et al.*, 2020).

Apesar das vantagens do paricá, a laminação dessa madeira ainda apresenta desafios, como variações no rendimento e qualidade das lâminas. Fatores intrínsecos à madeira e ao processo de produção podem impactar a eficiência industrial, tornando essencial a análise do rendimento e da qualidade das lâminas (Melo *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2015).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo determinar o rendimento de laminação e a qualidade de lâminas de madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Paricá), proveniente de plantio comercial e de área de enriquecimento de clareira, em indústria de painéis compensados.

METODOLOGIA

Caracterização do local de estudo

O estudo foi realizado em parceria com a empresa ADECO, do Grupo ARBORIS, localizada em Dom Eliseu (PA), a 145 km de Imperatriz (MA). Foram utilizadas 20 toras de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Paricá), provenientes de diferentes sistemas de manejo.

Das amostras, 10 toras vieram de floresta plantada, localizada no município de Ulianópolis (PA), com idade aproximada de 5 anos e espaçamento de 4x4 m, em área de 142 ha. As outras 10 toras foram coletadas em áreas de enriquecimento de clareiras em Dom Eliseu (PA), com árvores de 19 a 30 anos, em uma área de 589,60 ha.

Rendimento de Laminação

Foram calculados os volumes da tora com casca, sem casca e do rolo resto (resíduo do processo), além da conicidade das toras, com base na metodologia de cubagem de Smalian, conforme descrito por Scanavaca Jr. e Garcia (2003).

O rendimento de laminação foi determinado a partir da diferença entre o volume laminável e o volume total da tora com casca. Além disso, foram consideradas as perdas no processo de arredondamento e descarte de lâminas, seguindo a metodologia proposta por Melo (2012).

Análise de dados

Para a análise dos dados, foi utilizado o software R Studio, com a linguagem de programação R (versão 4.4.1, 2023). A análise estatística incluiu a verificação da homogeneidade das variâncias e da normalidade dos resíduos por meio dos testes de Levene ($p \leq 0,05$) e Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$), respectivamente. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a nível de 5% de significância para verificar a diferença entre os dois tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes dos pressupostos apontaram que os dados de todas as variáveis estudadas são homogêneos e os resíduos normais. A análise de variância (ANOVA) mostrou que houve diferença significativa entre os tratamentos 1 e 2 para as variáveis estudadas, exceto para volume de rolo resto (Vrr) e volume laminável do miolo (V LAMm) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores das variáveis estudadas e rendimento de lâminas de madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Paricá) provenientes de floresta plantada (Tratamento 1) e área de enriquecimento de clareira (Tratamento 2).

Tratamentos	Parâmetros	Vcr*	Vrr ^{NS}	V LAMc*	V LAMm ^{NS}	VLd*	REND*
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Floresta Plantada (1)	Desv. Pad.	2,67	6,15	3,85	1,03	6,44	3,47
	Média	6,71	19,01	16,16	2,52	55,59	18,68
	CV	39,73	32,36	23,83	40,99	11,59	18,58
	Desv. Pad.	1,27	4,80	4,98	2,26	6,28	6,32

Enriquecimento de Clareira (2)	Média	4,67	17,52	26,74	2,57	48,51	29,31
	CV	27,20	27,41	18,64	87,72	12,95	21,58

Nota: * = médias diferem significativamente a 5% de significância; ^{NS} = médias não apresentam diferença significativa a 5% de significância; CV = Coeficiente de Variação; Vcr = Volume de cascas e resíduos madeireiros; Vrr = Volume do rolo resto; VLAMc = Volume Laminável da capa; VLAMm = Volume Laminável do miolo; VLd = Volume de lâminas descartadas; REND = Rendimento de laminação. **Fonte:** Autores (2024).

Os rendimentos médios obtidos foram de 18,7% e 29,3% nos tratamentos 1 e 2, respectivamente, em relação ao volume da tora com cascata. Esses valores estão abaixo da faixa de 35% a 60% relativa à laminação de madeiras tropicais e de reflorestamento no Brasil (Coneglian *et al.*, 2017; Raia *et al.*, 2022). A diferença entre os tratamentos pode estar relacionada à qualidade da matéria-prima e à idade das árvores, fatores que influenciam diretamente a eficiência do processo. A escolha adequada das áreas de enriquecimento e das espécies é essencial para maximizar a qualidade e o rendimento da laminação (Setter *et al.*, 2021; Vogel *et al.*, 2020).

A idade das árvores e a proporção de lenho adulto e juvenil influenciam significativamente o rendimento da laminação. Árvores mais velhas tendem a apresentar maior diâmetro e menos defeitos, resultando em melhor qualidade da madeira e menor desperdício no processo industrial (Mannarelli Filho, 2020). O lenho adulto, por suas características anatômicas, favorece a laminação, enquanto o lenho juvenil pode comprometer o rendimento, especialmente em espécies de baixa densidade, como *S. parahyba var. amazonicum* (Latorraca; Albuquerque, 2000; Vidaurre *et al.*, 2023).

A alta coeficiente de variação (CV) distribuída em algumas variáveis, como o volume laminável de miolo no tratamento 2 (87,7%), indica a heterogeneidade da matéria-prima, refletida em diferenças de retinidade, conicidade e diâmetro das toras. Além disso, a baixa densidade da espécie pode ter contribuído para o menor rendimento, pois madeiras mais porosas retêm mais água, resultando em maior redução volumétrica durante a secagem. Para minimizar essas variações, é fundamental o controle rigoroso de qualidade na seleção e preparo das toras antes da laminação (Souza *et al.*, 2019; Lira-Martins *et al.*, 2022).

CONCLUSÕES

O estudo mostrou que o rendimento médio da laminação foi maior nas toras de áreas de enriquecimento de clareira (29,3%) em comparação com a floresta plantada

(18,7%). Essa diferença está relacionada à qualidade da matéria prima, idade e diâmetro das árvores. As toras de áreas de enriquecimento apresentaram melhores características, como maior diâmetro e menor percentual de lenho juvenil, resultando em rendimento superior. A maior presença de lenho adulto favoreceu a eficiência e a qualidade da laminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTOS, T. V.; NASCIMENTO, H. E. M.; VIZCARRA, M. D. A.; WILLIAMSON, G. B. Effects of experimental lightgaps and topography on enrichment plantings in a central Amazonian secondary forest. **Acta Amazonica**, 50: 192-198, 2020.

CONEGLIAN, A.; SEVERO, E. T. D.; BATISTA, W. R.; PEREIRA, I. M.; DA SILVAS GOMES, I. Rendimento e classificação das lâminas de *Eucalyptus grandis* W. Hill utilizando dois tratamentos térmicos. **Espacios**. 2017.

FONSECA, D. A. D.; BACKES, A. R.; ROSENFELD, M. F.; OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C. Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal**, 27: 521-534, 2017.

GAYVAS, B.; DMYTRUK, V. Investigation of drying the porous wood of a cylindrical shape. **Mathematical modeling and computing**, 9: 399–415, 2022.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório técnico 2022**. IBÁ, Brasília, 2022.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R. **Painéis de madeira reconstituída**. 2ª ed. Curitiba: FUPEP. 2020.

IWAKIRI, S.; VARGAS, C. A.; PARCHEM, C. F. A.; WEBER, C.; BATISTA, C. C.; GARBE, E. A.; CIT, E. J.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. **Floresta**, Curitiba, 41: 451-458, 2011.

LATORRACA, J. V. F.; ALBURQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, 7: 279-291, 2000.

LIRA-MARTINS, D.; QUESADA, C. A.; STREKOPYTOV, S.; HUMPHREYS-WILLIAMS, E.; HERAULT, B.; LLOYD, J. Wood nutrient-water-density linkages are influenced by both species and environment. **Frontiers in Plant Science**, 13: 778403, 2022.

MACHADO, J. F.; HILLIG, É.; WATZLAWICK, L. F.; BEDNARCZUK, E.; TAVARES, E. L. Production of plywood panel for exterior use with Paricá and Embaúba timbres. **Revista Árvore**. 42: e420406, 2018.

MANNARELLI FILHO, T. A Model for Strategic Analysis in Wood Treatment Companies. **Research, Society and Development**, 9: e53191110206-e53191110206,

2020.

MELO, R. R. D.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PAVAN, B. E.; RODOLFO JÚNIOR, F. 2014. Rotary peeling yield of *Schizolobium amazonicum* (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, 44: 315-320, 2014.

MELLO, R. R. **Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis LVL confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 1: p. 45-61, 2012.

RAIA, R. Z.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; DE ANDRADE, A. S. Study On The Feasibility Of Veneer And Plywood Production Of Hevea Brasiliensis–Clone Rim600. **Floresta**, 52(4), 422-430, 2022.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, 63: 32-43, 2003.

SCHWARTZ, G.; PEREIRA, P. C.; SIVIERO, M. A.; PEREIRA, J. F.; RUSCHEL, A. R.; YARED, J. A. 2017. Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: A financially profitable alternative for degraded tropical forests in the Amazon. **For. Ecol. Manage.** 390: 166–172, 2017.

SETTER, C.; ZIDANES, U. L.; DE NOVAIS MIRANDA, E. H.; BRITO, F. M. S.; MENDES, L. M.; JUNIOR, J. B. G. Influence of wood species and adhesive type on the performance of multilaminated plywood. **Environmental Science and Pollution Research**, 28: 50835-50846, 2021.

SILVA, G. F. D.; MENDONÇA, A. R. D.; HOFFMANN, R. G.; ZANETI, L. Z.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C. Rendimento em laminação de madeira de Paricá na região de Paragominas, Pará. **Ciência Florestal**. Santa Maria, 25: 447-455, 2015.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M.; DE MELO, R. R. Annual variation of the equilibrium moisture content and the color of **Amazonian woods submitted to field trials**. 10: 223-235, 2019.

VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, 18: 469-480, 2023.

VOGEL, S.; GOSSNER, M. M.; MERGNER, U.; MÜLLER, J.; THORN, S. Optimizing enrichment of deadwood for biodiversity by varying sun exposure and tree species: an experimental approach. **Journal of Applied Ecology**, 57: 2075-2085, 2020.

Uso potencial de coprodutos de serraria a partir da sua caracterização granulométrica e energética

Potential use of sawmill co-products from their particle size and energy characterization

ARAÚJO, Daniel Brito¹; SANTOS, Rafael Silva²; DA SILVA, Camylle Vieira Brito³; OLIVEIRA, Railton Moraes⁴; SOUZA, Argel Costa⁵; GOMES, Gabriele Silva⁶; RAABE, Joabel⁷.

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, daniel.araujo@uemasul.edu.br;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, rafael.s.santos@uemasul.edu.br; ³

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, camylle.silva@uemasul.edu.br; ⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, railtonmoraes1@gmail.com; ⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, argelsouza1@gmail.com; ⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, gabriele.gomz@gmail.com; ⁷ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, joabel.raabe@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Tecnologia de produtos florestais

Resumo

A indústria madeireira, especialmente as serrarias, gera consideráveis volumes de coprodutos, como pó de serra, cavacos e maravalhas, que frequentemente são descartados de maneira inadequada ou queimados a céu aberto, acarretando impactos ambientais negativos. Este estudo tem como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento desses coprodutos por meio da caracterização granulométrica e energética, a fim de sugerir alternativas sustentáveis. Foram coletadas amostras de cavacos armazenados em pilhas em pátio coberto (CC) e pátio aberto (CE), além do pó de serra (PS) proveniente de uma serraria localizada em Açailândia (MA). As amostras foram analisadas quanto à umidade, densidade a granel, distribuição granulométrica e propriedades energéticas, incluindo teor de carbono fixo, materiais voláteis, teor de cinzas e poder calorífico. Os resultados indicaram que tanto o pó de serra quanto os cavacos apresentam características promissoras para aplicações industriais. O pó de serra demonstrou um teor de umidade de 7,56% e um poder calorífico superior (PCS) de 20,78 MJ/kg, sendo viável para briquetagem e utilização como biocombustível. Seu elevado teor de materiais voláteis confere uma queima rápida; contudo, quando compactado em briquetes, a combustão se torna mais lenta e eficiente, resultando em um maior aproveitamento energético. Além disso, seu baixo teor de cinzas (0,49%) evidencia sua qualidade como combustível limpo, minimizando a formação de resíduos inorgânicos que poderiam comprometer o desempenho de caldeiras, por exemplo. Os cavacos apresentaram um PCS variando entre 19,83 e 20,33 MJ/kg, adequado para combustão, porém com um teor de cinzas relativamente alto (4,18% a 5,57%), fator que pode comprometer sua eficiência em caldeiras devido à formação de escórias e incrustações. Entretanto, sua granulometria homogênea, com mais de 80% das partículas retidas em peneiras de 3/8" e 4 mesh, favorece sua utilização na produção de painéis aglomerados. A uniformidade das partículas melhora a adesão à matriz resinosa durante a prensagem, resultando em placas mais densas e resistentes. Dessa forma, os cavacos se mostram mais adequados para a fabricação de painéis do que para combustão, na qual o alto teor de cinzas representa uma desvantagem. Conclui-se, portanto, que a valorização dos coprodutos de serraria é uma estratégia sustentável para a indústria madeireira. O pó de serra, devido ao seu baixo teor de cinzas e elevado poder calorífico, é ideal para briquetes e biocombustíveis. Já os cavacos, embora menos eficientes como combustível em função do seu teor de cinzas, demonstram maior potencial na produção de painéis aglomerados, considerando-se a influência da presença de casca na qualidade físico-mecânica dos painéis. Para ambas as destinações sugeridas, destaca-se a necessidade de estudos adicionais que aprofundem as características e viabilidades dessas aplicações. Assim, este estudo reforça a relevância de

práticas sustentáveis na indústria madeireira, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos e promovendo a economia circular.

Palavras-chave: Coprodutos de Serraria; Aproveitamento Energético; Pó de Serra; Cavacos; Caracterização Granulométrica.

Keywords: Sawmill Co-products; Energy Use; Saw Dust; Chip; Particle size characterization.

Abstract (Opcional): The timber industry, especially sawmills, generates considerable volumes of by-products, such as saw dust, chips and shavings, which are often disposed of inappropriately or burned in the open, resulting in negative environmental impacts. This study aims to evaluate the potential use of these co-products through particle size and energy characterization, in order to suggest sustainable alternatives. Samples of chips stored in piles in covered yard (CC) and open yard (CE) were collected, as well as saw dust (PS) from a sawmill located in Açailândia (MA). The samples were analyzed for moisture, bulk density, particle size distribution, and energy properties, including fixed carbon content, volatile materials, ash content, and calorific value. The results indicated that both saw dust and chips have promising characteristics for industrial applications. The saw dust showed a moisture content of 7.56% and a higher calorific value (PCS) of 20.78 MJ/kg, being viable for briquetting and use as biofuel. Its high content of volatile materials gives it a fast burn; However, when compacted into briquettes, combustion becomes slower and more efficient, resulting in greater energy utilization. In addition, its low ash content (0.49%) highlights its quality as a clean fuel, minimizing the formation of inorganic residues that could compromise the performance of boilers, for example. The chips presented a PCS ranging between 19.83 and 20.33 MJ/kg, suitable for combustion, but with a relatively high ash content (4.18% to 5.57%), a factor that can compromise their efficiency in boilers due to the formation of slag and scale. However, its homogeneous granulometry, with more than 80% of the particles retained in 3/8" and 4 mesh sieves, favors its use in the production of agglomerated panels.

INTRODUÇÃO

A indústria de madeira sólida, com seu significativo potencial econômico e social, contribui com 20% do valor bruto de produção do setor florestal, equivalente a R\$ 26,8 milhões (ABIMCI, 2022). No entanto, a forte demanda por madeira processada gera grandes quantidades de coprodutos, especialmente nas indústrias de desdobro primário, como as serrarias, onde são produzidos pó, pó de serra, maravalha e cavacos (Barbosa, 2014). Esses materiais quando não têm utilizações dentro da própria indústria são acumulados em pilhas por longos períodos ou queimados a céu aberto, causando impactos ambientais negativos (Bissoli-Dalvi, 2017; Garcia et al, 2012; Tuotu, 2009).

No Brasil, cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira são gerados anualmente, com a indústria madeireira respondendo por 91% desse montante (Oro, 2015). Dependendo do tipo de processamento e da espécie da madeira, os coprodutos das serrarias representam uma parcela considerável de todo volume de madeira trabalhada. O

pó de serra, por exemplo, pode constituir 12% do total, enquanto a maravalha pode chegar a 20% (Donatto et al, 2022). Além disso, a lenha e os cavacos, compostos por costaneiras, refilos, cascas, aparas e outros materiais, podem representar até 50% do volume absoluto de matéria-prima em serrarias e laminadoras (Hüebelin, 2001). Isso, aliado à crescente preocupação com a sustentabilidade e a economia circular, tem incentivado uma reavaliação do potencial desses coprodutos como recursos aproveitáveis.

Olmos e Sponchiado (2022) ressalta que aprimorar a produção e utilizar os coprodutos como matéria-prima secundária pode agregar valor econômico. Essa abordagem não apenas responde à demanda em aumento por madeira no mercado, mas também contrabalança os efeitos negativos sobre o ambiente. Assim, os estudos sobre as possibilidades de uso desses coprodutos e suas diversas finalidades ganham força. Aplicações na produção de energia térmica, na substituição de fibras e cinzas provenientes da queima de carvão em produtos cimentícios, substrato vegetal e na fabricação de painéis aglomerados (Sarangi; Suganya, 2024; Kurniati; Kim, 2023; Affan; Arai; Arayro, 2023), podem ser uma alternativa viável. A caracterização granulométrica se mostra útil para entender as propriedades físicas e de processamento dos materiais particulados. Nos coprodutos de serraria, essa caracterização determina a adequação dos materiais para diversas aplicações industriais, como a produção de briquetes, pellets, compostos cimentícios e painéis.

Normalmente, em painéis se diferem pela distribuição das partículas: os homogêneos têm partículas distribuídas aleatoriamente, enquanto os de múltiplos estratos ou heterogêneos apresentam diferentes tamanhos de partículas entre as camadas (Iwakiri, 2018; Gava et al., 2015). Já em pellets e briquetes, a granulometria das partículas pode ter influência na densidade a granel, na durabilidade e na resistência do material (Kaliyan; Morey, 2009). Avaliar também o potencial energético desses coprodutos é relevante, pois a energia contida nos resíduos de madeira pode ser aproveitada na forma de biocombustíveis (Nedel et al., 2018).

METODOLOGIA

Os coprodutos utilizados no estudo, cavacos e pó de serra, foram obtidos da empresa CEIMA – Sociedade Espiritossantense de Industrialização de Madeira, que opera com floresta plantada de eucalipto no município de Açailândia, Maranhão. A região possui clima classificado como Aw, conforme Köppen, caracterizado por um verão

úmido (novembro a abril) e um inverno seco (maio a outubro), com temperatura média anual de 25,9°C e precipitação média de 1.536 mm.

O estudo envolveu três tipos de tratamentos, diferenciados pelo método de armazenamento. Os cavacos, provenientes de coprodutos da serraria, como costaneiras, aparas e cascas, são processados em um picador, resultando em diferentes granulometrias. Estes foram armazenados em pilhas em pátio coberto (CC) e pátio aberto (CE), enquanto o pó de serra foi armazenado apenas em pátio descoberto (PS).

A preparação das amostras incluiu a análise da umidade, realizada de acordo com a norma NBR 14929 (ABNT, 2017). Para isso, as amostras foram submetidas à secagem em estufa a $105\pm 2^\circ\text{C}$, com três repetições para cada ponto de amostragem. A umidade foi calculada com base na diferença entre as massas antes e depois da secagem, utilizando o método gravimétrico.

A densidade a granel foi determinada conforme a metodologia descrita por Resende et al. (2021), sendo realizadas três repetições para cada amostra. O cálculo foi feito com um recipiente de 2,835 litros, permitindo a determinação da densidade dos materiais.

Além disso, a classificação granulométrica dos coprodutos in natura foi realizada por peneiramento, seguindo as diretrizes da norma NBR 11941. O percentual de cada classe granulométrica foi quantificado conforme as recomendações da norma NBR 6923 (ABNT, 1981), permitindo uma análise detalhada da distribuição das partículas dos materiais estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade obteve valores semelhantes entre os coprodutos de granulometria semelhante (8,17% e 8,29%), destacando-se uma diferença significativa para o Pó de Serra (PS). A menor umidade do PS reflete a maior área superficial e o processamento mais intenso, que facilita a perda de umidade.

Os valores médios da densidade a granel na base úmida (DGU) foram semelhantes, sem apresentar diferença significativa. Essa semelhança pode ser atribuída à leve absorção de umidade pelos cavacos expostos e à compactação do pó de serra provocada por sua granulometria fina. A média da densidade foi de $0,25 \text{ g/cm}^3$.

Em relação à densidade a granel na base seca (DGS), os valores de CC e CE foram estatisticamente iguais, com uma média de $0,21 \text{ g/cm}^3$, sugerindo que a secagem afeta

ambos os tipos de cavacos de maneira uniforme, no entanto, o pó de serra apresentou um valor de DGS significativamente diferente.

A Tabela 3 apresenta os valores percentuais das massas dos coprodutos (cavacos e pó de serra) retidas em cada peneira, durante o processo de classificação granulométrica por peneiramento.

Tabela 3. Valores percentuais do material retido nas peneiras utilizadas para classificação granulométrica.

Mesh	Percentual de material retido na malha		
	Cavaco Coberto	Cavaco Exposto	Pó de serra
3/8"	71,53%	63,24%	8,08%
4	18,88%	23,09%	2,02%
5	2,98%	4,02%	2,02%
8	2,98%	5,02%	5,05%
10	0,99%	1,00%	3,03%
14	0,99%	1,00%	13,13%
28	0,53%	1,16%	34,34%
35	0,28%	0,44%	11,11%
48	0,25%	0,33%	8,08%
60	0,22%	0,14%	4,04%
100	0,28%	0,30%	6,06%
200	0,10%	0,26%	3,03%

Fonte: Autores (2024).

Destaca-se que mais de 80% da massa analisada dos cavacos (cobertura - 90,41% e expostos - 86,33%) ficaram retidos nas peneiras de 3/8 e 4 mesh. Isso indica que este tipo de material apresenta partículas maiores. No caso do pó de serra, o maior percentual de massa ficou retido nas peneiras intermediárias de 14, 28 e 35 mesh (13,1% - 13,4% e 11,1%, respectivamente), indicando uma granulometria que pode ser classificada de média para fina.

CONCLUSÕES

Os resíduos de serraria estudados apresentam um grande potencial para aproveitamento energético. O pó de serra, por apresentar teor de cinzas inferior a 1%, pode ser uma ótima opção para combustão quando convertido em briquetes, devido ao seu alto poder calorífico. Já os cavacos, apesar do maior teor de cinzas, continuam sendo viáveis para geração de energia, embora isso afete sua eficiência.

A uniformidade dos cavacos também se mostrou adequada para a produção de painéis aglomerados, ampliando suas possibilidades de aplicação industrial. Este estudo oferece importantes contribuições para a valorização de resíduos madeireiros, promovendo práticas sustentáveis e reforçando a importância da economia circular. Os

resultados podem servir como base para futuras iniciativas que busquem minimizar os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desses materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hüebelin, H. J. **Modelo para a aplicação da metodologia Zeri. Sistema de aproveitamento integral da biomassa de árvores de reflorestamento.** 139f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2001.

Iwakiri, S.; Trianoski, R.; Nascimento, C. C.; Juizo, C. G. F.; Lengowski, E. C.; Bilcati, G. K.; Gonçalves, T. Painéis aglomerados produzidos com seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Madera y Bosques**, v.24, n.3, 2018.

Kaliyan, N.; Morey, R. V. Fatores que afetam a resistência e durabilidade de produtos de biomassa densificada. **Biomassa e Bioenergia**, v. 33, n. 3, pág. 337-359, 2009.

Kurniati, E. O.; Kim, H. J. Utilizing Industrial By-Products for Sustainable Three-Dimensional-Printed Infrastructure Applications: A Comprehensive Review. **Infrastructures**, 8(10), 140, 2023.

Nedel, T. et al. **Energias renováveis:** uma revisão sobre o potencial de utilização da biomassa florestal no Brasil. In: Congresso Internacional de Biomassa– CIBO. Curitiba, PR, 2018.

Neiva, P.; Furtado, D.; Finzer, J. **Capacidade térmica e poder calorífico de biomassa eucalipto.** In: Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais, 2, 2018.

Olmos, A. P.; Sponchiado, M. **Processo produtivo da madeira em serraria- seus resíduos e seu destino.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, XIII., 2022, Teresina. Anais [...]. Teresina: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2022.

Análise Espacial de Áreas Potenciais para o Cultivo de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* no Maranhão

*Spatial Analysis of Potential Areas for *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Cultivation in Maranhão*

BRAGA, Eduarda Vaz¹; GIFFONY, Neilamy Geane Do Nascimento²; RODRIGUES, Pedro Henrique Ferreira³; CARMO, Ricardo Santana⁴; LEÃO, Wislan Pires⁵; SILVA, Luiz Felipe Cristiano⁶; LIMA, Michael Douglas Roque⁷; ANGELO, Dalton Henrique⁸.

¹ UEMASUL, eduardavazbr@gmail.com; ² UEMASUL, neilamygiffony.20200009765@uemasul.edu.br;

³ UEMASUL, pedrorodrigues.20200009747@uemasul.edu.br; ⁴ UEMASUL, ricardoks1000@gmail.com;

⁵ UEMASUL, wislanleao.20200009756@uemasul.com; ⁶ UEMASUL, luiz.cristiano@uemasul.edu.br;

⁷ UEMASUL, michael.lima@uemasul.edu.br; ⁸ UEMASUL, dalton_florestal@outlook.com

Eixo Temático 04: GEOTECNOLOGIA APLICADA AO MONITORAMENTO FLORESTAL

Resumo

A predominância de florestas plantadas com espécies exóticas no Brasil tem limitado o cultivo comercial de espécies nativas. No entanto, o aumento da demanda global por madeira tem incentivado a busca por novas alternativas florestais, entre elas o paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), uma espécie nativa de rápido crescimento e alta adaptabilidade. O presente estudo tem como objetivo mapear, por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, as áreas mais promissoras para o cultivo sustentável do paricá no Maranhão. A variabilidade da precipitação no estado influencia diretamente a produção agrícola e o crescimento florestal, tornando essencial a seleção criteriosa das áreas para plantio. Além disso, estratégias de manejo sustentável são fundamentais para garantir a conservação dos recursos naturais e a viabilidade econômica da silvicultura de espécies nativas. Desta forma, foi possível concluir que os melhores locais para o cultivo da espécie, abrangem mais de 180 mil km². Os resultados desta pesquisa podem contribuir para o planejamento estratégico da expansão florestal, promovendo o equilíbrio entre produção econômica e preservação ambiental.

Palavras-chave: Silvicultura; geoprocessamento, sensoriamento remoto; manejo florestal.

Keywords: Silviculture; geoprocessing; remote sensing; forestry management.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a predominância de florestas plantadas com espécies exóticas tem resultado em um cultivo comercial limitado de espécies nativas. Contudo, o aumento da demanda global por madeira impulsionou a busca por novas espécies com rápido

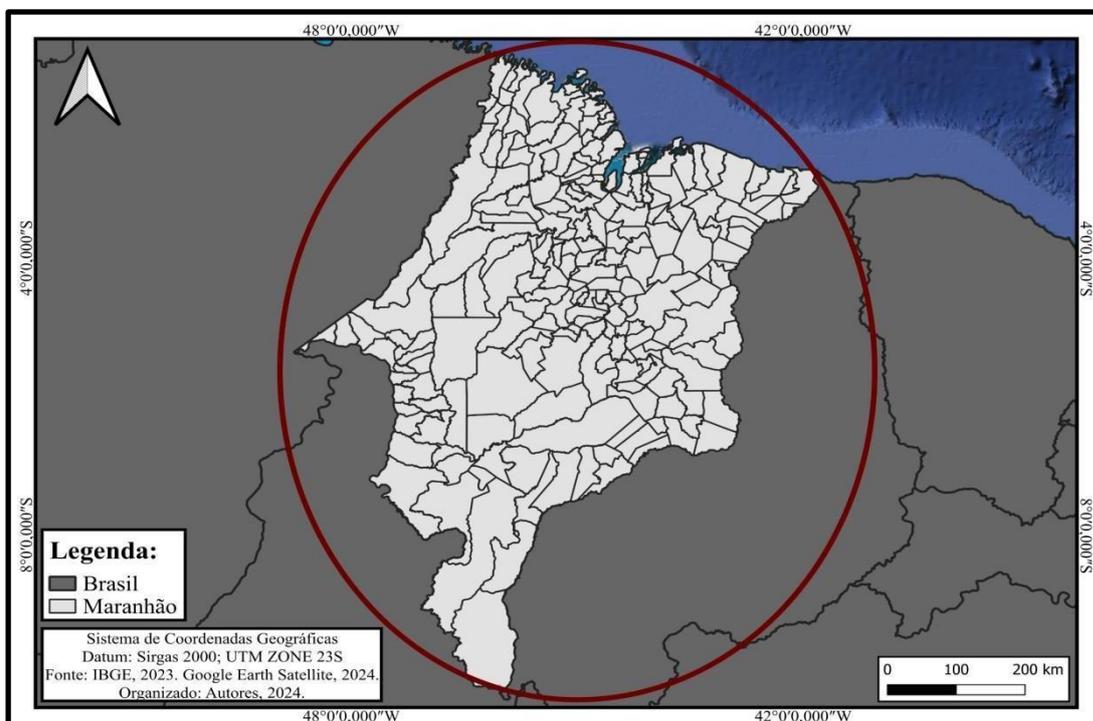
crescimento e alto potencial florestal, sendo as espécies nativas uma alternativa vantajosa devido à sua alta adaptabilidade ao ambiente local (Lima *et al.*, 2023).

Considerando os desafios da expansão sustentável da silvicultura no estado, este trabalho tem como objetivo mapear, por meio de técnicas de georreferenciamento, as áreas mais promissoras para o cultivo de paricá, contribuindo para o planejamento estratégico e o uso eficiente dos recursos naturais. Para isso, serão utilizadas metodologias baseadas em geoprocessamento e sensoriamento remoto, que permitem a análise espacial detalhada de variáveis ambientais, como solo, clima e relevo, otimizando a seleção de áreas para o plantio.

METODOLOGIA

O Maranhão, localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 1), possui uma área territorial de 329.651,495 km² e uma população residente de 6.776.699 pessoas, resultando em uma densidade demográfica de 20,56 habitantes por km². O estado apresenta uma diversidade de biomas, incluindo a Amazônia, o Cerrado, além de climas que variam do equatorial úmido ao semiárido. Essa variedade de condições ambientais torna o Maranhão propício para atividades agroflorestais e silviculturais (IBGE, 2023).

Figura 1: Mapa de Localização do Estado do Maranhão - Brasil.



Fonte: Autores, 2024.

O paricá foi escolhido devido ao seu rápido crescimento, alta adaptabilidade e relevância econômica. Ademais, é uma árvore de porte médio a grande, podendo alcançar até 30 metros de altura, com copa ampla, fuste reto e cilíndrico, geralmente livre de galhos, embora possa apresentar pequenas sapopemas. Sua casca varia do verde em estágios jovens ao esbranquiçado na fase adulta, sendo lisa e com lenticelas verticais. Suas folhas bipinadas, opostas e compostas apresentam folíolos grandes em árvores jovens e diminutos em adultos. As flores, hermafroditas, vistosas e amarelas, estão dispostas em inflorescências paniculadas, enquanto o fruto é um legume deiscente contendo uma semente alada (Tonini *et al.*, 2005). Logo, de acordo com Lima *et al.* (2023) tem uma baixa densidade aparente (275,57 kg/m³).

Para a análise das possíveis áreas de cultivo da espécie, foram utilizados dados exclusivamente a partir da Coleção 9 do MapBiomias Uso e Cobertura da Terra, com foco no ano de 2023. A escolha dessa base se deve à sua ampla aplicação em estudos científicos e à confiabilidade proporcionada pelo uso de algoritmos de aprendizado de máquina para

a classificação das imagens. Os mapas anuais de uso e cobertura da terra disponibilizados pelo MapBiomas são gerados a partir de imagens do satélite Landsat, com resolução espacial de 30 metros. Essas imagens são processadas na plataforma Google Earth Engine, que oferece elevada capacidade de processamento em nuvem (Souza Jr *et al.*, 2020).

A análise estatística envolveu a relação da proporção de cada classe de uso de solo e cobertura da terra em relação à área total estudada. O mapa gerado permite a visualização e a interpretação espacial das classes predominantes e das dinâmicas territoriais observadas em 2023.

Por fim, foi considerada a validação dos dados já disponibilizada pelo MapBiomas, que realiza procedimentos rigorosos de validação cruzada com dados de campo e outras bases de referência. Portanto, não foram conduzidas validações adicionais, considerando-se a qualidade previamente demonstrada dessa base de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O paricá, muito utilizado na produção de madeira para compensados e como componente em sistemas agroflorestais, requer condições ecológicas específicas que incluem solos bem drenados, alta luminosidade e regimes de precipitação adequados, características frequentemente encontradas em áreas atualmente classificadas como "Formação Florestal", "Formação Savânica", e "Silvicultura". Essas categorias juntas representam cerca de 58% do território maranhense, totalizando mais de 180 mil km², possuindo uma vasta área para o cultivo da espécie no Maranhão. (Tabela 1).

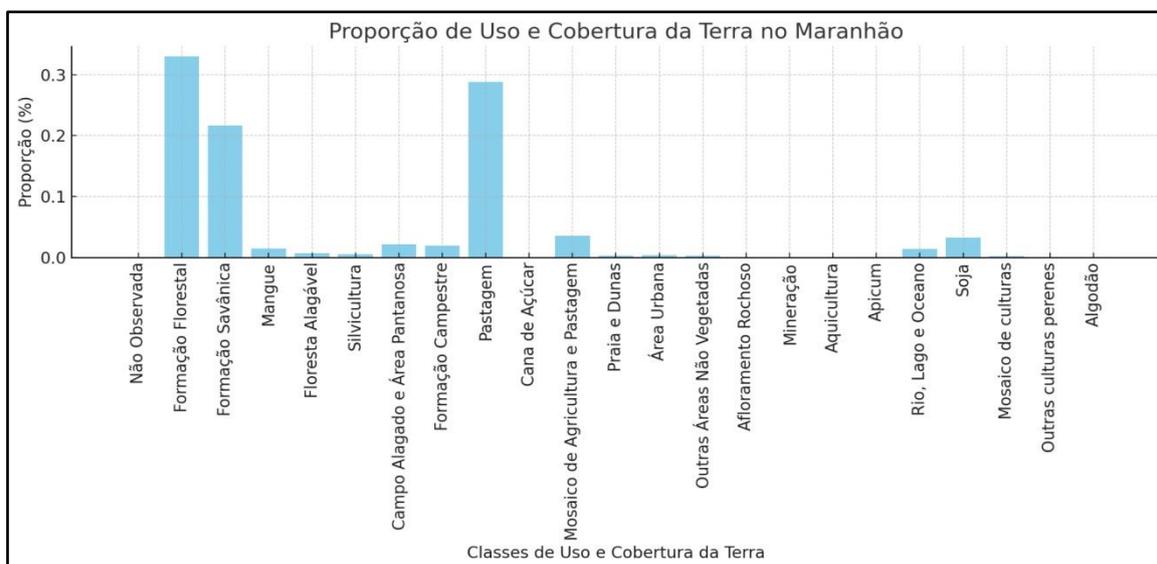
Tabela 1: Classes de uso e cobertura da terra

Classes	Área (Km ²)	Porcentagem (%)
Formação Florestal	108.818,64	33,02%
Formação Savânica	71.329,00	21,63%
Silvicultura	1.731,15	0,52%

Fonte: Autores, 2024.

A análise estatística de Shanon (Figura 1) reforça o potencial dessas áreas tanto nativas como exploradas, considerando que a classe de "Silvicultura", embora ainda corresponda a apenas 0,52% da área total (1.731,15 km²), já demonstra a viabilidade de cultivos florestais no estado. Essa classe está concentrada em regiões com infraestrutura acessível e proximidade a polos industriais, o que facilita o escoamento da produção. A expansão do cultivo de paricá nessas áreas seria estratégica para diversificar a matriz produtiva florestal, atualmente dominada por espécies como eucalipto, e promover cadeias produtivas locais

Figura 1: Proporção de uso e cobertura da terra no Maranhão



Fonte: Autores 2024.

Por fim, a análise do mapa de uso e cobertura da terra reforça que a expansão do cultivo de paricá, por ser uma espécie nativa, pode desempenhar um papel crucial na recuperação de áreas degradadas, diversificação econômica e mitigação de impactos ambientais associados à conversão de áreas florestais para monoculturas agrícolas e pastagem do Maranhão. As regiões de transição entre classes, especialmente aquelas próximas a infraestruturas rodoviárias e industriais, emergem como áreas prioritárias para projetos de plantio, considerando os benefícios logísticos e econômicos. A adoção de práticas de manejo sustentável será fundamental para assegurar que o paricá contribua tanto para a conservação ambiental quanto para o desenvolvimento socioeconômico local.

CONCLUSÕES

A silvicultura brasileira tem sido amplamente dominada por espécies exóticas, limitando a diversificação produtiva e a exploração sustentável de espécies nativas. O paricá se destaca como uma alternativa viável devido ao seu rápido crescimento e adaptabilidade às condições ambientais do Maranhão. No entanto, a variabilidade espacial e temporal das chuvas na região exige um planejamento cuidadoso para a escolha das áreas mais adequadas ao cultivo. A aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto permite uma análise detalhada dos fatores ambientais, auxiliando na tomada de decisão para um manejo eficiente.

O melhor uso e cobertura do solo para o cultivo do paricá envolvem áreas com solos bem drenados e férteis, preferencialmente em regiões de floresta secundária, pastagens degradadas ou áreas já utilizadas para atividades agropecuárias, onde sua introdução pode contribuir para a recuperação ambiental. Sistemas de plantio em mosaico ou em integração com sistemas agroflorestais são recomendados para manter a biodiversidade e minimizar impactos ecológicos.

Além disso, práticas sustentáveis de manejo, como a rotação de culturas e o plantio consorciado, são essenciais para garantir a conservação dos solos, a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a viabilidade econômica da produção. Dessa forma, o incentivo ao cultivo do paricá pode representar uma estratégia promissora para a expansão sustentável da silvicultura no Brasil, conciliando desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2023). **Maranhão**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html>. Acesso em: 12 jan. 2025.

LIMA, V. S. *et al.* Evaluation of the physical and mechanical properties of paricá wood (*Schizolobium amazonicum*) used in the plywood industry in the State of Maranhão. **Seven Editora**, 2023.

SOUZA, Jr. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **MDPI**. [s. l.], 12, 2735. p 1-27, 18 ago. 2020.

TONINI, H.; CRUZ, D. L. S.; FERREIRA, L. M. M. O Paricá (*Schizolobium amazonicum*): Crescimento, Potencialidade e Usos. Boa Vista: **Embrapa Roraima**, 2005. 27 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 4).

Análise por sistemas de informação geográfica da ocupação de uma área de Manguezal em São Luís, Maranhão

Analysis by geographic information systems of the occupation of a Mangrove area in São Luís, Maranhão

RODRIGUES, Rafaella dos Santos¹; SIMÕES, Ágata Cristine Sousa Macedo²; RAABE, Joabel³; GOMES, Jaqueline Macedo⁴; RIZZO, Felipe Alexandre⁵; ANGELO, Dalton Henrique⁶; LIMA, Michael Douglas Roque⁷

¹ UEMASUL, rafaella.rodrigues@uemasul.edu.br; ² UEMASUL, agatacris10@gmail.com; ³ UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br; ⁴ UEMASUL, jaquelinegomes@uemasul.edu.br; ⁵ IFMA, feliperizzo@ifma.edu.br; ⁶ UEMASUL, dalton.angelo@uemasul.edu.br; ⁷ UEMASUL, michael.lima@uemasul.edu.br

Eixo Temático 04: Geotecnologia Aplicada ao Monitoramento Florestal

Resumo

Ao longo do tempo, o crescimento populacional e a expansão agropecuária afetaram significativamente os recursos naturais, especialmente as florestas brasileiras. Este estudo analisou a evolução da ocupação antrópica em manguezais às margens do Rio Anil, em São Luís – MA, ao longo de 15 anos (2005-2020), utilizando imagens de satélite do *Google Earth*. O Rio Anil, historicamente relevante para o escoamento de produtos, é margeado por manguezais protegidos pelo Código Florestal, como áreas de preservação permanente (APP). A análise revelou um avanço expressivo da ocupação, caracterizado pelo aterramento de áreas para construção de moradias. Esse processo segue um padrão: instalação inicial de palafitas, seguida por edificações em alvenaria e aterramento da área, impedindo a regeneração da vegetação e agravando impactos ambientais, como alagamentos e perda da fauna marinha. A degradação desses ecossistemas reforça a necessidade de monitoramento contínuo e políticas públicas para sua preservação.

Palavras-chave: Manguezais; Urbanização; Geotecnologia.

Keywords: Mangroves; Urbanization; Geotechnologies.

INTRODUÇÃO

As atividades humanas podem gerar impactos ambientais que afetam a qualidade do solo, água e ar. Quando esses impactos são intensos e prolongados, tornam-se irreversíveis, necessitando de medidas de mitigação. A Resolução CONAMA nº 001/1986 define impacto ambiental como qualquer alteração no ambiente devido às atividades humanas, afetando a saúde e os recursos ambientais (Brasil, 1986). A degradação ambiental é definida como a deterioração da qualidade ambiental, com consequências adversas nos processos e componentes ambientais (Sanchez, 2013).

Em São Luís – MA, o crescimento populacional e a urbanização desordenada, impulsionados pela industrialização e pela localização estratégica do Porto do Itaqui (EMAP, 2022), resultaram na ocupação irregular de áreas sensíveis, como margens de rios e manguezais. Essas áreas desempenham um papel relevante na proteção dos corpos hídricos e no controle do assoreamento e da poluição. A ocupação inadequada comprometeu essas funções ecológicas, contribuindo para a degradação ambiental (Silva *et al.*, 2011).

O crescimento urbano desordenado em São Luís intensificou-se na década de 1990, com o aumento das ocupações clandestinas, incluindo invasões em áreas privadas e zonas de preservação permanente. Esse processo, além de gerar conflitos fundiários (Prefeitura de São Luís, 2018), impactou diretamente os recursos naturais da cidade. O Rio Anil, um dos principais cursos d'água da capital maranhense, foi significativamente afetado pela expansão descontrolada, resultando na degradação da vegetação ciliar e no aumento da poluição hídrica. Diante desse cenário, é essencial realizar estudos sobre os impactos da ocupação antrópica para apoiar políticas públicas que conciliem crescimento urbano e conservação ambiental.

As geotecnologias são ferramentas importantes nesse processo, permitindo a análise das mudanças ambientais e a identificação de padrões de degradação. Com base nesse contexto, este estudo teve como objetivo realizar uma análise temporal de imagens de satélite de um período de 15 anos, avaliando as transformações na bacia do Rio Anil e os impactos da ocupação desordenada na qualidade ambiental e na vida da população local.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em São Luís, MA, com foco na avaliação da ocupação antrópica. Foram utilizadas imagens da plataforma *Google Earth*, provenientes dos satélites Copernicus e Landsat, além de mapas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2022). A área observada do Rio Anil abrangeu a região entre a cabeceira sul da ponte Governador Newton Bello (Ipase) e a cabeceira da ponte da Vila Palmeira, com aproximadamente 1.300 metros de distância entre elas. O Rio Anil é fortemente influenciado pelas marés, com variações de até 7 metros na preamar, uma das maiores do mundo.

O estudo analisou imagens com vegetação claramente identificável, cobrindo o

período de 2005 a 2020. As fotointerpretações e as ferramentas de medição do *Google Earth* permitiram identificar e mensurar áreas de maior modificação paisagística, especialmente áreas de manguezais e terrenos alagadiços perdidos, relacionados aos impactos da ocupação sobre as comunidades locais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Rio Anil, essencial para a dinâmica hídrica de São Luís, é cercado por manguezais que desempenham papel fundamental na conservação ambiental e na biodiversidade local. No entanto, o crescimento urbano desordenado ao longo de 15 anos resultou em impactos consideráveis nas APP's. A ocupação de áreas ambientalmente sensíveis está diretamente ligada à expansão da cidade e à pressão das atividades humanas (Figura 1).

Figura 1: Demonstração da ocupação antrópica na proximidade de zonas ambientalmente sensíveis no Rio Anil, localizado no município de São Luís, Estado do Maranhão.



Fonte: *Google Earth* (2022).

A legislação brasileira, por meio do Código Florestal (Lei 12.621/2012, alterada pela Lei 12.727/2012), prevê que os manguezais são APP, e sua ocupação só é permitida em casos excepcionais, o que não é observado na área analisada.

Ao analisar a evolução da ocupação no período de 15 anos, foi possível identificar que a Rua Santa Júlia, em 2005, já estava inserida em uma área alagadiça. Mesmo com a presença de árvores de mangue ao redor, a urbanização avançou, resultando em uma expansão de 120 metros em direção ao manguezal. A Rua São Raimundo também apresentou crescimento, evidenciando a pressão crescente sobre a APP. Embora as áreas

de palafitas presentes nas extremidades dessas ruas não tenham sido incluídas nas medições, elas indicam a ocupação informal e o risco ambiental associado, pois as palafitas estão localizadas em zonas alagadiças que dificultam a regeneração da vegetação.

Esse crescimento urbano desordenado tem implicações significativas para a vegetação de manguezal, uma vez que o aterro dessas áreas dificulta a regeneração natural da vegetação e compromete a fauna marinha local. A interferência humana em áreas como essas resulta em sérios problemas ambientais, como a perda de habitat para a fauna aquática, além do aumento do risco de alagamentos e a redução da resiliência ecológica do manguezal. Esse tipo de ocupação impacta diretamente o equilíbrio ecológico, como observado nas imagens analisadas (Figuras 2 e 3).

Figura 2: Cabeceira Lado sul - IPASE 2005. Retas na coloração amarela indicam as ruas, Santa Júlia, Rua Frei José e Rua São Raimundo.



Fonte: Google Earth (2022).

Figura 3: Cabeceira Lado Sul - IPASE no ano de 2020. As retas em amarelo dizem respeito à área construída e habitada até 2005. As retas em vermelho demonstram o crescimento da área construída ao longo de 15 anos.



Fonte: Google Earth (2022).

A expansão da área habitacional ao longo da Ponte da Vila Palmeira, reforça o padrão de ocupação desordenada em áreas de manguezal (Figuras 4a e b). Com a construção de novos núcleos habitacionais, a pressão sobre o meio ambiente só aumentou, resultando em mais impactos ambientais, especialmente em zonas sensíveis como os manguezais. No entanto, a regeneração das áreas não afetadas demonstra a capacidade do ecossistema de se recuperar quando a pressão humana é reduzida. Dados sobre o saneamento básico em São Luís, que atendem apenas 52,7% da população com coleta e tratamento de esgoto (Instituto Trata Brasil, 2020), evidenciam as condições precárias em áreas de palafitas, o que agrava ainda mais a situação ambiental da cidade.

Figura 4: Cabeceira da Ponte da Vila Palmeira em 2005 (A) e 2020 (B). Traçados em vermelho representam a delimitação da área construída e os traçados amarelos demonstram o desenvolvimento dos principais núcleos habitacionais após o ano de 2005 até 2020.



Fonte: Google Earth (2022).

CONCLUSÕES

Durante o período estudado, observou-se uma expansão significativa da ocupação urbana em áreas de manguezais, muitas das quais já estavam irregulares desde 2005. Embora os manguezais sejam protegidos por lei, a falta de políticas públicas adequadas e planejamento urbano resultou em uma ocupação desordenada, evidenciada pela construção de moradias em áreas alagadiças. São Luís enfrenta, ainda, problemas crônicos de saneamento básico, com menos da metade da população tendo acesso a serviços adequados. Isso torna ainda mais desafiador o atendimento às necessidades básicas nas áreas de ocupação irregular e ambientalmente sensíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Federal n. 12.651 de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <http://www.in.gov.br/mp_leis/leis_texto.asp?ld=LEI%209887>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BRASIL. Lei Federal n. 12.727 de 17 de outubro de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 001/1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Alterada pelas Resoluções n° 11, de 1986, n° 05, de 1987, e n° 237, de 1997 - Data da legislação: 23 de Jan de 1986 - Publicação DOU, de 17/02/1986, págs. 2548-2549. Disponível em: – Acesso em: 17 set. 2022.

EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA – EMAP. Porto do Itaqui – **Infraestrutura**. 2022. Disponível em: <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/infraestrutura#:~:text=O%20Itaqui%20possui%20nove%20ber%C3%A7os,de%20navios%20de%20grande%20porte.> . Acesso em: 03 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **LANDSAT**. Disponível em: www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat. Acesso em: 15 dez. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Maranhão apresenta desafios para atender população com os serviços de saneamento básico**. 2020. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/maranhao-apresenta-desafios-para-atender-populacao-com-os-servicos-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 04 jan. 2023.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. Secretaria de Turismo. **Sol e Praia**, 2018. Disponível em: <http://turismosaoluis.com.br/solepraia/14#:~:text=O%20Estado%20do%20Maranh%C3%A3o%20possui,%C3%A1rea%20central%2C%20no%20Golf%C3%A3o%20Maranhense.> Acesso em: 17 set. 2022.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos** – 2. Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2013. Acesso em: 15 out. 2022.

SILVA, R.; SILVA, M.; MATEUS, D.; FERREIRA, N. **Avaliação da ocupação antrópica em relação à legislação ambiental na macrozona rural do ribeirão João Leite, município de Goiânia – GO**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2967. Disponível em: https://www.imb.go.gov.br/files/docs_sieg/publicacoes_sieg/pub_02.pdf. Acesso em: 15 dez. 2022.

Avaliação De Impactos Ambientais No Parque Municipal Arara Azul, Imperatriz - MA.

*Environmental Impact Assessment in the Arara Azul Municipal Park,
Imperatriz - MA.*

TORRES, Esthefany Oliveira¹; SANTOS, Bárbara Vieira dos²; SOUSA, Aline Santos³;
LIMA, Alyssa Rannelly Pereira⁴; BRAGA, Eduarda Vaz⁵; LIMA, Wesley Moura⁶;
SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁷; ANGELO, Dalton Henrique⁸.

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, esthefanytorres.20200003313@uemasul.edu.br;

²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, barbarasantos.20200009630@uemasul.edu.br;

³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alinesousa.20200009792@uemasul.edu.br;

⁴Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alyssalima.20200003449@uemasul.edu.br;

⁵Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, eduardabraga.20200003458@uemasul.edu.br;

⁶Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, wesleylima.20200003378@uemasul.edu.br;

⁷Universidade do Estado do Pará, chai.rodriguesschneider@gmail.com; ⁸Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, dalton.angelo@uemasul.edu.br;

Eixo Temático: Geotecnologia Aplicada ao Monitoramento Florestal

Resumo

O Parque Natural Municipal de Proteção Integral Arara Azul, localizado em Imperatriz, Maranhão, abrange 31,844 hectares. Originado por uma doação empresarial, enfrenta desafios de gestão e conservação, ressaltando a necessidade de estudos e estratégias eficazes. O presente trabalho visa identificar e analisar os impactos ambientais do uso e ocupação. Para a avaliação de impactos ambientais, foi realizado o diagnóstico e mapeamento da fragilidade ambiental que foram realizados por meio de uma análise multicritérios, com a integração de mapas de vulnerabilidade, considerando o uso e cobertura da terra observados *in loco* e dados de degradação fornecidos pelo MAPBIOMAS. Resultando em áreas classificadas em diferentes níveis de sensibilidade ambiental: fragilidade muito alta (14,521 hectares), fragilidade alta (9,543 hectares), fragilidade moderada (1,898 hectares) e o restante do parque é de baixa fragilidade (5,882). Ademais, foram identificadas oito ações de impacto significativo: queimadas, estruturas antropogênicas, resíduos sólidos, contaminação hídrica, erosão do solo, marcas de maquinário, corte de árvores, e espécies invasoras.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental; Diagnóstico Ambiental; Uso e Cobertura da Terra.

Keywords: Environmental Fragility; Environmental Diagnosis; Land Use and Land Cover.

INTRODUÇÃO

O Parque Natural Municipal de Proteção Integral Arara Azul, localizado em Imperatriz, Maranhão, abrange 31,844 hectares e tem como principal objetivo a preservação de um ecossistema de grande relevância ecológica. Criado pelo Decreto nº 086/2021, encontra-se próximo ao Conjunto Habitacional Itamar Guará, na região da Grande Vitória (Costa, 2024).

As unidades de conservação desempenham um papel fundamental na proteção da biodiversidade e dos ecossistemas, contribuindo para a manutenção dos processos ecológicos, conservação da fauna, flora e desenvolvimento (Galli *et al.*, 2022). No Maranhão, onde coexistem biomas como Amazônia e Cerrado, parques e reservas são indispensáveis para a proteção da biodiversidade do estado (Silva, *et al.*, 2016).

Apesar da importância das unidades de conservação, muitas enfrentam desafios decorrentes da pressão antrópica e da falta de gestão adequada. No Maranhão, o desmatamento no bioma amazônico aumentou 85% entre 2019 e 2022, refletindo a expansão de atividades como agricultura, exploração madeireira e ocupações irregulares (MapBiomas, 2022). Em Imperatriz, a expansão urbana tem intensificado esses impactos, resultando na fragmentação de habitats e na degradação dos recursos naturais (Silva *et al.*, 2016).

O Parque Municipal Arara Azul enfrenta desafios como ocupações irregulares, espécies exóticas e falta de infraestrutura para conservação. A estrutura interna ainda está sendo implementada, com medidas como a instalação de cercas como parte de compensação ambiental, mediada pela 3ª Promotoria de Justiça de Imperatriz (Secretaria do Meio Ambiente, 2024). Estudos adicionais são necessários para avaliar os impactos ambientais e propor soluções eficazes.

Avanços recentes incluem o uso de tecnologias de sensoriamento remoto para monitoramento ambiental, com destaque para o sucesso de parques como o Nacional da Chapada dos Veadeiros, que implementaram estratégias inovadoras de engajamento comunitário e monitoramento (Queiroz, 2013; Castro, 2023). Esses avanços podem aprimorar a gestão do Parque Arara Azul e garantir sua sustentabilidade a longo prazo.

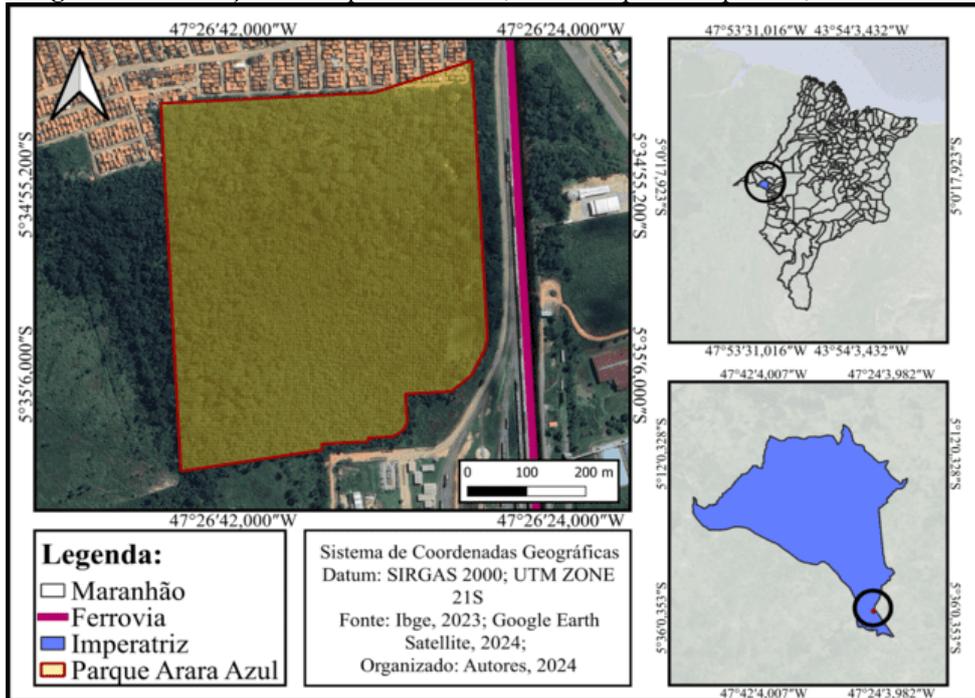
Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo identificar e analisar os impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do Parque Arara Azul.

METODOLOGIA

Localização

O Parque Municipal Arara Azul, localizado em Imperatriz-MA, é uma área de preservação ambiental e educação. Doado ao município pela Valec Engenharia, ocupa 31,8704 hectares no Horto Florestal, próximo ao pátio ferroviário da Ferrovia Norte-Sul, nas coordenadas 5° 31' 33" S e 47° 28' 33" O, de acordo com a Figura 1.

Figura 1: Localização do Parque Arara Azul, no município de Imperatriz, Maranhão.



Fonte: Autores (2024).

O Maranhão está em uma zona de transição ecológica entre os biomas Amazônico e Cerrado, conectando as macrorregiões Norte (Amazônia), Centro-Oeste (Cerrado) e Nordeste (Semiárido) (Silva *et al.*, 2016). O Parque Arara Azul, inserido nessa área de transição, apresenta características fitogeográficas de ambos os biomas.

O clima de Imperatriz é tropical de savana (Aw), segundo Köppen-Geiger, com inverno seco, onde a precipitação mensal fica abaixo de 60 mm e representa menos de 4% do total anual. A temperatura média anual varia entre 26 e 27°C, com verões quentes e máximas acima de 40°C (Costa, 2015).

Coleta de Dados

O estudo foi conduzido em uma trilha demarcada na área do parque, onde foram coletados pontos de impacto ambiental utilizando um GPS de mão.

Avaliação dos Impactos

O diagnóstico e mapeamento da fragilidade ambiental foram realizados por meio de uma análise multicriterial, fundamentada nas metodologias propostas por Crepani *et al.* (2001). A aplicação desse método envolveu a integração de mapas de vulnerabilidade, considerando o uso e cobertura da terra observados *in loco*, pontos coletados e dados de

degradação fornecidos pelo MAPBIOMAS (2023). O procedimento foi adaptado conforme o modelo apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Valores e categorias adaptados para fragilidade ambiental.

VALORES	CATEGORIAS
Muito Alta	Antropização; Queimadas; Erosão
Alta	Solo Exposto; Lixo; Corpo Hídrico Contaminado
Média	Gramíneas; Monoculturas; Plantas Exóticas
Baixa	Mata Fechada

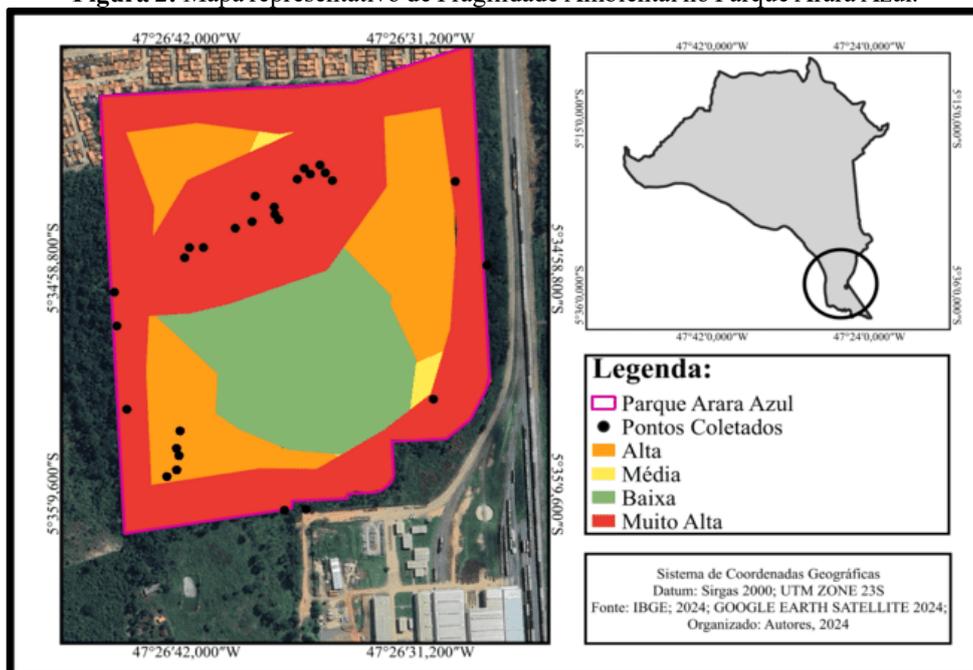
Fonte: Autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação da fragilidade ambiental foi crucial para determinar as áreas mais vulneráveis que necessitam de maior cuidado. A exploração inadequada dessas áreas pode comprometer o funcionamento do sistema como um todo, conforme destacado por Franco *et al.*, (2013).

O mapeamento da fragilidade ambiental foi realizado por meio da execução de produtos intermediários que auxiliaram na análise do produto final. Esses procedimentos permitiram uma análise detalhada e precisa da distribuição e intensidade da fragilidade nas diferentes áreas estudadas, conforme Figura 2.

Figura 2: Mapa representativo de Fragilidade Ambiental no Parque Arara Azul.



Fonte: Autores (2024).

No Parque Arara Azul, as áreas foram classificadas de acordo com os diferentes níveis de sensibilidade ambiental. As áreas de fragilidade muito alta, que somam 14,521 hectares, são extremamente sensíveis, onde qualquer perturbação pode resultar em consequências significativas, exigindo medidas rigorosas de proteção para evitar a degradação ambiental.

As áreas de fragilidade alta, que totalizam 9,543 hectares, também são vulneráveis, necessitando de manejo cuidadoso para minimizar os impactos ambientais, especialmente em atividades que envolvem alteração do solo ou remoção de vegetação. Já as áreas de fragilidade moderada, somando aproximadamente 1,898 hectares, apresentam menor vulnerabilidade, mas ainda assim requerem atenção para evitar o comprometimento dos recursos naturais.

Por fim, o restante do parque é considerado de baixa fragilidade ambiental, correspondendo a 5,882 hectares, onde as atividades humanas podem ser conduzidas com menor risco de causar danos significativos ao meio ambiente, desde que sejam adotadas boas práticas de uso da terra.

Ao todo, foram identificadas oito principais ações de impacto significativo na área: queimadas, presença de estruturas antropogênicas, acúmulo de resíduos sólidos, contaminação dos corpos hídricos, processos erosivos, marcas de maquinário pesado com exposição do solo, corte de árvores e abertura de clareiras, além da introdução e proliferação de espécies invasoras. Esses fatores, quando combinados, intensificam a degradação ambiental e reforçam a necessidade de medidas eficazes de mitigação e recuperação das áreas afetadas.

CONCLUSÕES

O Parque Arara Azul apresenta áreas com diferentes níveis de sensibilidade ambiental, sendo fundamental uma gestão cuidadosa para sua preservação, com gestão participativa da população, restauração ecológica e atividades de manejo de áreas silvestres.

Dito isso, compreender os impactos e sua relevância no que tange a sensibilidade ambiental é fundamental para a preservação do Parque Arara Azul.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UEMASUL, instituição que tem sido fundamental na nossa formação acadêmica e no desenvolvimento científico, à empresa ELAS, pela parceria e

pelo apoio financeiro na publicação e ao Laboratório de Dendrologia e Ecologia Florestal - LADEF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, M. P. **Áreas protegidas do cerrado: vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas.** 2023.

COSTA, M. S. *et al.* Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 8, n. 6, p. 1604-1616, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v8.6.p1604-1616>.

CREPANI, E. *et al.* Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: **INPE**; 2001.

FRANCO, G. B. *et al.* Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Brazilian Journal of Geology** 2013; 42: 114-127.

GALLI, A. S. *et al.* **Avaliação de planos de gestão e propostas de mitigação dos impactos ambientais em unidades de conservação marinhas da Paraíba.** 2022.

IMPERATRIZ (MA). **Lei Municipal nº 1.790, de 27 de junho de 2017.** Institui o Plano Diretor do Município de Imperatriz e dá outras providências. Imperatriz, MA, 2017. Disponível em: <https://www.camaraimperatriz.ma.gov.br/>. Acesso em: 05 de agosto 2024.

Mapbiomas. **Brasil.** Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

QUEIROZ, E. Reflexões sobre possibilidades e desafios para a sustentabilidade socioambiental em unidades de conservação a partir de ações de educação ambiental. **Cadernos de Resumos e Programação do VII Encontro de Pesquisa em Educação Ambiental.** Rio Claro, SP: UNESP, p. 34, 2013.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Semarh.** Imperatriz: Secretaria do Meio Ambiente, 2024. Disponível em: <https://imperatriz.ma.gov.br/pmi/semmarh/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SILVA, M. S. *et al.* Composição florística e estrutura da vegetação em área de Cerrado no município de Imperatriz, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, n. 1, p. 23-31, 2015.

SILVA, F. B. *et al.* Evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 330-336, 2016.

Emergência de plântulas de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) sob influência de pó de rocha basáltica

*Emergence of paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) seedlings under the influence of basaltic rock dust*

SOUSA, Luany Ketlyn Nascimento¹; SILVA, Cristiane Matos da²; SILVA, Wilson Araújo da³

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, luany.sousa@uemasul.edu.br; ² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, cristiane.silva@uemasul.edu.br; ³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, wilson@uemasul.edu.br

Eixo Temático 05 - Silvicultura de Espécies Tropicais

Resumo

Este estudo avaliou a emergência de plântulas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* em substratos com diferentes proporções de pó de rocha. Sementes pré-tratadas com hipoclorito e escarificação mecânica foram semeadas em tubetes de 200 mL com quatro tratamentos (T1: 100% substrato comercial; T2: 75% substrato comercial + 25% pó de rocha; T3: 50% substrato comercial + 50% pó de rocha; T4: 25% substrato comercial + 75% pó de rocha), em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. A emergência foi monitorada por 10 dias, analisando porcentagem de emergência final, IVE e TME. Todos os tratamentos atingiram 100% de emergência, mas o T3 teve o maior IVE (0,277) e menor TME (7,3 dias), sendo mais rápido que o T4 (IVE 0,237; TME 8,5 dias; $p < 0,05$). Conclui-se que 50% de pó de rocha otimiza a emergência, enquanto 75% a retarda, destacando o T3 como a melhor opção.

Palavras-chave: remineralizador; rochagem, substrato; germinação.

Keywords: remineralizer; rock dust application; substrate; germination.

Abstract: This study evaluated the seedling emergence of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* in substrates with different proportions of rock dust. Seeds pre-treated with hypochlorite and mechanical scarification were sown in 200 mL tubes with four treatments (T1: 100% commercial substrate; T2: 75% commercial substrate + 25% rock dust; T3: 50% commercial substrate + 50% rock dust; T4: 25% commercial substrate + 75% rock dust) in a completely randomized design with five replications. Emergence was monitored for 10 days, analyzing the final emergence percentage, emergence speed index (ESI), and mean emergence time (MET). All treatments reached 100% emergence, but T3 had the highest ESI (0.277) and the lowest MET (7.3 days), being faster than T4 (ESI 0.237; MET 8.5 days; $p < 0.05$). It is concluded that 50% rock dust optimizes emergence, while 75% delays it, highlighting T3 as the best option.

INTRODUÇÃO

Os remineralizadores, também chamados de pó de rocha, são insumos de liberação lenta resultantes da mineralização de rochas (Galina & Baretta, 2023). Quando incorporado ao solo, o pó de rocha tem a capacidade de aumentar o pH, tornando-o ideal para elevar a disponibilidade de nutrientes. Além disso, fornece elementos essenciais presentes em sua composição e contribui para a redução da concentração de alumínio trocável e da acidez potencial do solo (Souza, 2022).

A emergência de plântulas é influenciada por diversos fatores, incluindo características da semente, como qualidade e dormência, além de aspectos ambientais, como substrato, irrigação e condições do local de cultivo (Frazon, 2010). No cultivo em recipientes, a formulação do substrato exerce papel essencial na emergência, pois sua composição afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes e as propriedades físicas e químicas do meio de crescimento (Jorge *et al.*, 2020). Dependendo da composição utilizada, aspectos como pH, porosidade, densidade e capacidade de troca de cátions podem ser alterados, influenciando diretamente o desenvolvimento inicial das plantas.

A produção de mudas é uma atividade essencial para atender às demandas dos setores florestais, tanto no âmbito econômico quanto ambiental. Com o aumento da procura por mudas de espécies nativas para diferentes finalidades, surge a necessidade de ampliar a oferta com padrões elevados de qualidade, garantindo maior sucesso no estabelecimento das plantas (Rodrigues *et al.*, 2002). No Brasil, a área ocupada por florestas plantadas já ultrapassa 10 milhões de hectares. Dentre as espécies utilizadas nessas áreas, destaca-se o paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) (Ibá, 2023).

O paricá é uma árvore decídua pertencente à família Fabaceae, com ocorrência natural em diversos países, incluindo o Brasil. Por ser uma espécie pioneira e de crescimento acelerado, é muito utilizada para a fabricação de celulose, papel, painéis e compensados, além de demonstrar potencial para o reflorestamento de áreas degradadas (Carvalho, 2006).

Apesar da crescente adoção de remineralizadores na agricultura, há poucos estudos que avaliem os efeitos do pó de rocha sobre a germinação e a emergência de plântulas em substratos comerciais. Considerando que a formulação do substrato pode alterar as condições químicas e físicas essenciais para o estabelecimento das mudas, torna-se pertinente investigar como diferentes proporções de pó de rocha influenciam a taxa de emergência do paricá.

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a taxa de emergência de plântulas de paricá sob diferentes proporções de pó de rocha misturado ao substrato comercial.

METODOLOGIA

As sementes de *S. parahyba* var. *amazonicum* foram adquiridas da empresa Arbocenter, em perfeito estado fitossanitário. Antes da semeadura, as sementes passaram

por um pré-tratamento que consistiu na imersão em solução de hipoclorito de sódio por 2 minutos, seguida de lavagem em água destilada pelo mesmo período. Além disso, foi realizada a escarificação mecânica com lixa d'água de granulometria 80, aplicando-se aproximadamente 40 fricções na região oposta ao hilo para facilitar a embebição e a superação da dormência.

A semeadura foi realizada em tubetes em polipropileno de 200 mL dispostos em bandejas. O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação coberta com sombrite 50%, localizada no campo experimental da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), no Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus Imperatriz.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (T1, T2, T3 e T4), variando as proporções de pó de rocha misturado ao substrato comercial. O tratamento T1 foi composto por 100% de substrato comercial, enquanto os demais tratamentos receberam proporções crescentes de pó de rocha: T2 (75% substrato comercial e 25% pó de rocha), T3 (50% substrato comercial e 50% pó de rocha) e T4 (25% substrato comercial e 75% pó de rocha). Cada tratamento contou com 5 repetições, totalizando 20 unidades experimentais, com cada unidade contendo 2 sementes, totalizando 40 sementes.

A taxa de emergência foi determinada por meio da contagem diária das plântulas emergidas durante um período de 10 dias. Considerou-se como plântula emergida aquela cujos cotilédones estivessem completamente acima da superfície do substrato. Para o processamento e análise dos dados, utilizou-se o software Excel, avaliando-se a porcentagem de emergência final, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), com análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de emergência final atingiu 100% em todos os tratamentos, com todas as 10 sementes por tratamento emergindo ao final do período experimental (Tabela 1). Esse resultado indica que as condições experimentais foram eficazes na superação da dormência das sementes, incluindo o pré-tratamento com hipoclorito de sódio e escarificação mecânica, procedimentos conhecidos por romper a impermeabilidade do

tegumento, facilitando a embebição e a germinação em espécies com dormência física (Baskin & Baskin, 2014).

O índice de velocidade de emergência (IVE) variou entre os tratamentos, com valores médios de 0,262 para o T1, 0,265 para o T2, 0,277 para o T3 e 0,237 para o T4 (Tabela 1). O tratamento T3 apresentou a maior velocidade de emergência, enquanto o T4 exibiu a menor, sugerindo que a proporção de pó de rocha influencia no tempo de emergência.

O tempo médio de emergência (TME) também revelou diferenças entre os tratamentos, com médias de 7,7 dias (T1), 7,6 dias (T2), 7,3 dias (T3) e 8,5 dias (T4) (Tabela 1). A análise de variância (ANOVA) indicou diferença significativa entre os tratamentos ($F = 5,52$; $p = 0,009$). O teste de Tukey ($p < 0,05$) mostrou que o TME do T3 (7,3 dias) foi significativamente menor que o de T4 (8,5 dias), com uma diferença mínima significativa (DMS) de 0,907 dias, enquanto as demais comparações não apresentaram diferenças estatísticas.

Tabela 1. Porcentagem de emergência final, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) de plântulas de *S. parahyba* var. *amazonicum* sob diferentes proporções de substrato comercial e pó de rocha.

Tratamento	% Emergência	IVE	TME (dias)
T1	100%	0,262	7,7 ab
T2	100%	0,265	7,6 ab
T3	100%	0,277	7,3 a
T4	100%	0,237	8,5 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: A autora (2025).

Embora a porcentagem de emergência final tenha sido idêntica entre os tratamentos, diferenças significativas foram observadas na velocidade e no tempo médio de emergência, indicando que a composição do substrato influencia a dinâmica do processo. O tratamento T3 (50% substrato comercial + 50% pó de rocha) destacou-se com o maior IVE (0,277) e o menor TME (7,3 dias), sugerindo que essa proporção proporciona condições ideais para a emergência rápida das plântulas dessa espécie. Esse resultado pode estar relacionado ao equilíbrio entre a retenção de água e a disponibilização de nutrientes promovido pela mistura em partes iguais de substrato comercial e pó de rocha. Segundo Aguiar *et al.* (2020), o pó de rocha, rico em minerais como potássio e cálcio,

pode melhorar a estrutura do substrato e liberar nutrientes lentamente, favorecendo o desenvolvimento inicial das plântulas.

Por outro lado, o tratamento T4 (25% substrato + 75% pó de rocha) apresentou o menor IVE (0,237) e o maior TME (8,5 dias), significativamente superior ao de T3 pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Isso pode ser explicado por uma possível compactação do substrato ou menor capacidade de retenção de água devido à alta proporção de pó de rocha, o que dificultaria a penetração inicial das radículas. Estudos como o de Gomes *et al.* (2021) indicam que substratos com excesso de partículas finas podem reduzir a aeração e prejudicar a germinação em espécies sensíveis.

Os tratamentos T1 (100% substrato comercial) e T2 (75% substrato + 25% pó de rocha) apresentaram valores intermediários de IVE (0,262 e 0,265, respectivamente) e TME (7,7 e 7,6 dias), sem diferenças significativas em relação aos demais. Esses resultados sugerem que a adição de 25% de pó de rocha (T2) não altera substancialmente a dinâmica de emergência em comparação ao substrato puro (T1), possivelmente devido à predominância das propriedades do substrato comercial, como alta porosidade e capacidade de retenção hídrica.

A diferença significativa entre o T3 e o T4 no TME (ANOVA, $p = 0,009$) reforça a importância de ajustar as proporções de pó de rocha no substrato para otimizar a emergência de *S. parahyba* var. *amazonicum*. A proporção de 50% (T3) parece ser um ponto ótimo, combinando os benefícios nutricionais do pó de rocha com as características físicas favoráveis do substrato comercial.

CONCLUSÕES

O experimento mostrou que todas as sementes de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* germinaram (100%) em todos os tratamentos. Porém, a velocidade de emergência variou: o tratamento T3 (50% substrato comercial e 50% pó de rocha) foi o mais rápido, com plântulas surgindo em cerca de 7,3 dias, enquanto o T4 (25% substrato e 75% pó de rocha) foi o mais lento, levando 8,5 dias. Isso sugere que a mistura do T3 favorece a emergência, provavelmente por promover a absorção de água e nutrientes na medida certa, enquanto o excesso de pó de rocha no T4 pode ter dificultado esse processo. Assim, o T3 é a melhor escolha para produzir plântulas dessa espécie mais rapidamente.

Palavras-chave: Remineralizador; Germinação; Substrato.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), ao Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia (LIHH) da UEMASUL e à FAPEMA pelo apoio técnico e financeiro, fundamentais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, B. A. C. *et al.* Efeito da aplicação de pó de rocha fosfatada no desenvolvimento inicial de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby. Gurupi: **Revista Desafios** – v. 7, n. 1, 2020.

BASKIN, C. C., & BASKIN, J. M. San Diego, CA: **Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. Academic Press, 2014.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 627 p. il. Color.; (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 2.

FRAZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. **Produção de Mudanças: Principais Técnicas Utilizadas na Propagação de Frutíferas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 56 p.

GALINA, J.; BARETTA, C. R. D. M. Remineralizadores de solos: fontes alternativas de nutrientes para sua lavoura. Chapecó: **SB Rural**, 2023.

GOMES, J. do N. *et al.* Tratamentos de superação de dormência e tipos de solo na emergência e desenvolvimento inicial de *Chamaecrista rotundifolia*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, p. e66677, 2021.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2023. São Paulo: **IBÁ**, 2023. 87 p.

JORGE, M. H. A. *et al.* **Informações Técnicas sobre Substratos Utilizados na Produção de Mudanças de Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2020.

RODRIGUES, C. A. G. *et al.* **Arborização Urbana e Produção de Mudanças de Essências Florestais Nativas em Corumbá, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 26 p.

SOUZA, G. V. K. de. **Avaliação da eficiência agrônômica do pó de rocha basáltica como remineralizador de solos**. Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP. Jaboticabal, 2022.

Potencial de *Dipteryx alata* Vogel (Baru) para implantação em Manejo Florestal no Maranhão

Potential of Dipteryx alata Vogel (Baru) for implementation in Forest Management in Maranhão

BRITO, Manassés Macedo¹; GOMES, Gabriele Silva²; SOUZA, Argel Costa³; RAABE, Joabel⁴; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁵; ANGELO, Dalton Henrique⁶

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, manassismacedodebrito@gmail.com;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, gabriele.gomz@gmail.com;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, argelsouza1@gmail.com;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br;

⁵ Universidade Estadual do Pará – UEPA, chaiane.r.schneider@uepa.br

⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, dalton_florestal@outlook.com

Eixo Temático: Silvicultura de Espécies Tropicais

RESUMO

A flora brasileira é rica em diversidade, mas a predominância de espécies exóticas na produção florestal ressalta a necessidade de promover o cultivo de espécies nativas, como o baru (*Dipteryx alata* Vogel), de grande importância socioeconômica e ecológica. Este estudo revisou a literatura sobre o manejo sustentável do Baru no Maranhão, analisando aspectos silviculturais, tecnológicos e socioeconômicos. Os resultados indicam alta taxa de sobrevivência da espécie em campo, chegando a 84% em solos temporariamente inundados. Além disso, seu potencial econômico é amplo, com usos alimentícios e na recuperação de áreas degradadas. Entretanto, o consumo do baru no Maranhão ainda é baixo, limitando seu manejo e exploração comercial. A conservação da espécie é essencial para a biodiversidade regional, e as políticas públicas são permitidas para o cultivo do seu cultivo sustentável, garantindo benefícios ambientais e socioeconômicos para as comunidades locais.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo sustentável; Espécies nativas; Biodiversidade; Conservação ambiental.

INTRODUÇÃO

A diversidade de espécies arbóreas na flora brasileira apresenta um grande potencial econômico. Porém, a ausência de conhecimento científico adequado ainda restringe o cultivo de espécies nativas (Matos *et al.*, 2018). Em contraste, a produção florestal comercial no Brasil é amplamente dominada por espécies exóticas, como as dos gêneros *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. (IBÁ, 2024). Nesse contexto, o *Dipteryx alata* Vogel (baru) surge como uma alternativa promissora, destacando-se por sua ampla distribuição e relevância socioeconômica.

A espécie *D. alata* Vogel, pertencente à família Fabaceae, está presente nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (Cunha Neto *et al.*, 2024), bem como na Bolívia e no Peru (Pérez-Cruz e Villarroel, 2020). Com relevante importância

socioeconômica, destaca-se no Bioma Cerrado como uma das 8 espécies arbóreas mais utilizadas (SFB, 2020). Além disso, o barueiro tem despertado crescente interesse da comunidade científica, especialmente por sua composição nutricional e atributos funcionais, abrangendo casca, polpa, óleo e amêndoas (Nunes *et al.*, 2024).

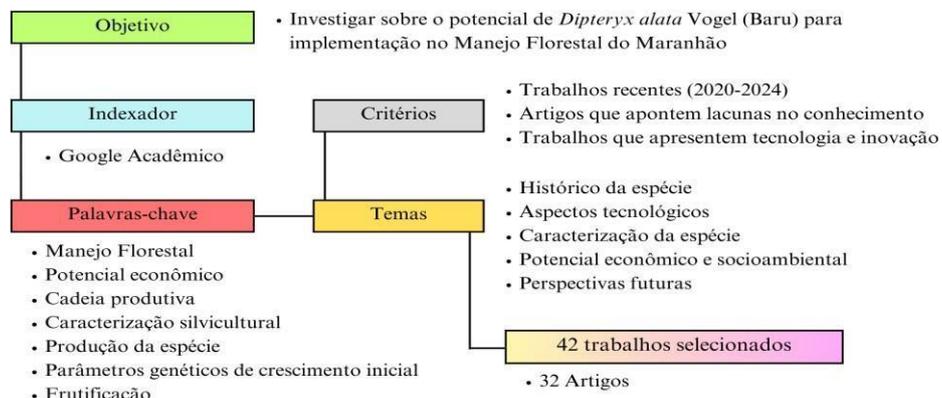
Além de suas características ecológicas e socioeconômicas, o *D. alata* Vogel apresenta grande potencial para implantação em programas de manejo florestal sustentável, especialmente no Maranhão. A conservação da espécie é crucial para manter a integridade ecológica, pois está diretamente ligada à preservação do habitat e da biodiversidade no Cerrado (Santos, Magalhães e De Lucena, 2024). Estratégias como a conservação *in situ* e a integração em práticas agrícolas podem ser adotadas para aumentar a diversidade genética e a resiliência ecológica, promovendo, simultaneamente, a geração de renda, o desenvolvimento regional e a conservação ambiental (Azevedo *et al.*, 2022; Oliveira e Pasa, 2024).

Diante disso, é evidente a importância e a relevância dessa temática para a comunidade científica, sendo o objetivo deste estudo a realização de uma revisão bibliográfica sobre o potencial de *Dipteryx alata* Vogel (Baru) para implantação em Manejo Florestal no Maranhão.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica de artigos científicos e livros relacionados à biorremediação de solos contaminados. As fontes utilizadas incluíram artigos publicados em periódicos especializados, bem como livros e capítulos abordando o Manejo Florestal, características silviculturais, aspectos tecnológicos e socioeconômicos da espécie estudada, dentre outros (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de execução da revisão bibliográfica.



Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie arbórea *Dipteryx alata* Vogel (baru), é uma leguminosa arbórea pertencente à família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Dipterygeae. Esta espécie é nativa do bioma Cerrado brasileiro, mas não sendo endêmica do Brasil, ela também ocorre em regiões do Paraguai, Bolívia e Peru (Arakaki *et al.*, 2009; Sano *et al.*, 2016).

A produção de mudas de baru tem se mostrado importante devido ao potencial econômico da espécie, tanto pelo valor dos seus frutos quanto pela contribuição para a recuperação de áreas degradadas no Cerrado. A coleta das sementes deve ser realizada no período adequado para garantir a qualidade das mudas. Sano, Ribeiro e Brito (2004) e Caixeta (2022) indicam que a frutificação do baru ocorre entre julho e setembro, antecedendo o período chuvoso, com a coleta recomendada de frutos caídos ao redor da árvore. A seleção das matrizes deve levar em conta o vigor, a produtividade, a qualidade dos frutos, o fuste e a ausência de pragas e doenças (Moura *et al.*, 2020; Flávio e De Paula, 2010).

A extração das sementes é um dos fatores críticos que impactam diretamente na qualidade do cultivo, envolvendo diversas etapas na produção de mudas de baru. O endocarpo rígido das sementes dificulta o processo de germinação, o que pode ser minimizado com um período de pós-maturação de pelo menos 60 dias, conforme sugerido por Corrêa, Naves e Rocha (2000).

A germinação das sementes de baru é favorecida quando a amêndoa é retirada da casca, com a germinação ocorrendo em um período de 13 a 20 dias, enquanto as sementes dentro do fruto podem levar até 42 dias para germinar (Naves *et al.*, 2007). A qualidade e o vigor das sementes são determinantes para o sucesso do cultivo e podem ser avaliados por testes fisiológicos que indicam a capacidade de germinação e o vigor das plântulas (Flávio e De Paula, 2010). O diâmetro do coleto das mudas, que deve ser de 5 a 10 mm, é um indicador importante para o sucesso do crescimento inicial e da taxa de sobrevivência das plantas (Gonçalves *et al.*, 2000).

A fase de desenvolvimento das mudas pode se estender até 90 dias, em função do tempo necessário para o aproveitamento das reservas cotiledonares (Zuchi *et al.*, 2016). A produtividade em plantios comerciais de baru, embora promissora, ainda exige mais estudos para otimizar as práticas de manejo e aumentar a produção sob condições comerciais (Sano e Fonseca, 2003; Luiz, 2021).

Apesar da ocorrência natural no Maranhão, não há registros da exploração econômica do Baru de forma estruturada ou comercialmente relevante no estado. O que não significa que não há potencial para tal, pois o estado é conhecido pela existência de cooperativas que já fazem um trabalho de exploração e beneficiamento de outras espécies, como o Babaçu (Porro, 2022).

Com as condições edafoclimáticas apropriadas, desde que haja organização, apoio técnico, políticas públicas e conscientização ambiental das comunidades e empresas localizadas próximas às regiões de ocorrência da espécie, o Baru tem tanto potencial econômico quanto o babaçu. Ambos os frutos permitem o aproveitamento quase total, reduzindo o desperdício e aumentando a viabilidade econômica do processo de beneficiamento (Carvalho, 2003).

No entanto, o baru tem menor ocorrência no estado, o que abre um leque de oportunidades para centros de pesquisas e universidades realizarem trabalhos sobre o cultivo e manejo da espécie em projetos de reflorestamento, como sistemas agroflorestais, por exemplo, além de projetos de extensão que capacitem pequenos agricultores e comunidades locais para a extração e beneficiamento do fruto.

Casos de sucesso em estados onde a exploração econômica da espécie é mais consolidada podem ser usados como modelos para o Maranhão. No Mato Grosso do Sul, existe o Centro de Produção Pesquisa e Capacitação do Cerrado (CEPPEC), uma organização composta por agricultores familiares, que compra, beneficia e comercializa o Baru coletado pelas associações dos assentamentos da região (Aristides, 2025).

CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a *Dipteryx alata* (baru) possui grande potencial para implantação em manejo florestal sustentável no Maranhão. Entre as vantagens destacam-se a fácil adaptabilidade a diversas condições ambientais e a elevada produtividade com um baixo custo-benefício de insumos, tornando-se uma alternativa mais vantajosa em comparação ao eucalipto. Além de seu importante impacto econômico nas comunidades locais, o manejo do baru contribui para a preservação da biodiversidade, já que favorece a recuperação de áreas degradadas. Contudo, a exploração do baru no Maranhão ainda é limitada. O estado, por sua vez, possui condições favoráveis para investir no desenvolvimento dessa atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAKAKI, A. H.; SCHEIDT, G. N.; PORTELLA, A. C.; ARRUDA, E. J. D.; COSTA, R. B. D. O baru (*Dipteryx alata* Vog.) como alternativa de sustentabilidade em área de fragmento florestal do Cerrado, no Mato Grosso do Sul. **Interações (Campo Grande)**, 10, 31-39, 2009.

ARISTIDES, A. Mapas reúnem informações inéditas sobre extrativismo do baru. **ECO.A**. 05 jul. 2022. Disponível em: <https://ecoa.org.br/mapas-reunem-informacoes-ineditas-sobre-extrativismo-do-baru/>. Acesso em: 12 jan. de 2025.

AZEVEDO, V. M.; SANDER, N. L.; DE MORAIS, M.; LEMES, S.; DE ARRUDA, J. C. Baru (*Dipteryx alata* Voug.), the Brazilian savanna's brown gold: A scientometric analysis of investigative trend. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, e41111738797-e41111738797, 2022.

CAIXETA, V. M. **Qualidade fisiológica de sementes de baru de diferentes tamanhos obtidas de frutos coletados em dois anos sucessivos**. 2022.30 f.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 197-204.

CORREA, G. D. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R. D.; ZICA L. F. Caracterização física de frutos de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em três populações nos cerrados do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, n. 2, p.05-11, 2000.

CUNHA NETO, F. V.; DE MIRANDA, A. B.C.; VALENTIM, S. M. S.; DE SOUSA, J. B.; JUNIOR, E. S. O.; CASTRILLON, S. K. I. Crescimento e sobrevivência de *Dipteryx alata* Vogel em solo sujeito à inundação temporária: Aplicações na produção e restauração ecológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 4, p. 2315-2331, 2024.

FLAVIO, J. J. P.; DE PAULA, R. C. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 391-399, 2010.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização**. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (Eds.) Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: ESALQ/USP, p. 309-350, 2000.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2024**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>>, 2024.

LUIZ, I. A. **A análise sazonal da entomofauna presente em áreas de baru (*Dipteryx alata*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

MATOS, F. S.; FREITAS, I. A. S.; SANTOS, L. V. B. D.; VENÂNCIO, D. G.; SILVEIRA, P. S. D. Initial growth of *Dipteryx alata* plants under water deficit. **Revista Árvore**, v. 42, n. 1, e420103, 2018.

MOURA, T. M.; BERNARDES, A. M. A.; SANTOS, D. C.; ALVES, E. M. RÚBIO.; NETO, A.; DINIZ, V. S. S.; DIAS, M. A. Produção de mudas de baru e implantação em sistemas integrados de produção agropecuária. **Informe Goiano**, v. 08, n. 1, 2020.

NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; BORGES, J. D.; CARNEIRO, I. F.; TIVERON FILHO, D.; SOUZA, E. R. B. Avaliação da emergência de plântulas de espécies frutíferas nativas do cerrado goiano **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 21, n. 1, p. 133–141, 2007.

NUNES, B. V.; SILVA, V. D. M.; RAMOS, A. L. C. C.; COELHO, T.; MELO, A. C.; FERREIRA, R. M. S. B.; AUGUSTI, R.; LUCENA, R. F. P.; MELO, J. O. F.; ARAÚJO, R. L. B. Investigating the Chemical Profile of Underexplored Parts of *Dipteryx alata* (Baru) Using the PS–MS Technique. **Plants**, v. 13, n. 13, p. 1833, 2024.

OLIVEIRA, L. S.; PASA, M. C. Cadeia produtiva sustentável de *Dipteryx alata* Vogel. No pantanal e cerrado Mato-Grossense. FLOVET-Boletim do **Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica**, v. 2, n. 13, p. e2024001-e2024001, 2024.

PÉREZ-CRUZ, C. A.; VILLARROEL, D. Spatial distribution model of the almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel, Fabaceae) in Bolivia. **Ecología en Bolivia**, v. 55, n. 3, p. 160-172, 2020.

PORRO, R. Dimensões diferenciadas do engajamento camponês no extrativismo do babaçu. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, e2230204, 6 out. 2022. DOI: https://doi.org/10.36920/esa-v30-2_04

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. Baru: biologia e uso. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrado**, p. 52, 2004.

SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. Taxa de sobrevivência e frutificação de espécies nativas do cerrado. Embrapa Cerrados. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 83, 2003.

SANO, S. M.; BRITO, M. A.; RIBEIRO, J. F. *Dipteryx alata*: **Baru**, cap. 5, 2016.

SANTOS, F. M.; MAGALHÃES, H. F.; DE LUCENA, C. M. Mudanças no uso da terra e seus impactos na conservação de *Dipteryx alata* Vog. no corredor extrativista do Cerrado em Mato Grosso do Sul, Brasil: uma revisão crítica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 05, p. 3945-3959, 2024.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Boletim do IFN Cerrado – Levantamento Socioambiental**. SFB, ed. 1, p.18, 2020.

ZUCHI, J.; CAMELO, G. N.; SILVA, G. P.; SALES, J. F. Como extrair sementes de baru para otimizar a produção de mudas. **Informe Goiano**, v. 1, p. 1-8, 2016.

Potencial socioeconômico do CEDRO - ROSA (*Cedrela Fissilis Vell.*).

Socioeconomic Potential of Cedro-Rosa (Cedrela fissilis Vell.)

OLIVEIRA, Vinicius Pessoa¹; MARTINS, Guilherme Medeiros²; SOUSA, Pedro Lucas Oliveira³; SOUZA, Natalia Batista de⁴; GOMES, Jaqueline Macedo⁵; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁶; ANGELO, Dalton Henrique⁷.

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, vinicius.oliveira@uemasul.edu.br;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, guilherme.martins@uemasul.edu.br;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, pedro.oliveira@uemasul.edu.br;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL,

nataliasouza.20190003556@uemasul.edu.br;

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, jaquelinegomes@uemasul.edu.br

⁶ Universidade do Estado do Pará - UEPA, chai.rodriuesschneider@gmail.com;

⁷ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, dalton.angelo@uemasul.edu.br

Eixo Temático: Silvicultura de espécies tropicais

Resumo

O Cedro Rosa (*Cedrela fissilis Vell.*), uma árvore nativa da América do Sul, é amplamente valorizada por sua madeira de alta qualidade e sua relevância ecológica. Presente em biomas como a Mata Atlântica, o Cerrado e a Floresta Amazônica, a espécie desempenha um papel crucial na biodiversidade e na recuperação de áreas degradadas devido ao seu crescimento rápido e tolerância a condições adversas. No entanto, a exploração indiscriminada e a perda de habitat colocam o Cedro Rosa em risco, destacando a necessidade de manejo sustentável. Este estudo, fundamentado em revisão de literatura, explora os aspectos biológicos, ecológicos e econômicos da espécie. Dados sobre propagação indicam técnicas eficazes, como miniestaquia e consórcios com outras espécies, que minimizam ataques de pragas como a *Hypsipyla grandella* Zeller. Além disso, o uso de substratos adequados e o espaçamento correto influenciam diretamente o desenvolvimento e a qualidade das mudas. Os resultados mostram o potencial do Cedro Rosa para reflorestamento e produção madeireira sustentável. No entanto, lacunas no conhecimento técnico acerca da silvicultura, manejo de espécies e a falta de estudos recentes evidenciam a necessidade de pesquisas atualizadas. Estratégias integradas de manejo e conservação são fundamentais para fortalecer a silvicultura da espécie, promovendo sua conservação e sua aplicação no mercado. Este trabalho contribui para subsidiar ações que unam preservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico.

Palavras-chave: Silvicultura; madeira nativa; potencial econômico; manejo ecológico; biodiversidade florestal.

INTRODUÇÃO

O Cedro Rosa (*Cedrela fissilis Vell.*), também conhecido como cedro, é uma árvore caducifolia que pode atingir de 10 a 40 metros de altura e 40 a 300 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) na idade adulta. Todas as partes da planta exalam um cheiro semelhante ao de alho quando esmagadas. O tronco é cilíndrico, com casca marrom a pardo-acinzentada e fissuras profundas. As folhas são compostas e paripinadas, com 8 a 30 pares de folíolos, e exalam um cheiro desagradável quando desprendidas. As flores são unissexuais, reunidas em tirso axilares, e os frutos são

cápsulas piriformes deiscentes. Naturalmente, a espécie ocorre desde a Costa Rica até o Rio Grande do Sul no Brasil, preferindo solos profundos e úmidos. A floração acontece de agosto a janeiro, enquanto a frutificação ocorre de abril a fevereiro, com dispersão das sementes por queda ou ação do vento (Carvalho, 2003).

A propagação do Cedro Rosa pode ser feita por sementeira ou de maneira vegetativa. A sementeira é realizada em sementeiras ou sacos de polietileno, com repicagem após 4 a 6 semanas. No processo vegetativo, estacas caulinares e de raízes enraízam com facilidade, e também ocorre propagação por rebentos de raízes (Santos *et al.*, 2000). A adaptabilidade da espécie e suas técnicas de propagação eficientes a tornam uma opção valiosa para projetos de reflorestamento, restauração ecológica e recuperação de áreas degradadas.

A *Cedrela fissilis*, conhecida como cedro, é uma árvore caducifólia que pode atingir de 10 a 40 metros de altura e 40 a 300 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) na idade adulta. Todas as partes da planta exalam um cheiro semelhante ao de alho quando esmagadas. O tronco é cilíndrico com casca marrom a pardo-acinzentada e fissuras profundas. As folhas são compostas e paripinadas, com 8 a 30 pares de folíolos, e exalam um cheiro desagradável quando desprendidas. As flores são unissexuais, reunidas em tirso axilares, e os frutos são cápsulas piriformes deiscentes. A espécie ocorre naturalmente desde a Costa Rica até o Rio Grande do Sul no Brasil, preferindo solos profundos e úmidos. A floração ocorre de agosto a janeiro, e a frutificação segue de abril a fevereiro, com dispersão das sementes pela queda ou ação do vento (Carvalho, 2003).

A propagação por sementes continua sendo uma técnica viável, especialmente em condições controladas. As sementes devem ser coletadas de árvores maduras durante o período de frutificação, geralmente no final do verão ou início do outono. Após a coleta, as sementes são secas em local fresco e sombreado antes de serem semeadas em substrato bem drenado. A germinação ocorre em 2 semanas a 2 meses, dependendo das condições de temperatura e umidade. Após o desenvolvimento das plântulas, elas podem ser transplantadas para recipientes individuais ou diretamente para o campo (Propagate One, 2024). Quando cultivada, principalmente em monocultivo, é alvo de ataques por *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera) que causa sua morte ou prejudica seu crescimento e, conseqüentemente, a qualidade da madeira (Coutinho, 2007).

A espécie é encontrada em diversos biomas brasileiros, como a Mata Atlântica, o Cerrado e a Floresta Amazônica, o que demonstra sua capacidade de adaptação a

diferentes condições climáticas e de solo. Contudo, a exploração madeireira descontrolada e a degradação de habitats naturais ameaçam a preservação da espécie, colocando-a em listas de conservação, como a da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (Souza *et al.*, 2019). Essas ameaças destacam a necessidade urgente de estratégias de manejo e conservação, além de ações de reflorestamento.

Em termos de projetos de recuperação de áreas degradadas e restauração ecológica, o Cedro Rosa é uma opção promissora devido ao seu crescimento rápido e à sua tolerância a condições adversas (Campos *et al.*, 2021). Sua utilização em matas ciliares e na recuperação de fragmentos florestais impactados por atividades humanas é uma prática crescente, além de ser um recurso valioso para projetos paisagísticos (Lorenzi, 2002).

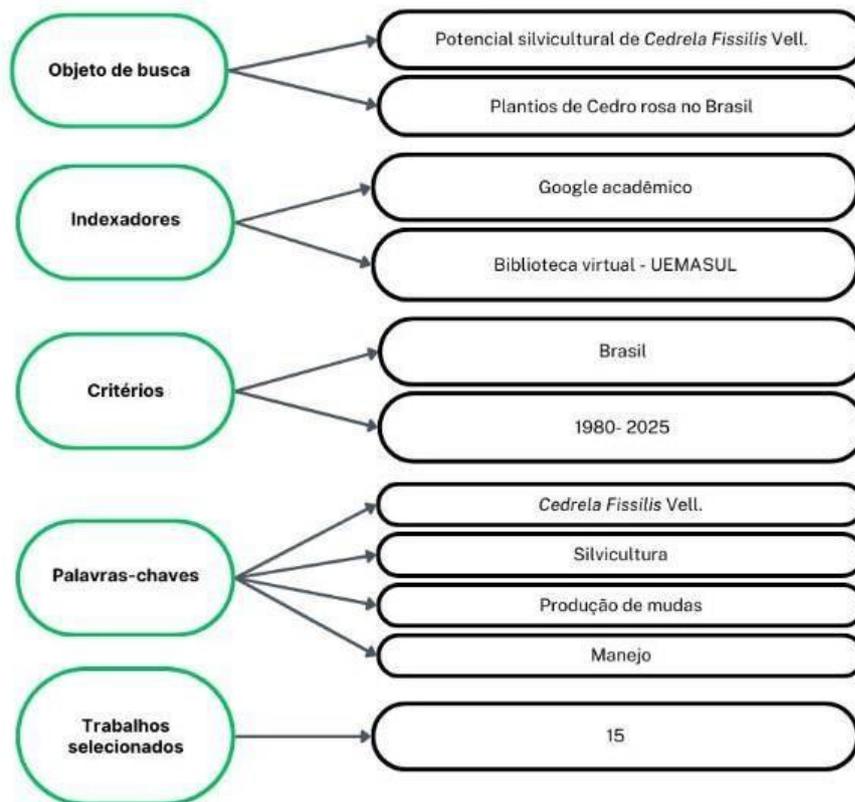
A combinação de manejo adequado de viveiros, escolha de recipientes e utilização de fertilizantes adequados são fatores determinantes para a produção de mudas de Cedro Rosa de alta qualidade, favorecendo tanto a recuperação ambiental quanto a exploração sustentável da espécie.

METODOLOGIA

O presente trabalho trata de uma pesquisa teórica que, segundo Alexandre (2021), refere-se a uma revisão de literatura sobre a atualidade de determinado tema. Esse tipo de pesquisa pode ser feita em livros, revistas, documentos, jornais e dados estatísticos. O autor destaca que, como qualquer outra pesquisa, necessita de pré-requisitos.

Para este estudo, foram realizadas buscas eletrônicas nas seguintes fontes: Google Scholar, portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e sites de instituições e organizações de destaque do setor florestal. O processo de busca e seleção foi realizado seguindo os critérios descritos na figura 1.

Figura 1. Fluxograma do levantamento de artigos.



Fonte: Adaptado de Schneider *et al.* (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento e Propagação do *Cedrela fissilis*

O crescimento do *Cedrela fissilis* (Cedro Rosa) é um tema de grande interesse devido à sua importância ecológica e econômica. A espécie apresenta um crescimento rápido, especialmente nas fases iniciais, alcançando até 4,12 metros de altura e 7,34 cm de diâmetro em 20 meses em áreas urbanas (Silva *et al.*, 2018). Em condições favoráveis, o crescimento anual pode superar 2 metros (Oliveira, 2015).

A adaptação ambiental do Cedro Rosa é notável, pois se desenvolve bem em diferentes ambientes, incluindo florestas semidecíduas e pluvial atlântica, desde o Rio Grande do Sul até Minas Gerais (Santos *et al.*, 2000). Em áreas de recuperação florestal, a espécie demonstra boa adaptação e crescimento, o que a torna uma opção promissora para projetos de reflorestamento (Silva *et al.*, 2018).

De acordo com Xavier *et al.*, (2003), a técnica de ministaquia tem se mostrado eficaz na propagação clonal de espécies florestais nativas de alto valor econômico,

como o cedro-rosa (*cedrela fissilis*), especialmente em situações onde a disponibilidade de sementes é limitada (Quadro 1).

O desenvolvimento das mudas. Combinações de areia, solo e esterco nas proporções de 1:1:1 demonstraram eficácia no crescimento inicial das mudas de *Cedrela fissilis*, (Oliveira *et al.*, 2014).

Quadro 1: Método de plantio e preparo do Cedro-Rosa (*Cedrela Fissilis* Vell.).

Parâmetro	Descrição	Recomendações
Coleta das Sementes	Coletar sementes maduras, quando os frutos começam a se abrir espontaneamente.	Julho a agosto, quando a árvore está desfolhada (Santos <i>et al.</i> , 2000).
Preparo das Sementes	Retirar as asas das sementes para facilitar a germinação.	Utilizar sementes frescas e sem asas (Infoteca Embrapa, 2005).
Semeadura	Semear em sementeiras ou sacos de polietileno com substrato adequado.	Utilizar substrato de composto orgânico e moinha de carvão (Santos <i>et al.</i> , 2000).
Repicagem	Realizar a repicagem 4 a 6 semanas após a germinação.	Utilizar recipientes maiores, como sacos plásticos ou tubetes (Santos <i>et al.</i> , 2000).
Época de Plantio	A melhor época para plantio é entre novembro e fevereiro.	Quando as condições climáticas são mais favoráveis (Jardim Botânico Araribá, 2021).
Localização	Pode ser plantado em áreas abertas, sub-bosque ou solo degradado.	Ideal para mata ciliar (Apremavi, 2024).
Substrato	Utilizar substrato argiloso ou mistura de composto orgânico e moinha de carvão.	Para melhor desenvolvimento das mudas (Infoteca Embrapa, 2005).
Irrigação e Adubação	Manter irrigação regular e realizar adubação adequada.	Promove o crescimento saudável das mudas (Jardim Botânico Araribá, 2021).
Proteção contra Pragas	Proteger contra a broca-do-cedro.	Evitar plantios puros e adotar medidas de controle (Infoteca Embrapa, 2005).

Fonte: Autores(2025).

O espaçamento entre as árvores é fundamental e tem influência direta no diâmetro à altura do peito (DAP). Segundo um estudo realizado por Pereira (2017), para se obter árvores com diâmetros de 30 cm, o espaçamento médio é de aproximadamente 4 metros. Para árvores com 40 cm de diâmetro, o espaçamento recomendado é de 6

metros. Para a produção de árvores com 50 cm de diâmetro, utiliza-se um espaçamento de 8 metros, e para árvores com 60 cm de diâmetro, o espaçamento usado é de 9 metros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise dos trabalhos disponíveis, foi possível evidenciar que o Cedro-rosa tem sido recomendado de forma positiva para uso em áreas de reflorestamento, especialmente no contexto da recuperação de ecossistemas degradados, sendo essa sua principal aplicação. Nesse sentido, torna-se evidente a necessidade de pesquisas mais aprofundadas e atualizadas sobre o Cedro-rosa, com o objetivo de viabilizar sua silvicultura em larga escala e ampliar seu uso no mercado, contribuindo para o fortalecimento de cadeias produtivas e a conservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, A. F. **Metodologia científica: princípios e fundamentos**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2021. 192 p.
- ANDREACCI, F.; BOTOSSO, P. C.; GALVÃO, F. Sinais climáticos em anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* em diferentes tipologias de florestas ombrófilas do sul do Brasil. **Floresta**, v. 44, n. 2, p. 323-332, 2014.
- APREMavi. Cedro, um nobre da Mata Atlântica. Disponível em: <https://apremavi.org.br/cedro-um-nobre-da-mata-atlantica/>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- CAMPOS, J. B.; SILVA, L. R.; ALMEIDA, R. S. O uso de espécies nativas em projetos de restauração florestal: o caso do Cedro Rosa. **Revista Brasileira de Restauração Ecológica**, v. 6, n. 2, p. 120-130, 2021.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 383-393.
- COUTINHO, Rodolfo Pellegrini. **Influência de fatores ambientais no crescimento de espécies florestais em plantio de enriquecimento**. 2007.
- INFOTECA Embrapa. Cedro - **Infoteca Embrapa**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/292214/1/circtec113.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- JARDIM Botânico Araribá. **Protocolo de Propagação Cedrela fissilis**. Disponível em: https://www.bgci.org/wp/wp-content/uploads/2023/11/Cedrela-fissilis_Propagation-protocol_Portuguese_2021.pdf. Acesso em: 5 fev. 2025.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

OLIVEIRA, L. R.; LIMA, S. F.; LIMA, A. P. L. Crescimento de mudas de cedro-rosa em diferentes substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 187-195, 2014.

OLIVEIRA, A. C. Crescimento e desenvolvimento de *Cedrela fissilis* em diferentes condições ambientais. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PEREIRA, L. D. Medida de copa para determinação da densidade populacional de *Cedrela fissilis*. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 35, n. 1, p. 48-57, 2017.

RODRIGUES, V. A. Propagação vegetativa de aroeira *Schinus terebinthifolius* Raddi, canelassassafrás *Ocotea pretiosa* Bent & Hook e cedro *Cedrela fissilis* Vellozo, através de estacas radiciais e caulinares. 1990. 90 f. **Tese (Mestrado)** – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR.

SANTOS, G. A.; XAVIER, A.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M. L. **Uso da miniestaquia na propagação clonal de cedro rosa (*Cedrela fissilis*)**. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Resumos técnicos**. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p. 203.

SANTOS, R. C. et al. Ecologia e manejo de *Cedrela fissilis*. **Revista Árvore**, v. 24, n. 3, p. 255-264, 2000.

SANTOS, R. C. et al. Ecologia e manejo de *Cedrela fissilis*. **Revista Árvore**, v. 24, n. 3, p. 255-264, 2000.

SCHNEIDER, C. R.; ÂNGELO, D. H.; ANGELO, C.; RIOS, A. B. R. C.; BLUM, C. T. Espécies, práticas e monitoramento: estratégias para restauração ecológica de áreas protegidas da Mata Atlântica. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 4, e74057, p. 1-22, 2023.

SILVA, A. F. et al. Desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, p. 1-8, 2018.

SOUZA, R. M. et al. Efeito do substrato no crescimento de plântulas de *Cedrela fissilis*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 239-246, 2019.

SOUZA, A. F.; SILVA, M. J.; SANTOS, R. F. Conservação de espécies madeireiras tropicais: um estudo de caso com *Cedrela fissilis*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 42, n. 3, p. 1-12, 2019.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; WENDING, I.; OLIVEIRA, M. L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, p. 139-143, 2003.

Potencialidades e Limitações Silviculturais do Mogno Brasileiro no Maranhão

Silvicultural Potentials and Limitations of Brazilian Mahogany in Maranhão

SOUSA, Aline Santos¹; LIMA, Alyssa Rannelly Pereira²; SANTOS, Bárbara Vieira³; CARVALHO, Isolda Cordeiro⁴; LIMA, Wesley Moura⁵; TORRES, Esthefany Oliveira⁶; COSTA, Nisângela Severino Lopes⁷; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁸; ANGELO, Dalton Henrique⁹

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alinesousa.20200009792@uemasul.edu.br; ² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alyssalima.20200003449@uemasul.edu.br; ³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, barbarasantos.20200009630@uemasul.edu.br; ⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, isoldacarvalho.20200003233@uemasul.edu.br; ⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, wesleylima.20200003378@uemasul.edu.br; ⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, esthefanytorres.20200003313@uemasul.edu.br; ⁷ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, nisangela.lopes@uemasul.edu.br; ⁸ Universidade do Estado do Pará - UEPa, chai.rodriguesschneider@gmail.com; ⁹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, dalton.angelo@uemasul.edu.br.

Eixo Temático: Silvicultura de Espécies Tropicais

Resumo

O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) possui grande potencial econômico no Maranhão, mas enfrenta lacunas no manejo sustentável. A falta de práticas adaptadas às condições locais e dados sobre genética e solo dificulta o aproveitamento econômico. Este estudo visa revisar as práticas silviculturais do mogno, identificar lacunas e destacar avanços em pesquisas para otimizar seu cultivo sustentável. O estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão de literatura, que consiste no levantamento de pesquisas recentes de publicações associadas à temática. O estudo revelou um aumento no interesse pela silvicultura no Maranhão, destacando o mogno-brasileiro como uma espécie valiosa economicamente. Observou-se que a silvicultura no estado tem crescido, com avanços no manejo de pragas e na produção de mudas. Porém, o cultivo enfrenta desafios como o lento crescimento da espécie e limitações de solo. Desse modo, o presente estudo contribui para o avanço da silvicultura, incentivando pesquisas sobre manejo, genética e tecnologias de controle de pragas, além de promover a sustentabilidade e aumento da produtividade no Maranhão.

Palavras-chave: *Swietenia macrophylla* King; Práticas Silviculturais; Silvicultura.

Keywords: *Swietenia macrophylla* King; Silvicultural Practices; Silviculture.

INTRODUÇÃO

A silvicultura é uma ferramenta fundamental para a gestão sustentável dos recursos florestais, com implicações diretas tanto para a conservação ambiental quanto para o desenvolvimento socioeconômico (Food and Agriculture Organization - FAO, 2020), uma vez que o reflorestamento além de recobrir o solo e contribuir para melhor eficiência dos serviços ecossistêmicos, também reforça a oferta de produtos florestais madeireiros na região de implantação, e com isso o aumento e a criação de emprego e

renda aos proprietários rurais, favorecendo para redução do êxodo rural e melhoria da qualidade de vida (NETO, 2018).

No estado do Maranhão, a exploração de espécies nativas e exóticas tem se mostrado promissora, principalmente em setores como o madeireiro e energético, representando um potencial ainda subutilizado. A silvicultura do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), uma das espécies nativas com grande potencial de valor econômico e ecológico, poderia ter um papel central nesse desenvolvimento, especialmente no Maranhão, onde a árvore é encontrada naturalmente (Oliveira; Paz; Keilha, 2020).

Estudos mostram que o cultivo de mogno brasileiro tem grande potencial, mas enfrenta desafios devido à falta de dados sobre genética e adaptações específicas às condições climáticas e de solo (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF, 2023).

No Brasil, pesquisadores têm investido no estudo da genética e adaptabilidade do mogno, buscando identificar as melhores condições de cultivo para a espécie. Na região Norte e Nordeste, estudos indicam que o cultivo consorciado do mogno com outras culturas agroflorestais pode ser uma alternativa promissora, com redução de impactos ambientais, aumento da produtividade e renda (Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2003).

Além disso, novas técnicas de controle de pragas e doenças têm sido aplicadas para garantir a saúde das plantações de mogno, contribuindo para o aumento da rentabilidade do cultivo. As pesquisas mais recentes também apontam que o aumento do uso de espécies nativas como o mogno brasileiro pode ajudar na mitigação dos efeitos negativos da monocultura e promover a recuperação ambiental das áreas degradadas (Costa; Moraes; Campos, 2013).

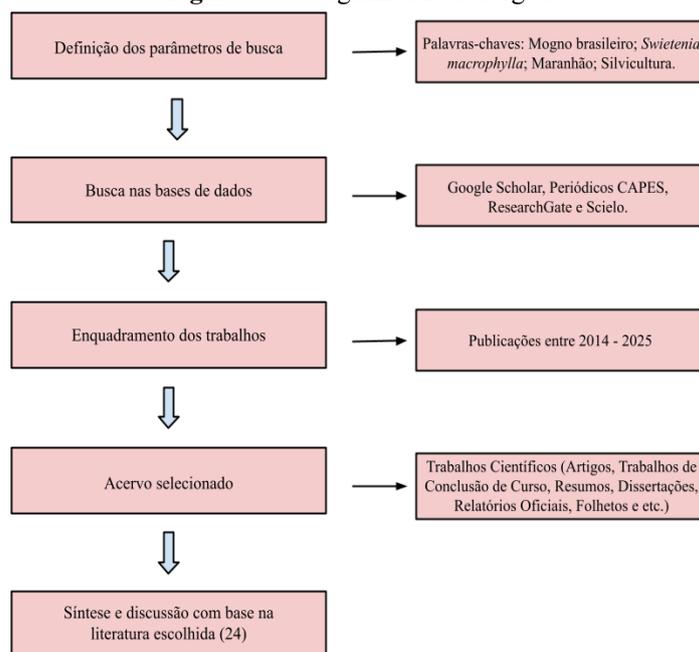
Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre o mogno brasileiro, com ênfase nas práticas silviculturais aplicáveis ao estado do Maranhão. Busca-se identificar as principais lacunas no manejo e no uso sustentável dessa espécie, além de destacar os avanços recentes em pesquisas que promovam o cultivo

sustentável do mogno, contribuindo para o desenvolvimento econômico e ambiental da região.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão de literatura, que consiste no levantamento de pesquisas recentes de publicações associadas à temática das práticas silviculturais do mogno brasileiro, visando o resgate do maior número de trabalhos que de alguma forma contribuam com o tema do estudo em questão, a fim de enriquecer a revisão com as contribuições científicas. Na qual, a pesquisa foi dividida em algumas etapas, conforme a Figura 1.

Figura 1. Fluxograma Metodológico.



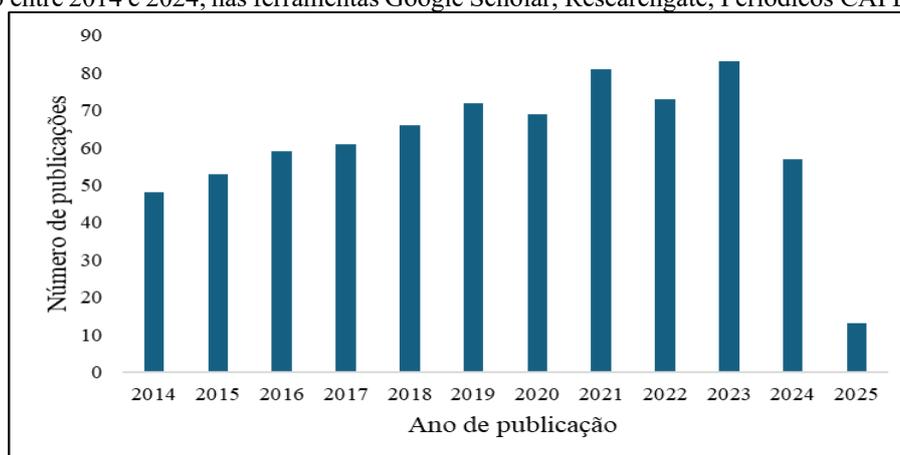
Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos indicaram um número significativo de publicações (715) relacionadas ao tema escolhido, evidenciando o crescente interesse na silvicultura. Essa área tem ganhado destaque devido ao grande potencial econômico e ambiental das florestas, com especial atenção ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*). Trata-se de uma espécie

nativa do Brasil, predominantemente encontrada no bioma amazônico, cuja madeira de alta qualidade é amplamente valorizada no mercado comercial (Costa; Moraes; Campos, 2013). Na figura 2 é possível observar a variação de artigos publicados por ano, relacionados ao tema deste estudo.

Figura 2. Gráfico do quantitativo de publicações relacionadas às práticas silviculturais do mogno brasileiro entre 2014 e 2024, nas ferramentas Google Scholar, Researchgate, Periódicos CAPES e Scielo.



Fonte: Autores (2025).

Distribuição e ocorrência natural no Maranhão

A *Swietenia macrophylla* é uma espécie florestal da família Meliaceae conhecida como mogno ou mogno-brasileiro, com ocorrência natural em latitudes de 20° N no México (Yucatán) até 18° S, na Bolívia. No Brasil, localiza-se entre 1° S no Maranhão e 14° S em Mato Grosso (Gomes *et al.*, 2015).

É uma espécie heliófila, ou seja, necessita de muita luz solar para se desenvolver, reconhecido como tolerante a moderados níveis de luz, podendo sobreviver sob o dossel, devido ao baixo ponto de compensação de luz (Oliveira *et al.*, 2019). Por isso, quando o mogno ocorre em clareiras, as mudas apresentam bom crescimento (Ribeiro *et al.*, 2017).

Potencialidades econômicas do Mogno Brasileiro no Maranhão

De acordo com dados do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC (2020) houve um salto de 26,3% em relação a 2022, com a silvicultura somando R\$711,2 milhões, mantendo o Maranhão como o segundo maior produtor nacional. Apresentando crescimento significativo tanto em produção quanto em

valor econômico, registrando cerca de R\$733,1 milhões em 2021 no que tange a produção florestal (Ministério da Agricultura, 2021).

No Maranhão com a crescente demanda silvicultural, observa-se o mogno-brasileiro como uma espécie que atende às principais demandas da indústria madeireira onde é altamente valorizada devido à sua durabilidade, coloração única e versatilidade, utilizada na fabricação de móveis de luxo, acabamentos arquitetônicos e instrumentos musicais (Ferreira, 2023; Mahendra *et al.*, 2022; Telrandhe *et al.*, 2022).

Atualmente um fator limitante para o crescente potencial econômico de mogno-brasileiro no Maranhão é o ciclo de corte. O mogno brasileiro apresenta um crescimento lento em comparação a outras espécies tropicais, levando de 20 a 30 anos para atingir diâmetro e altura comercialmente viáveis, o que requer planejamento de longo prazo e manejo integrado para maximizar a rentabilidade (Oliveira, 2017).

CONCLUSÕES

O presente estudo contribui para o entendimento do cultivo do mogno-brasileiro, destacando a importância de práticas silviculturais adequadas e inovações tecnológicas para aumentar a produtividade e sustentabilidade da espécie. Além disso, evidencia a necessidade de mais pesquisas sobre manejo de pragas e adaptação genética, áreas ainda pouco exploradas. Portanto, as contribuições aqui apresentadas fornecem uma base para futuras investigações e aprimoramento do setor silvicultural, especialmente no Maranhão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M.; CHAVES, S. F. S.; NEGRÃO, L. M. V.. Viabilidade técnica do uso de *Swietenia macrophylla* e *Theobroma grandiflorum* em sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**, Pag. 617–636, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509843268>.

BARROS, Q. S.; OLIVEIRA, M. V. N.; OLIVEIRA, L. C. Regeneração natural do mogno (*Swietenia macrophylla* King) em área manejada na Amazônia Sul-Occidental. **Circular Técnica**. 2019. Disponível em: <<https://core.ac.uk/reader/228210750>>. Acesso em: 08 jan. 2025. ISSN: 0100-9915

BRASIL. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC). **Desempenho da Extração Vegetal e Silvicultura Maranhense em 2020**. 2021. Disponível em: <https://imesc.ma.gov.br/portal/Post/view/outras-publicacoes/488>. Acesso em: 14 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Silvicultura e Extração Vegetal no Maranhão Marcam Bom Desempenho da Produção Florestal Maranhense em 2021**. 2022. Disponível em:

<https://www.ma.gov.br/noticias/silvicultura-e-extracao-vegetal-no-maranhao-marcam-bom-desempenho-da-producao-florestal-maranhense-em-2021>>. Acesso em: 14 jan. 2025.

CASTRO, L. F. *et al.* Controle da broca das meliáceas (*Hypsipyla grandella*) no cultivo do mogno. **Revista de Entomologia e Silvicultura**, 2019. 42(3), 187-202.

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS – CBPF. **Emérito da UFMG trata da lucratividade relativa à recuperação florestal**. Gov.br, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/cbpf/pt-br/assuntos/noticias/emerito-da-ufmg-trata-da-lucratividade-relativa-a-recuperacao-florestal>>. Acesso em: 08 jan. 2025

COSTA, J. R.; MORAIS, R. R.; CAMPOS, L. S. Cultivo e manejo do mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Embrapa Amazônia Ocidental**. 2013. ISSN: 1517-3135.

COSTA, L. O. M. **Impactos ambientais de monoculturas agrícolas no Brasil: o caso das monoculturas anuais versus monoculturas florestais**. Lavras, 2021.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report**. Roma: FAO, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca9825en/ca9825en.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

GOMES, J. I. *et al.* Conhecendo espécies de plantas da Amazônia: mogno (*Swietenia macrophylla* King- Meliaceae). Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, p. 7, 2015. ISSN: 1983-0505. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1024143&biblioteca=vazio&busca=1024143&qFacets=1024143&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1#:~:text=https%3A//ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129777/1/COM%2DTEC%2D266.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2025.

INSTITUTO MARANHENSE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura: O que mudou no Maranhão nos últimos 20 anos?2020**. Disponível em: <<http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/382564664c4eb6e9b71374f5eda9fa189.pdf>> Acesso em: 12 de janeiro de 2025.

MAHENDRA, C. K. *et al.* The prospects of *Swietenia macrophylla* king in skin care. **Antioxidants**, B1, 2022. DOI: <http://doi.org/10.3390/antiox11050913> PMID:35624777.

MEIRELES, R. R. *et al.* Avaliação do perfil econômico em sistemas agroflorestais com mogno brasileiro, cedro australiano e feijão caupi. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 10, p. 454-463, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0036>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Mogno terá plano de manejo e exploração sustentável**. Gov.br, 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/mogno-tera-plano-de-manejo-e-exploracao-sustentavel>. Acesso em: 09 jan. 2025.

NEIMOG, W. *et al.* Produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em substrato com resíduos de agroindústria. **Scientia Forestalis**, 2022, v.50.
<https://doi.org/10.18671/scifor.v50.31>

Qualidade silvicultural do componente arbóreo do *campus* CCA da UEMASUL em Imperatriz – MA

Silvicultural quality of the tree component of the CCA campus of UEMASUL in Imperatriz – MA

SOUSA, Aroldo F. M. de¹; ARAÚJO, Adam P. S.¹; LIMA, Amanda O.¹; SILVA, Arthur N.¹; COELHO, João P. S. R.¹; NASCIMENTO, Nicolas O. do¹; FERROS, Pedro P.¹; VIANA, Pedro H. da S.¹; SILVA, Luiz F. C.¹; SANTOS, Wallysson R.¹; ANGELO, Dalton H.¹; SCHNEIDER, Chaiane R.²

¹UEMASUL, aroldo.sousa@uemasul.edu.br; adam.araujo@uemasul.edu.br; amanda.lima@uemasul.edu.br; arthur.silva@uemasul.edu.br; joao.coelho@uemasul.edu.br; nicolas.nascimento@uemasul.edu.br; pedro.ferros@uemasul.edu.br; pedro.viana@uemasul.edu.br; luiz.cristiano@uemasul.edu.br; wallysson.santos@uemasul.edu.br; dalton.angelo@uemasul.edu.br;

²UEPA, chaiane.r.schneider@uepa.br

Eixo Temático: 05 - Silvicultura de Espécies Tropicais

Resumo

A qualidade das características silviculturais refere-se a diversos aspectos que influenciam o crescimento, desenvolvimento e a saúde das mudas em campo, impactando diretamente a produtividade e sustentabilidade dos recursos florestais. Em vista disso, este estudo tem como objetivo analisar indivíduos e espécies, quanto à qualidade de suas características silviculturais, na arborização do *campus* CCA da UEMASUL. Para isso, foram coletados dados qualitativos do fuste, da copa e fitossanidade, os quais foram processados pela regra de três simples. Os resultados evidenciaram que 87% das espécies apresentaram sanidade do fuste como sadio, 60% apresentaram a qualidade do fuste com forte tortuosidade. Quanto à copa, 52% das espécies apresentaram copa densa. Acerca da fitossanidade, 30% apresentaram alguma fitopatologia. Conclui-se que, existem limitações no desenvolvimento das mudas, afetando especialmente a qualidade do fuste e da copa, o que corroborou para as deficiências fitossanitárias.

Palavras-chave: Mensuração florestal; Caracterização arbórea; Fitossanidade.

Keywords: Forest measurement; Tree characterization; Plant health.

INTRODUÇÃO

A silvicultura urbana, que engloba o plantio e manejo de árvores em áreas urbanas, desempenha um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida e na promoção da sustentabilidade das cidades. Com o avanço da urbanização e a consequente perda de áreas verdes, torna-se cada vez mais premente adotar práticas que favoreçam a recuperação e a conservação dos ecossistemas urbanos (Alvarez *et al.*, 2013).

Nesse contexto, a utilização de técnicas e recursos destinados à melhoria da qualidade do solo em áreas urbanas não apenas atende às necessidades ambientais dentro das áreas urbanas, mas também constitui uma medida essencial para mitigar os impactos do aquecimento global e da poluição atmosférica (Pedron *et al.*, 2004). A arborização

urbana proporciona uma ampla gama de benefícios, tanto para os seres humanos quanto para o ecossistema como um todo. Entre esses benefícios, destacam-se: a melhoria da qualidade do ar; melhoria visual e paisagística; a estabilidade microclimática; a redução da poluição sonora e área verde para a fauna local (Pagliari; Dorigon, 2013).

Considerando a relevância dessas questões, é consenso que a qualidade das mudas exerce influência direta no desenvolvimento das árvores e no sucesso dos projetos de arborização urbana (Gonçalves *et al.*, 2004). Assim, é essencial que elas se desenvolvam com qualidade silvicultural, apresentando um sistema radicular robusto, resistência, boa saúde fitossanitária e nutricional, tronco reto, copa bem estruturada, caule perpendicular ao solo, volume de torrão apropriado e livre de plantas invasoras (Faria; Brun; Ferrari, 2016). Diante das informações pautadas, o presente trabalho tem como objetivo a análise da cobertura arbórea das espécies presentes no *campus* CCA (Centro de Ciências Agrárias) da UEMASUL com o intuito de avaliar características silviculturais.

METODOLOGIA

A área de estudo está localizada na Avenida Agrária, nº 100, no Bairro Colina Park. Situado no *campus* Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a região está presente em uma área de ecótono entre o bioma Amazônia e o Cerrado. Seu clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado por invernos secos e verões chuvosos. A região sofre influência da Amazônia, o que garante umidade significativa no período das chuvas, mas também sente os efeitos da seca durante o inverno. Os solos da região são classificados como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (Corrêa; Carvalho; Mendes, 2023; Rodrigues *et al.*, 2008).

Para a coleta de dados e informações, utilizou-se de uma observação direta e análise técnica de cada uma das espécies utilizadas na arborização no Centro de Ciências Agrárias (CCA). Durante o processo, foram avaliados diversos parâmetros para assegurar a precisão e a abrangência das observações. Analisou-se critérios fitossanitários, morfológicos e fisiológicos, como a sanidade do fuste, qualidade do fuste, qualidade da copa, fitossanidade e condição visual (Quadro 1).

Quadro 1. Características silviculturais qualitativas observadas para os indivíduos da arborização do CCA.

N	SF	QF	QC	FT	CV
1	Sadio	Cilíndrico	Copa densa (>50% de copa)	Presente	Boa
2	Deterioração	Forte tortuosidade	Copa pouco densa (>25 e <50%)	Ausente	Regular
3	Morta em pé	Quebrado-rachado	Copa sem folhas	-	Ruim

Nota: SF: sanidade do fuste; QF: qualidade do fuste; QC: qualidade da copa; FT: Fitossanidade; CV: Condição visual.

Fonte: Autores (2025).

Os dados foram processados no software Excel®, obtendo a porcentagem de indivíduos e espécies com as características silviculturais determinadas. O cálculo da porcentagem foi realizado por meio do método matemático da regra de três simples, para grandezas diretamente proporcionais de estudo e/ou de análises laboratoriais empregadas. Também deve contemplar as exigências dos preceitos éticos da investigação científica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que no *campus* CCA apresenta desuniformidade em relação a densidade populacional e diversidade de espécies (Tabela 1), visto que, 35,14% da população de espécimes florestais representa a espécie Ipê-rosa / *Tabebuia pentaphylla*, e 14,19% sendo da espécie Oiti / *Moquilea tomentosa*, além disso 0,68% da densidade populacional corresponde a Cajá / *Spondias mombin*.

Tabela 1. Espécies e famílias e suas respectivas quantidades e densidade populacional no CCA.

Espécie	Família	QTD	%
Cajá / <i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	1	0,68%
Ingarana / <i>Inga cylindrica</i>	Fabaceae	4	2,70%
Ipê-rosa / <i>Tabebuia pentaphylla</i>	Bignoniaceae	52	35,14%
Ipê-do-cerrado / <i>Handroanthus ochraceus</i>	Bignoniaceae	12	8,11%
Ipê Caraíba / <i>Tabebuia aurea</i>	Bignoniaceae	2	1,35%
Jucá / <i>Libidibia ferrea</i>	Fabaceae	8	5,41%
Mutamba / <i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	9	6,08%
Não indentificada	NI	1	0,68%
Sombreiro / <i>Clitoria fairchildiana</i>	Fabaceae	9	6,08%
Aroeira / <i>Astronium urundeuva</i>	Anacardiaceae	14	9,46%
Jatobá / <i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae	2	1,35%
Angico / <i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae	8	5,41%
Amendoeira / <i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	3	2,03%
Oiti / <i>Moquilea tomentosa</i>	Chrysobalanaceae	21	14,19%
Paricá / <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	Fabaceae	2	1,35%
TOTAL		148	100,00%

Fonte: Autores (2025).

Diante disso, nota-se grande discrepância entre as espécies no quesito densidade populacional, pois é recomendado estar cada espécie das 15 espécies uma densidade aproximada de 5,88% a 10% para garantir um equilíbrio da diversidade de espécies na

arborização e permitir que tenha indivíduos suficientes que asseguram a continuidade reprodutiva da espécie no *campus* CCA (Silva Filho; Bortoleto, 2005). Além do mais, deve-se evitar um número elevado de indivíduos da mesma espécie como medida sanitária preventiva para diminuir a possibilidade de uma possível proliferação de doenças no extrato arbóreo (Aoki *et al.*, 2020).

Os resultados evidenciaram que a maior parte das mudas plantadas na arborização do *campus* do Centro de Ciências Agrárias (CCA) apresentaram boas qualidades em suas características avaliadas, desempenhando um manejo satisfatório em relação a fitossanidade da arborização conforme amostrados (Tabela 2). Quando se trata da criação de espaços verdes, muitos desafios são enfrentados até o estabelecimento arbóreo, portanto, a manutenção e avaliação da arborização é crucial para uma estabilidade silvicultural em relação a sua sustentabilidade, funcionalidade e embelezamento (Ferreria *et al.*, 2024).

Tabela 2. Porcentagem das características silviculturais observadas nos indivíduos.

QA	SF	QF	QC	FT	CV
1	87,16%	35,81%	52,70%	30,41%	60,14%
2	9,46%	60,14%	41,22%	69,59%	30,41%
3	3,38%	4,05%	6,08%		9,46%

NOTA: QA: Qualidade Avaliada; SF: Sanidade do Fuste; QF: Qualidade do Fuste; QC: Qualidade da Copa; FT: Fitossanidade; CV: Condição Visual.

Fonte: Autores (2025).

O fato de 87% das mudas apresentarem boas condições de sanidade do fuste (SF), mostra que os métodos adotados surtiram efeito para preservar os fustes. Ainda assim, faz-se necessário uma observação mais precisa para avaliar a qualidade de outras espécies, conseguindo assim, aprimorar ainda mais a sanidade do fuste das plantas presentes no *campus*.

Para a qualidade do fuste (QF), faz-se necessário abordar outros métodos para garantir resultados mais expressivos, pois o fato de haver 60% de espécies com tortuosidades e 4% com seus fustes quebrados/rachados, reflete a necessidade de medidas protetivas das árvores (Silva Filho; Bortoleto, 2005). Além de supervisionar e monitorar durante o seu desenvolvimento, pois à medida que a planta se desenvolve, surge a necessidade de fazer novos amarrios nas espécies com indícios de tortuosidade.

Em relação a qualidade da copa (QC), 53% apresentam copa densa, porém 41% apresentam copa pouco densa. Fatores que tiveram influência nesse resultado são as

condições climáticas, como a disponibilidade de luz solar, a temperatura e o regime de chuvas e a disponibilidade de nutrientes podem influenciar o desenvolvimento da copa.

Já para fitossanidade (FT), a densidade populacional apresenta 70% de doenças ausentes, o que indica um fator de trato silvicultural ideal no manejo da arborização do *campus* CCA, mas entra em alerta para 30% estarem com doenças presentes, sendo uma notificação da necessidade de melhorias no trato fitossanitário. (Aoki *et al.*, 2020). A condição visual (CV) se deu de forma satisfatória, com uma abrangência de 60% para uma boa CV.

Nota-se uma relação proporcional para densidade populacional e sanidade silvicultural positiva, em Ipê-rosa / *Tabebuia pentaphylla* e Oiti / *Moquilea tomentosa* (Tabela 3). Apresentando um excelente estado de sanidade, indicando que tais espécies está havendo uma boa adaptabilidade ao ambiente local e suas intempéries climáticas, evidenciando a importância da escolha de espécies que sejam resistentes aos desafios estocásticos. Oferecendo além de tal uma boa sombra e embelezamento para o ambiente local (Aoki *et al.*, 2020).

Tabela 3. Porcentagem das características silviculturais para espécie de acordo com todos os espécimes analisados.

N	Espécie	Qualidades avaliadas QTD	SF			QF			QC			FT		CV		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3
1	Cajá / <i>Spondias mombin</i>	1	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
2	Ingarana / <i>Inga cylindrica</i>	4	0,75	0,25	0,00	0,25	0,75	0,00	0,75	0,25	0,00	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25
3	Ipê-rosa / <i>Tabebuia pentaphylla</i>	52	0,85	0,06	0,10	0,33	0,58	0,10	0,48	0,38	0,13	0,04	0,96	0,56	0,31	0,13
4	Ipê-do-cerrado / <i>Handroanthus ochraceus</i>	12	0,75	0,25	0,00	0,58	0,42	0,00	0,50	0,50	0,00	0,17	0,83	0,50	0,25	0,25
5	Ipê Caraíba / <i>Tabebuia aurea</i>	2	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6	Jucá / <i>Libidibia ferrea</i>	8	1,00	0,00	0,00	0,13	0,88	0,00	0,63	0,38	0,00	0,25	0,75	0,88	0,13	0,00
7	Mutamba / <i>Guazuma ulmifolia</i>	9	0,89	0,11	0,00	0,78	0,22	0,00	0,33	0,56	0,11	0,22	0,78	0,67	0,22	0,11
8	Não indentificada	1	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
9	Sombreiro / <i>Clitoria fairchildiana</i>	9	0,67	0,33	0,00	0,44	0,56	0,00	0,33	0,67	0,00	0,78	0,22	0,33	0,56	0,11
10	Aroeira / <i>Astronium urundeuva</i>	14	1,00	1,00	0,00	0,36	0,64	0,00	0,57	0,43	0,00	0,36	0,64	0,57	0,43	0,00
11	Jatobá / <i>Hymenaea courbaril</i>	2	0,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
12	Angico / <i>Anadenanthera colubrina</i>	8	1,00	0,00	0,00	0,25	0,75	0,00	0,75	0,25	0,00	0,25	0,75	0,88	0,13	0,00
13	Amendoeira / <i>Terminalia catappa</i>	3	1,00	0,00	0,00	0,33	0,67	0,00	0,33	0,67	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
14	Oiti / <i>Moquilea tomentosa</i>	21	1,00	0,00	0,00	0,33	0,67	0,00	0,62	0,38	0,00	0,76	0,24	0,62	0,38	0,00
15	Paricá / <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	2	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00

NOTA: SF: Sanidade do Fuste; QF: Qualidade do Fuste; QC: Qualidade da Copa; FT: Fitossanidade; CV: Condição Visual.

Fonte: Autores (2025).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a arborização do *campus* CCA/UEMASUL apresenta características silviculturais satisfatórias no que diz respeito ao seu desenvolvimento, exceto em relação à qualidade do fuste. Para alcançar melhores resultados, recomenda-se a realização de práticas de manejo, como coroamento, adubação e melhoria na drenagem de água do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, I. A.; MATTOS, P. P.; PIEDADE, L. I.; CANETTI, A. Silvicultura urbana em municípios brasileiros com maior concentração populacional. **SIDALC**, v. 10, n. 2, p. 2013.

AOKI, C.; DE OLIVEIRA, K. R.; FIGUEIREDO, P. A. de O.; DE SÁ, J. dos S. S.; DE OLIVEIRA, K. M.; CHAVES, J. R. Urban tree planting analysis in squares of Aquidauana (MS, Brazil). **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 12, p. 100737–100750, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n12-531.

CORRÊA, W.; CARVALHO, M. W. L.; MENDES, T. J. Atualização da classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 517–543, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16727.

FARIA, A. B. C.; BRUN, E. J.; FERRARI, F. (Org.). **Procedimentos e atualidades florestais**. Curitiba: Ed. UTFPR, 2016. 193 p. ISBN: 978-85-7014-183-5.

FERRERIA, W. C.; OLIVEIRA, L. B.; PEREIRA DIAS, D.; SCHAFF CORRÊA, R. Composição florística e avaliação silvicultural da arborização de quatro parques urbanos do município de Jataí, GOIÁS. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 49, 2024.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W.; JACOVINE, L. A. G. Avaliação qualitativa de mudas destinadas à arborização urbana no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 479–486, jul. 2004.

PAGLIARI, C. S.; DORIGON, B. E. Arborização Urbana: Importância das espécies adequadas. **Unoesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, v. 4, n. 2, p. 139-148, jul./dez. 2013.

PEDRON, F. A., DALMOLIN, R. S. D., AZEVEDO, A. C.; KAMINSKI, J. Solos urbanos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1647–1653, set. 2004.

RODRIGUES, D. P.; FREITAS, R. C. A.; LEITE, L. F. C.; CARDOSO, M. J.; COSTA, D. B.; GUALTER, R. M. R. Atributos químicos em um Argissolo vermelho-amarelo e produtividade do milho sob adubação nitrogenada e sistemas de plantio no Cerrado do Maranhão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 567-574, 2008.

SILVA FILHO, D. F.; BORTOLETO, S. Uso de indicadores de diversidade na definição de plano de manejo da arborização viária de águas de São Pedro – SP. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.973-982, 2005.

Silvicultura do Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): Técnicas e Desafios no Contexto

Brasileiro

Açaí (Euterpe oleracea) Silviculture: Techniques and Challenges in the Brazilian Context

RODRIGUES, Rafaella dos S.¹; SANTOS, Ana L. S.¹; SOUSA, Edinilson, A. de.¹; SOUSA, Luany K. N. ¹; SILVA, Luziane, V. ¹; SOUZA, Wendley, G. C. ¹; LIMA, Michael D. R.²; FERREIRA JUNIOR, Diogenis F.²; ANGELO, Dalton, H.²; SCHNEIDER, Chaiane R.³

¹ UEMASUL, rafaella.rodrigues@uemasul.edu.br; ana.livia@uemasul.edu.br; edinilson.sousa@uemasul.edu.br; luany.sousa@uemasul.edu.br; luziane.silva@uemasul.edu.br; wendley.souza@uemasul.edu.br; ² UEMASUL, michael.lima@uemasul.edu.br; diogenis.ferreira@gmail.com; dalton_florestal@outlook.com; ³ UEPA, chaiane.r.schneider@uepa.br

Eixo Temático 05: Silvicultura de Espécies Tropicais

Resumo

O presente estudo teve como objetivo analisar o cultivo de *Euterpe oleracea* no Maranhão, considerando suas práticas de manejo, condições edafoclimáticas e inovações tecnológicas. A metodologia baseou-se em uma revisão bibliográfica de estudos publicados entre 1980 e 2025, abordando o cultivo em várzea e terra firme, bem como os avanços na irrigação e mecanização da colheita. Os resultados evidenciaram que o açaí apresenta alta adaptabilidade a diferentes ambientes, exigindo estratégias específicas de manejo conforme o tipo de solo e clima. A irrigação mostrou-se essencial para a produtividade em terra firme, enquanto a mecanização da colheita aumenta a eficiência, mas enfrenta desafios de implementação. Conclui-se que o cultivo do açaí no Brasil é uma alternativa viável, combinando benefícios econômicos e ambientais, e que o acesso a inovações tecnológicas pode impulsionar ainda mais sua expansão e consolidação no estado.

Palavras-chave: Manejo Sustentável; Mercado Econômico; Biodiversidade.

Keywords: Sustainable Management; Economic Market; Biodiversity.

INTRODUÇÃO

A silvicultura é a ciência que estuda e aplica técnicas de manejo florestal para otimizar a produtividade e a conservação das florestas, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais (Aurélio, 2020). No Brasil, esse setor tem grande importância econômica e ambiental, sendo responsável por significativa participação no PIB e pela geração de empregos diretos e indiretos, especialmente em áreas rurais (IBÁ, 2024).

Entre as espécies nativas com potencial silvicultural, destaca-se o açaí (*Euterpe oleracea*), uma palmeira amplamente distribuída na região amazônica, especialmente nos

estados do Pará, Amapá, Maranhão e Amazonas (Silva *et al.*, 2012). Essa espécie desempenha papel fundamental tanto na economia regional quanto na manutenção da biodiversidade. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), a produção nacional de frutos de açaí alcançou 115.947 toneladas, com tendência de crescimento nos últimos anos. Embora a oferta esteja concentrada na região Norte, outros estados, como o Maranhão, têm participação significativa na produção brasileira. O Maranhão ocupa a terceira posição na produção nacional de açaí, atrás apenas do Pará e do Amazonas, consolidando-se como o maior produtor da região Nordeste (Silva *et al.*, 2023).

O Brasil apresenta condições climáticas e geográficas favoráveis ao cultivo do açaí, com destaque para a região amazônica, onde a espécie ocorre naturalmente em florestas de várzea. O país é o maior produtor mundial, e a exploração do fruto envolve tanto comunidades tradicionais quanto agricultores familiares. Entretanto, o cultivo do açaí enfrenta desafios, especialmente na adaptação a áreas de terra firme e monocultura. Nessas condições, torna-se necessária a adoção de técnicas como irrigação, adubação e sombreamento para garantir o desenvolvimento adequado da planta e manter sua produtividade (Farias Neto, 2023).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar, com base na literatura, a silvicultura do açaí no Brasil, destacando os avanços recentes e os desafios enfrentados para sua expansão. A pesquisa busca investigar as práticas de manejo mais adequadas à espécie, considerando seu potencial econômico e ecológico. A análise das técnicas silviculturais e das pesquisas realizadas até o momento permitirá identificar lacunas e propor soluções para otimizar a produção e diversificar os usos do açaí, contribuindo para o fortalecimento da sua cadeia produtiva no estado.

METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica sobre a silvicultura do açaí (*Euterpe oleracea*), abordando práticas de manejo, condições edafoclimáticas, inovações tecnológicas e desafios socioambientais no cultivo em várzeas e terra firme.

Foram selecionados estudos publicados entre 1980 e 2025, garantindo a inclusão de práticas tradicionais e avanços recentes. A triagem dos estudos escolhidos considerou

a relevância técnica, econômica e ambiental das pesquisas excluindo trabalhos redundantes ou de contexto distinto da realidade brasileira.

A revisão bibliográfica foi estruturada em dois eixos principais: o cultivo em várzea, que depende da fertilidade natural do solo e enfrenta desafios ambientais, e o cultivo em terra firme, que exige práticas como adubação, irrigação e uso de Sistemas Agroflorestais (SAFs). Além disso, foram analisadas inovações tecnológicas, como irrigação por aspersão e mecanização da colheita, avaliando suas vantagens e limitações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A *Euterpe oleracea*, popularmente conhecida como açaí, é uma espécie nativa da região Amazônica com alto potencial produtivo, ecológico e econômico. Seu cultivo tem se expandido, impulsionado por características morfológicas e fisiológicas que garantem alta produtividade e adaptabilidade a diferentes tipos de solo e clima (Oliveira e Filho, 2018). No Maranhão, o açaí encontra condições propícias tanto em áreas de várzea quanto em terra firme, o que favorece sua adaptação a diferentes ambientes e justifica sua escolha para o cultivo comercial. Essa versatilidade contribui para a expansão da produção no estado, acompanhando a crescente demanda do mercado.

A produção de açaí está em constante crescimento, sustentada por uma cadeia produtiva complexa, que envolve agroindústrias, produtores, coletores, fornecedores de insumos agrícolas e comerciantes. Esses agentes desempenham um papel fundamental no processamento e na distribuição do produto, impulsionando sua comercialização e atendendo à demanda crescente (Silva *et al.*, 2020). Além disso, o avanço da tecnologia na cadeia produtiva tem sido um fator determinante para o aumento da produtividade, permitindo maior eficiência no cultivo e beneficiamento do fruto (Homma *et al.*, 2020).

No Brasil, o açaí é consumido desde o estabelecimento dos povos originários na região amazônica, mas apenas no século XXI esse consumo passou a abranger todo o país. Atualmente, o Brasil é o maior exportador dos frutos dessa espécie, sendo responsável por cerca de 90% da produção, concentrada principalmente no estado do Pará. Nessa região, a maior parte da produção ocorre nas áreas de várzeas do Rio Tocantins, enquanto no restante do país, destaca-se a produção nas várzeas do Rio Amazonas e em zonas de estuário próximas ao Oceano Atlântico (Vasconcellos, 2023).

Além da produção em várzeas, o açaí também é cultivado em sistema extrativista, cultivo irrigado e cultivo sem irrigação (Medina & Cruz, 2021). Pensando na

produção dessa espécie em terra firme, a Embrapa desenvolveu dois cultivares que já estão em uso, embora ainda não em larga escala, podendo ser estabelecidos como monocultura ou em sistemas agroflorestais (Vasconcelos, 2023).

O clima influencia diretamente a produtividade do açaí, que pode ser cultivado em regiões equatoriais (Afi) e tropicais (Ami e Awi). Nos climas Ami e Awi, a irrigação é essencial durante a estiagem para evitar estresse hídrico. Nos primeiros anos, sistemas de microaspersão ou gotejamento garantem umidade adequada e absorção de nutrientes. A partir do terceiro ano, quando a planta começa a florescer, é recomendável aumentar o volume de água com gotejamento de alta vazão ou aspersão para suprir a maior demanda hídrica da cultura (Nogueira *et al.*, 2005).

Diferentes estudos têm buscado aprimorar as técnicas de irrigação no cultivo do açaí. Em um estudo realizado por Mesquita *et al.* (2022) testaram diferentes tensões de água em irrigação automatizada e encontraram que a tensão de 4 kPa favoreceu o desenvolvimento das mudas, embora sem efeitos significativos no crescimento inicial. O trabalho de Moura *et al.* (2024) sugeriram que o microspray nos primeiros anos pode ser uma solução eficaz e de baixo custo. Além disso, Mauro *et al.* (2018) propuseram um protótipo de irrigação por microaspersão de baixo custo para pequenos produtores. Fóggia *et al.* (2018) indicam o uso de polímeros hidroabsorventes, que retêm até 300 vezes seu peso em água, promovendo o crescimento das mudas.

O período de safra do açaí é influenciado pelo índice pluviométrico, afetando a disponibilidade do fruto e, conseqüentemente, a produção e os preços. Mudanças no regime de chuvas, como estiagens severas ou chuvas irregulares, podem comprometer a produção e tornar a oferta instável. Isso impacta não apenas os preços, mas também a segurança econômica dos produtores, que dependem da regularidade das safras para manter sua renda (Vasconcelos, 2023).

Diante desses desafios, avanços tecnológicos na colheita têm sido fundamentais para aumentar a eficiência e reduzir os riscos envolvidos, garantindo maior produtividade independentemente das condições climáticas. Tradicionalmente, os coletores utilizavam a "peconha" para escalar as palmeiras, porém, desde a década de 1980, foram desenvolvidas varas colhedoras equipadas com lâminas e recipientes para minimizar perdas, com destaque para a Embrapa e inventores como Dorival Costa Carvalho e Noboru Takakura. Com a expansão do cultivo em terra firme, a mecanização tem se fortalecido. Métodos como o uso de tratores e varas telescópicas permitem a colheita dos frutos sem a necessidade de escalada, aumentando a produtividade e reduzindo os riscos

aos trabalhadores. Apesar dos avanços, desafios persistem, como a ausência de equipamentos de proteção adequados, a exposição a acidentes e a contaminação dos frutos por *Salmonella* e coliformes fecais, ressaltando a necessidade de maior rigor sanitário (Vasconcelos et al., 2006).

Além disso, a cadeia produtiva do açaí é composta por diversos intermediários, como extrativistas, atravessadores, cooperativas, indústrias de processamento, distribuidores e varejistas, o que eleva o preço final do produto. Esse processo reduz a margem de lucro dos produtores e pode dificultar o acesso do consumidor a um preço competitivo. Além disso, a dependência de intermediários resulta em uma distribuição desigual dos ganhos. Os elos finais da cadeia geralmente obtêm maior benefício, enquanto os produtores enfrentam desafios logísticos e operacionais para comercializar diretamente. Isso evidencia a necessidade de estratégias que valorizem a participação dos produtores no mercado (Medina & Cruz, 2021).

Apesar de apresentar um custo mais elevado em relação a outras frutas convencionais, seu alto valor agregado e benefícios nutricionais garantem a atratividade da cultura. Esse cenário favorável reflete diretamente no crescimento expressivo do mercado do açaí, impulsionado pelo aumento da demanda por seus derivados, como polpas, sucos e sorvetes.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o cultivo de *Euterpe oleracea* no Brasil se destaca como uma alternativa viável para a produção de frutos, combinando benefícios econômicos e ambientais. Sua adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima, aliada a práticas de manejo adequadas, permite a expansão do plantio tanto em áreas de várzea quanto em terra firme. Além disso, o curto ciclo de produção e a alta demanda pelo fruto tornam o açaí uma cultura promissora para os produtores locais. Esse estudo contribui ao fornecer informações técnicas que auxiliam na implantação e no manejo eficiente da cultura, favorecendo sua consolidação no estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AURÉLIO. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2020.

FARIAS NETO, J. T. Manejo sustentável de açazais em terra firme no Maranhão. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 67-80, 2023.

HOMMA, A. K. O. *et al.* Açai: novos desafios e tendências. **Amazônia: ciência & desenvolvimento**, v. 1, n. 2, p. 7-23, 2006.

IBÁ - **Indústria Brasileira de Árvores**. *Relatório Anual 2024*. São Paulo, 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS 2009. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2009_v24_br.pdf. Acesso em: 20 mar. 2025.

MEDINA, G. da S.; CRUZ, J. E. Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas-V. 5. **Goiania: Goiânia/Kelps**, v. 390, 2021.

MESQUITA, Daniel Zimmermann *et al.* Crescimento inicial de cultivares de Açai com irrigação automatizada Initial growth of Açai cultivars with automated irrigation. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 8354-8372, 2022.

MOURA, Rodolfo de Lima *et al.* EMISSORES DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA (MICROSPRAY E BAILARINA) NO CULTIVO DE AÇAÍ DE TERRA FIRME. 2024.

NOGUEIRA, O. L. *et al.* **A Cultura do açai**. Brasília: Embrapa/Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, 1995. 50p. (Coleção plantar, 26).

OLIVEIRA, L. R. C.; FILHO, M. R. S. da. Comercialização dos frutos de juçara (*Euterpe oleracea*): uma alternativa de renda e de preservação da sociobiodiversidade em Morros/MA. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

SILVA, J. P. *et al.* Potencial de uso tecnológico das espécies vegetais encontradas nas áreas de restinga do Maranhão. **Revista Geospacial**, v. 4, n. 2, p. 45-58, 2023.

SILVA, J. R.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA, L. A.; COSTA, P. N. A silvicultura e o manejo florestal no Brasil: avanços e desafios. **Revista Brasileira de Ciências Florestais**, v. 10, n. 2, p. 123-135, 2020.

SILVA, R. F.; MENDES, A. M.; CARVALHO, J. P.; LIMA, S. O. Distribuição natural e importância econômica do açai (*Euterpe oleracea*) no Brasil. **Revista de Botânica Aplicada**, v. 15, n. 3, p. 89-102, 2012.

VASCONCELOS, M. A. M., GALEÃO, R. R., CARVALHO, A. V., NASCIMENTO, V. Práticas de colheita e manuseio do açai. **Embrapa Amazônia Oriental**. Documentos, 251. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

VASCONCELLOS, M. B. de G. Bioeconomia e o mercado dos produtos florestais não madeireiros: desafios e possibilidades. **Sao Paulo: Synergia Consultoria**, v. 5, p. 74-99, 2023.

Análise da vibração ocupacional de corpo inteiro na extração mecanizada de madeira com diferentes tipos de *grapple skidder*.

Analysis of occupational whole-body vibration in mechanized wood extraction with different types of grapple skidder.

MIRANDA, Erikson Leonardo Santos de¹; LIMA, Roldão Carlos Andrade¹;
CONEGLIAN, Ademilson¹; MINETTE, Luciano José²; LIMA, Cássio Furtado²;
SCHETTINO, Stanley³;

¹ Universidade Estadual de Goiás (UEG), erikson@aluno.ueg.br, roldao.carlos@ueg.br, coneglian@ueg.br; ² Universidade Federal de Viçosa (UFV), minette@ufv.br, cassio.furtado@ufv.br; ³ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), schettino@ufmg.br

Eixo Temático: Meio ambiente

Resumo

As atividades de extração mecanizada de madeira em áreas florestais expõem os operadores de *grapple skidders* a terrenos irregulares, com obstáculos como resíduos florestais e tocos, podendo comprometer sua saúde ocupacional. Este estudo analisou se os níveis de vibração de corpo inteiro transmitidos por *grapple skidders* durante a extração mecanizada de madeira em florestas plantadas de *Eucalyptus* ultrapassam os limites estabelecidos para prevenção de riscos. Para isso, foram avaliados dois *grapple skidders*, com coleta de dados ao longo de uma hora e análise conforme os critérios da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* e ISO 2631-5. Os resultados indicaram que, em ambas as máquinas, a exposição diária de 8 horas superou o nível de ação, e o VDV (Valor de Dose de Vibração) excedeu o limite de exposição, classificando a atividade como insalubre e evidenciando a necessidade de medidas de controle preventivas.

Palavras-chave: Operações florestais; Colheita de madeira; Segurança ocupacional; Ergonomia.

Keywords: *Forestry operations; Wood harvesting; Occupational safety; Ergonomics.*

INTRODUÇÃO

A exposição prolongada à vibração de corpo inteiro em trabalhadores do setor florestal representa um desafio ergonômico decorrente da mecanização das operações. As máquinas florestais autopropelidas utilizadas na colheita de madeira operam em terrenos irregulares e demandam elevada força motriz para a realização do trabalho, o que pode resultar na transmissão de vibrações aos operadores em níveis superiores aos recomendados por normas regulamentadoras. Diante desse cenário, torna-se essencial a análise da vibração ocupacional gerada por essas máquinas em condições reais de trabalho, visando à proteção da saúde dos trabalhadores.

A mecanização das operações florestais é um fator determinante para a eficiência do processo produtivo, considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e ergonômicos. A colheita de madeira, etapa final do ciclo produtivo, engloba atividades como planejamento, derrubada, processamento e extração da madeira do talhão até a

margem da estrada florestal, onde é carregada para transporte até a unidade fabril (Zhao *et al.*, 2022). A escolha do sistema de colheita varia conforme o nível de mecanização, a finalidade da madeira, as características das árvores, as condições do terreno, o clima, a estrutura da empresa e a disponibilidade de mão de obra qualificada (Rocha, *et al.*, 2022).

Dentre os sistemas de colheita, destaca-se o *full tree*, no qual as árvores inteiras são cortadas e arrastadas até a área de processamento, localizada na margem da estrada florestal (Sessions; Wimer, 2022). O *grapple skidder*, máquina articulada equipada com pneus e uma garra de acoplamento, é amplamente utilizado para a extração da madeira nesse sistema. Entretanto, a operação dessa máquina ocorre em ambientes adversos, caracterizados por resíduos florestais, tocos, terrenos íngremes e pedregosos, o que expõe os operadores a riscos ocupacionais significativos (Miyajima *et al.*, 2020).

A extração mecanizada de madeira é considerada uma atividade de alto risco para os trabalhadores, pois a exposição contínua a fatores ergonômicos adversos pode levar ao desenvolvimento de problemas biomecânicos, lesões por esforço repetitivo, distúrbios osteomusculares, além de impactos relacionados ao ruído e à vibração mecânica. Entre esses agentes de risco, a vibração de corpo inteiro se destaca como um fator crítico (Lima *et al.*, 2023).

A vibração mecânica pode ser definida como um movimento oscilatório repetitivo que ocorre devido a forças desequilibradas em componentes rotativos ou movimentos alternados de uma máquina ou equipamento. Quando os níveis de vibração ultrapassam os limites estabelecidos por normas de segurança, podem desencadear uma série de problemas ocupacionais, incluindo fadiga, insônia, dores de cabeça, tremores, desconforto na região cervical e lombar, além da redução na atenção dos operadores (Liu; Griffin, 2018).

Entre os principais tipos de vibração, a vibração de corpo inteiro se caracteriza pela transmissão desse agente físico ao trabalhador nos três eixos ortogonais (x, y e z), afetando indivíduos que desempenham suas funções em posição sentada, deitada ou em pé. No contexto da colheita florestal, a operação do *grapple skidder* representa uma das principais fontes geradoras desse tipo de vibração (Krajnak, 2018).

Diante dessa realidade, o presente estudo teve como objetivo analisar os níveis de vibração de corpo inteiro transmitidos por diferentes tipos de *grapple skidders* durante a extração mecanizada de madeira em florestas plantadas de *Eucalyptus*.

METODOLOGIA

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Medicina – Câmpus de Botucatu, conforme Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 25739519.1.0000.5411. Todos os operadores participaram voluntariamente, com a coleta de dados autorizada por meio da leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O estudo foi realizado em áreas de colheita mecanizada de madeira em florestas plantadas de *Eucalyptus*. As árvores possuíam espaçamento de 3,500 m × 3,300 m, idade média de 5,9 anos (segunda rotação) e conduzidas sob regime de alto fuste. Os indivíduos apresentavam diâmetro médio à altura do peito (DAP) de 14,000 cm, altura média de 17,800 m e volume médio individual (VMI) de 0,170 m³. Os talhões avaliados situavam-se em terrenos de relevo plano, com declividade entre 0,000% e 3,000%.

A floresta estava localizada no estado do Tocantins e destinava sua madeira para produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica. O sistema de colheita adotado é o *full tree*, com extração realizada por arraste utilizando *grapple skidders*. Para a análise, foram avaliados dois operadores desse equipamento, ambos do sexo masculino, com idade média de 39 anos. As especificações técnicas dos *grapple skidders* estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Especificações técnicas e operacionais dos *grapple skidders* avaliados.

Máquina	Representação Gráfica	Marca	Modelo	Potência	Horímetro	Produtividade
SK1		Caterpillar	545 D	186 kW	15.526	80,500 m ³ .h ⁻¹
SK2		John Deere	948 L	210 kW	24.257	114,750 m ³ .h ⁻¹

A avaliação da vibração de corpo inteiro transmitidas aos operadores foi mensurada por meio de um acelerômetro triaxial, fixado nos assentos das máquinas florestais autopropelidas, com medições realizadas com duração de uma hora. Assim, obteve-se a exposição diária extrapolada para 8 horas ($a_{wl}(8)$) e Valor de Dose de Vibração (VDV), mensurados em metros por segundo *root mean square* (m.s⁻² rms).

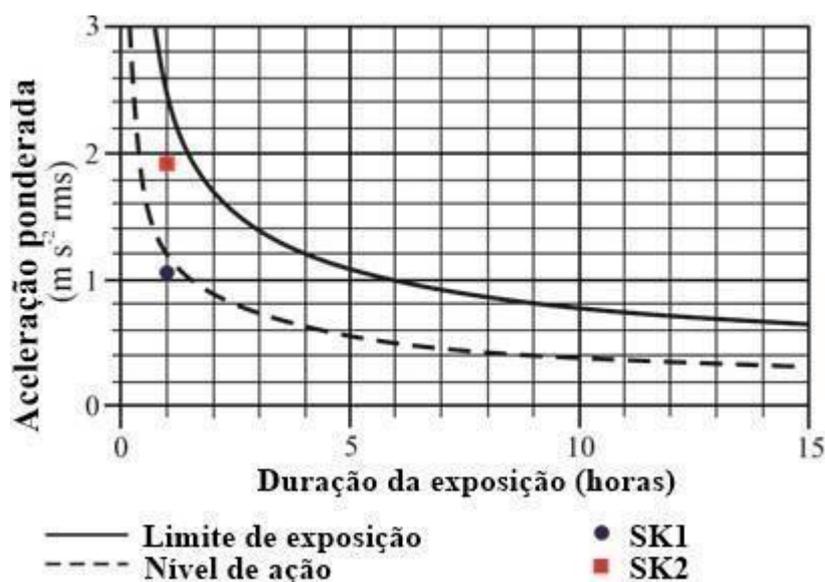
Os dados obtidos foram analisados com base na diretriz da *American Conference of Government Industrial Hygienists* (2021), que estabelece níveis de ação e limites de

exposição para agentes físicos e biológicos, bem como a *International Organization for Standardization* (2018) ISO 2631-5, que aborda a exposição humana a múltiplos choques mecânicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das acelerações nos três eixos ortogonais revelou valores de $1,070 \text{ m.s}^{-2}$ rms e $1,820 \text{ m.s}^{-2}$ rms para o SK1 e SK2, respectivamente. Considerando um período de medição de uma hora, os resultados indicaram que as vibrações no SK1 permaneceram abaixo do limite de exposição ($0,870 \text{ m.s}^{-2}$ rms) e do nível de ação ($0,430 \text{ m.s}^{-2}$ rms), conforme estabelecido pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*. No entanto, o SK2 apresentou uma aceleração superior ao nível de ação, porém abaixo do limite de exposição (Figura 1).

Figura 1. Limite de exposição e Nível de ação de vibração de corpo inteiro associados à duração da exposição e aceleração ponderada de diferentes *grapple skidders*.



O nível de ação representa um nível de alerta, antecipando possíveis riscos à saúde dos operadores quando a exposição se aproxima do limite de exposição. O trabalho contínuo acima desses limites pode resultar em doenças ocupacionais, como alterações neuromusculares, distúrbios cardiovasculares, comprometimento cognitivo, sintomas gastrointestinais, lesões musculoesqueléticas, etc. (Wong; Figueroa, 2019).

Portanto, medidas mitigadoras devem ser adotadas para reduzir a transmissão da vibração de corpo inteiro aos operadores das máquinas florestais autopropelidas.

Estratégias como ajustes ergonômicos nos assentos, manutenção preventiva e revezamento operacional podem minimizar esses efeitos (Oliveira *et al.*, 2020).

Os valores obtidos para a exposição diária de 8 horas ($a_{wI}(8)$) e Valor de Dose de Vibração (VDV) estão apresentados na Tabela 2. Esses resultados destacam a necessidade de monitoramento contínuo da vibração ocupacional e a implementação de medidas de controle para garantir a segurança e saúde dos operadores de máquinas florestais autopropelidas.

Tabela 2. Exposição diária de 8 horas e Valor de Dose de Vibração para os *grapple skidders* avaliados.

Máquina	$a_{wI}(8)$ m.s ⁻² rms	VDV (m.s ^{-1,75})
SK1	0,464	28,900
SK2	0,523	36,700

Ao considerar os valores extrapolados para uma exposição diária de 8 horas, ambos os *grapple skidders* não ultrapassaram o limite de exposição de 0,870 m.s⁻² rms. No entanto, os valores medidos excederam o nível de ação de 0,430 m.s⁻² rms, indicando a necessidade de ações preventivas para evitar a progressão dos impactos negativos da vibração sobre os operadores.

Além disso, o Valor de Dose de Vibração (VDV) registrado superou o limite de 17,000 m.s^{-1,75}, recomendado para atividades seguras conforme ISO 2631-1. O VDV é um critério mais rigoroso, pois considera o acúmulo das vibrações ao longo do tempo, diferentemente da média simples da exposição diária. Dessa forma, os valores elevados obtidos indicam que a atividade pode ser classificada como insalubre.

Para mitigar esse risco, medidas corretivas devem ser implementadas com urgência, incluindo aumento da frequência de pausas durante o turno de trabalho, uso de assentos com melhor absorção de vibração, treinamento dos operadores para adoção de posturas que reduzam a transmissão das vibrações, além de possível substituição das máquinas por modelos mais novos ou com melhor isolamento de vibração (Gochevski; Krstev, 2018).

CONCLUSÕES

Em ambos os *grapple skidders* avaliados, a exposição diária de 8 horas superou o nível de ação preconizado pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, representando um nível de alerta para antecipação de possíveis riscos à saúde

dos operadores. O Valor de Dose de Vibração excedeu o limite de exposição para ambas as máquinas, classificando a atividade como insalubre e evidenciando a necessidade de medidas de controle preventivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENT INDUSTRIAL HYGIENISTS.

Threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. ACGIH, 2021.

GOCHEVSKI, T.; KRSTEV, B. Comparative analysis for the exposure of workers to vibrations in forestry and agriculture. **Forest Review**, v. 49, n. 1, p. 1–5, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631-5:2018: Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.** ISO, 2018.

KRAJNAK, K. Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B**, v. 21, n. 5, p. 320–334, 2018.

LIMA, R. C. A. *et al.* Measurement Time in the Evaluation of Whole-Body Vibration: The Case of Mechanized Wood Extraction with Grapple Skidder. **Forests**, v. 14, n. 8, p. 1–12, 2023.

LIU, C.; GRIFFIN, M. J. Measuring vibration-induced variations in pressures between the human body and a seat. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 67, n. 1, p. 274–282, 2018.

MIYAJIMA, R. H. *et al.* Eucalyptus extraction with grapple skidder: operational productivity approach and production costs. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 128, p. 1–13, 2020.

OLIVEIRA, F. M. *et al.* Indicator for urgency assessment in ergonomic intervention of wood harvesting machines. **Revista Árvore**, v. 44, p. 1–10, 2020.

ROCHA, Q. S. *et al.* Economic viability of the whole tree harvest under conditions of uncertainty: a study in southeastern Brazil. **International Journal of Forest Engineering**, v. 33, n. 1, p. 1–8, 2022.

SESSIONS, J.; WIMER, J. A mobility model for a tethered skidder. **International Journal of Forest Engineering**, v. 33, n. 3, p. 1–6, 2022.

WONG, A.; FIGUEROA, A. Effects of whole-body vibration on heart rate variability: acute responses and training adaptations. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 39, n. 2, p. 115–121, 2019.

ZHAO, F. *et al.* Monthly mapping of forest harvesting using dense time series Sentinel-1 SAR imagery and deep learning. **Remote Sensing of Environment**, v. 269, n. 112822, p. 1–18, 2022.

Análise química de óleo diesel utilizado na colheita florestal *Chemical analysis of diesel oil used in forest harvesting*

PERFEITO, Daniella Martins¹; VELOSO, Anne Caroline Guimarães¹; LIMA, Roldão Carlos Andrade¹; MACHADO, Amanda Rezende¹; GUSMÃO, Franthesco Pires¹; COUTINHO, Maria Eduarda¹.

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG), daniella.perfeito@aluno.ueg.br; anne.veloso@ueg.br; roldao.carlos@ueg.br; amanda.machado@aluno.ueg.br; franthesco@aluno.ueg.br; maria.coutinho@aluno.ueg.br.

Eixo Temático: Meio ambiente

Resumo

A colheita mecanizada é uma etapa central na produção florestal. Tendo em vista que esta é realizada com maquinário específico, cujos gastos com combustível e manutenção representam uma porção considerável dos custos de produção, é estratégico avaliar a qualidade do combustível utilizado, a fim de maximizar o seu desempenho. Neste contexto, este estudo trata da avaliação da qualidade do combustível utilizado em máquinas florestais autopropelidas na colheita mecanizada. A análise foi baseada na densidade do óleo diesel em dois comboios distintos. Os testes indicaram que, ao corrigir a densidade, em kg. m⁻³, para 20°C, o comboio 2 apresentou um valor de 0,8549, enquanto o comboio 1 registrou 0,8493. Isso demonstra que o comboio 2 possui uma densidade maior, o que implica em uma concentração energética superior do combustível. Dessa forma, a pesquisa alcançou resultados satisfatórios, uma vez que ambas as medições estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução ANP nº 894/2022.

Palavras-chave: Densidade; Custo operacional; Mecanização; Combustíveis.

Keywords: Density; Operating cost; Mechanization; Fuels.

INTRODUÇÃO

A colheita florestal mecanizada é um processo composto por diversas etapas que fazem uso de máquinas florestais autopropelidas para realizar o corte, a extração e o processamento da madeira, visando obter a madeira como produto final (Oliveira, 2005). No entanto, essa atividade envolve custos elevados, principalmente devido à aquisição de equipamentos, manutenção e consumo de combustível. Esses fatores afetam diretamente a eficiência operacional no setor florestal, em especial, a qualidade do combustível utilizado nesses maquinários (Araújo; Nunes, 2020).

O consumo de combustível, juntamente com a necessidade de manutenção corretiva, representa uma parcela significativa dos custos operacionais da produção florestal, impactando diretamente a produtividade das máquinas e a rentabilidade do setor (Silva *et al.*, 2020). Um dos principais parâmetros que determinam a qualidade do

combustível é a densidade, uma propriedade intensiva da matéria, definida como a razão entre a massa e o volume do combustível (Atkins; Jones, 2006). Dessa forma, estudos voltados para a análise dessas variáveis são essenciais para otimizar os custos e melhorar a eficiência do processo produtivo.

Além de reduzir os custos na produção florestal, a diminuição do consumo de combustíveis também contribui para a mitigação dos impactos ambientais. Durante a propulsão das máquinas, os combustíveis sofrem uma reação de combustão, que pode ser completa ou incompleta, resultando na formação de diferentes produtos, como água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), fuligem (C) ou monóxido de carbono (CO) (Solomons, 1996).

O CO_2 é um dos gases do efeito estufa, que pode contribuir para o aquecimento global e efeitos climáticos extremos. O CO é tóxico para a saúde humana, podendo, em concentrações elevadas, resultar em perda de consciência ou morte. E a frequente exposição à fuligem está associada a problemas respiratórios e cardiovasculares. Além destes produtos, a combustão resulta em dióxido de enxofre (SO_2), associado à chuva ácida (Pimenta; Martins, 2021). Logo, quanto menor o uso de combustíveis, menos impactos ao meio ambiente e ao trabalhador envolvido na colheita.

Dado o caráter específico das máquinas utilizadas na colheita florestal e o alto custo de sua operação por hora, deslocá-las para postos de abastecimento não é viável. Por esse motivo, o reabastecimento é realizado por meio de caminhões comboio, que têm a função de fornecer combustível e outros insumos, como óleos lubrificantes, diretamente no local das operações (Pescador, 2013; Rudek, 2015).

Entretanto, é fundamental considerar os riscos de contaminação do combustível, que podem ocorrer devido à presença de água, microrganismos, micropartículas de oxigênio ou misturas inadequadas de combustíveis. Esses contaminantes podem gerar diversos problemas nas máquinas florestais, resultando na redução da produtividade e no aumento dos custos com reparos e manutenção (Bucker, 2009; Lobo, 2021).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar, a nível de estudo piloto, a qualidade do combustível utilizado em máquinas florestais autopropelidas na colheita mecanizada de madeira, por meio da avaliação da densidade do óleo diesel.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma floresta plantada de *Eucalyptus*, na região Sudeste do Brasil, caracterizada por um clima com temperaturas mais elevadas entre os meses de outubro e março, período correspondente ao verão, enquanto os meses de abril a setembro apresentam temperaturas mais baixas, compondo o inverno (Alvares *et al.*, 2013).

A colheita florestal foi realizada pelo sistema *full tree*, também denominado sistema de toras longas. Nesse processo, o corte das árvores foi feito por uma máquina florestal autopropelida chamada *Feller Buncher*, a extração da madeira ocorreu por meio do *Grapple Skidder*, e o processamento das toras foi executado utilizando o *Grapple Saw*.

O abastecimento das máquinas florestais foi realizado por dois caminhões comboio, cada um proveniente de um fornecedor distinto de óleo diesel S500. As características desses veículos são as seguintes: Caminhão Comboio 1: Volkswagen Worker 17229. Caminhão Comboio 2: Volkswagen 26280.

Para a avaliação da qualidade do óleo diesel, foram utilizados os seguintes equipamentos: uma proveta com capacidade de 1.000 ml, um densímetro calibrado para combustíveis derivados de petróleo e um termômetro de mercúrio.

A coleta do combustível foi realizada diretamente das bombas de abastecimento de cada caminhão comboio e armazenada temporariamente em um recipiente aferidor. Em seguida, o diesel foi transferido para a proveta de 1.000 ml, na qual o termômetro de mercúrio foi inserido para medição da temperatura. Durante esse processo, a amostra foi continuamente agitada para garantir a estabilização térmica.

O densímetro foi cuidadosamente introduzido no líquido, realizando um movimento circular para evitar contato com as paredes da proveta, permitindo que ele atingisse o equilíbrio e flutuasse livremente. A medição da densidade foi realizada utilizando a escala graduada do densímetro, enquanto a temperatura foi determinada por meio do termômetro de mercúrio. Posteriormente, os valores obtidos foram ajustados para 20°C, conforme os critérios estabelecidos pela Resolução ANP nº 894/2022.

O estudo caracterizou-se como um estudo piloto, com coleta única de dados realizada no dia do recebimento do diesel, o que impossibilitou a avaliação da variabilidade entre diferentes remessas ou ao longo do tempo. Além disso, foi conduzido de forma qualitativa, sem repetições ou análises estatísticas. No entanto, a análise seguiu

os critérios estabelecidos pela Resolução ANP nº 894/2022, garantindo que as medições realizadas estivessem dentro dos parâmetros normativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de densidade obtidos no teste com o diesel, realizado para os comboios 1 e 2.

Tabela 1: Densidade do óleo diesel aplicado em máquinas de colheita mecanizada de madeira

Tratamento	Densidade observada (kg. m ⁻³)	Temperatura observada (°C)	Densidade corrigida para 20°C (kg. m ⁻³)
Comboio 1	0,843	29,5	0,8493
Comboio 2	0,849	29	0,8549

Observou-se que a densidade corrigida para 20°C no comboio 2 foi de 0,8549 kg.m⁻³, enquanto no comboio 1 a densidade foi de 0,8493 kg.m⁻³. Esses dados indicam que o comboio 2 apresentou uma densidade levemente superior, sugerindo uma maior concentração de energia no óleo diesel, o que pode resultar em maior produtividade e eficiência no desempenho das máquinas florestais autopropelidas.

A Resolução ANP nº 894/2022 define os requisitos e critérios de qualidade para o óleo diesel comercializado no Brasil. Em relação à densidade, a norma estipula que o óleo diesel deve ter uma densidade corrigida para 20°C entre 0,820 e 0,880 kg.m⁻³. Com isso, os combustíveis utilizados nos dois comboios, provenientes de fornecedores distintos, estão dentro dos padrões estabelecidos (Fernandes; Leite, 2001).

A eficiência energética, ou global, pode ser entendida como o índice de aproveitamento da energia que é fornecida ao motor, ou seja, a proporção de energia convertida em trabalho útil, como potência elétrica. Portanto, a densidade adequada do combustível está diretamente relacionada à quantidade de energia disponível para a combustão no motor (Heywood, 1988).

A densidade do óleo diesel impacta diretamente o consumo de combustível, que é um dos principais componentes do custo operacional das máquinas. Além disso, a

densidade também serve como um indicativo da eficiência no processo de conversão de energia no sistema mecanizado de colheita (Fernandes; Leite, 2001).

Mesmo pequenas variações de densidade podem ter impacto no desempenho dos equipamentos, mas, sem uma análise estatística e uma amostragem mais ampla, não é possível afirmar com segurança se essa diferença é relevante do ponto de vista operacional. Portanto, futuros estudos serão realizados considerando coletas em diferentes períodos e com análises estatísticas para uma conclusão mais robusta sobre a influência da densidade do diesel na eficiência energética dos maquinários.

CONCLUSÕES

Os testes indicaram que, para ambos os comboios, o valor da densidade apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pela ANP. O comboio 2 apresentou o maior valor de densidade, sendo considerado como melhor opção para uso. A análise da densidade é um parâmetro importante na análise da qualidade de combustíveis. Trabalhos futuros serão realizados ampliando o estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). Resolução ANP nº 894, de 18 de novembro de 2022. Estabelece os coeficientes de correção da densidade (massa específica) e do volume dos derivados de petróleo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 nov. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-anp-n-894-de-18-de-novembro-de-2022-445345667>. Acesso em: 08 março 2023.

ALVARES, C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Metereologische Zeitschrift**. Stuttgart, Jan. 2013. p. 712.

ARAÚJO, M. C. Q.; NUNES, I, L. Segurança do trabalho nas operações de colheita e transporte florestal. **SIF - Sociedade de Investigações Florestais**, 2020. Disponível em: <https://sif.org.br/2020/11/seguranca-do-trabalho-nas-operacoes-de-colheita-e-transporte-florestal/>. Acesso em: 08 março 2023.

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BUCKER, F. **Biodeterioração de misturas de diesel e biodiesel e seu controle com biocidas**. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FERNANDES, H. C.; LEITE, A. M. P. Proposta de uma metodologia para ensaio de máquinas colhedoras de madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro. **Anais** [...]. Viçosa, MG: SIF/UFV, 2001. p.227-239.

HEYWOOD, J. B. **Internal combustion engines Fundamentals**. New York: McGraw-Hill, 1988. 897p.

LOBO, M. T. Contaminação causa danos no sistema de injeção - Parte III. **Revista Lubes em Foco**, Rio de Janeiro, setembro, 2021. Disponível em: <https://portallubes.com.br/2021/09/danos-no-sistema-de-injecao/#>. Acesso em: 03 março 2025.

OLIVEIRA JR, E. D. **Análise energética de dois sistemas de colheita mecanizada de Eucalipto**. 2005. 92 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais: Silvicultura e Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2005.

PESCADOR, C. M. M., et al. Segurança do trabalho na colheita florestal: Resultados iniciais. **Ambiência Guarapuava**, Paraná, v. 9 n.2 p. 397 - 410. Maio/Ago, 2013.

PIMENTA, M. V.; MARTINS, M. M. Combustíveis marítimos alternativos: relevância e viabilidade. **Revista de direitos e negócios internacionais da da Maritme Law Academy**, v. 1, n. 2, p. 32–53, 2021.

RUDEK, A. **Planejamento de colheita de madeira em região montanhosa com uso de modelagem espacial e programação linear inteira**. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Paraná, 2015.

SILVA, A. A. et al. Indicador eficiência global de Máquinas Florestais (EGMF) na gestão do corte florestal. **Scientia Forestalis**, p 50, 2020.

SOLOMONS T.W.G. **Química Orgânica**. v.1. Rio de Janeiro: L.T.C. 1996.

Biorremediação de solo e água contaminados: uma revisão bibliográfica

Bioremediation of contaminated soil and water: a literature review

SOUZA, Argel Costa¹; GOMES, Gabriele Silva²; Railton Oliveira³; SANTOS, Rafael Silva dos⁴; ARAÚJO, Daniel Brito⁵; SILVA, Camylle Vieira Brito da⁶; RAABE, Joabel⁷; SCHNEIDER, Chaiane Rodrigues⁸; ANGELO, Dalton Henrique⁹

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, argelsouza1@gmail.com;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, gabriele.gomz@gmail.com;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, railtonmorais1@gmail.com;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, contatorafaelsilva14@gmail.com;

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, daniel.araujo@uemasul.edu.br;

⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, camylle.silva@uemasul.edu.br;

⁷ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br;

⁸ Universidade Estadual do Pará – UEPA, chaiane.r.schneider@uepa.br

⁹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, dalton_florestal@outlook.com

Eixo Temático: Biomateriais e Bioeconomia

RESUMO

A biorremediação é uma técnica promissora para descontaminar solos e águas poluídas, utilizando processos biológicos para degradar ou remover substâncias tóxicas. Pode ser aplicado *in situ* ou *ex situ*, dependendo do local contaminado. Sua eficácia depende de fatores como nutrientes, oxigênio e microrganismos biodegradáveis. Este estudo revisa avanços, aplicações e desafios da biorremediação, destacando a importância da caracterização do poluente e do ambiente afetado. Também discute custos de remoção de solos contaminados e dificuldades na catálise enzimática. Além disso, aborda inovações como biossurfactantes microbianos e nanobiorremediação. Conclui-se que, apesar das limitações, a biorremediação é uma solução ecológica e econômica para restaurar ecossistemas degradados, sendo essencial para a sustentabilidade ambiental a longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Ecossistemas degradados; Ambiente poluído; Sustentabilidade ambiental.

INTRODUÇÃO

A biorremediação é um método de remediação ambiental que envolve a aplicação de processos biológicos para degradar ou remover substâncias tóxicas ou poluentes em ambientes contaminados. Essa abordagem tem sido considerada uma alternativa viável e ecologicamente correta para a descontaminação de solos e águas, pois não altera o equilíbrio dos ecossistemas e visa apenas à biodegradação dos compostos poluentes (Andrade; Augusto; Jardim, 2010).

A biorremediação pode ser realizada de forma *in situ*, no próprio local da contaminação, ou *ex situ*, com a remoção do contaminante para outro ambiente. Em ambos os casos, é necessária uma caracterização detalhada do tipo e quantidade do poluente, bem como avaliações biológicas, geológicas, geofísicas e hidrológicas do sítio contaminado (Carneiro; Gariglio, 2011).

A eficácia da biorremediação depende de fatores como a presença de nutrientes e oxigênio, a estrutura química do contaminante e a presença de microrganismos biodegradadores. Além disso, a biorremediação intrínseca, que se baseia na monitoração da capacidade de biodegradação dos microrganismos nativos, tem sido considerada uma opção eficaz para a remediação de solos contaminados com petróleo e seus derivados (Mariano *et al.*, 2007).

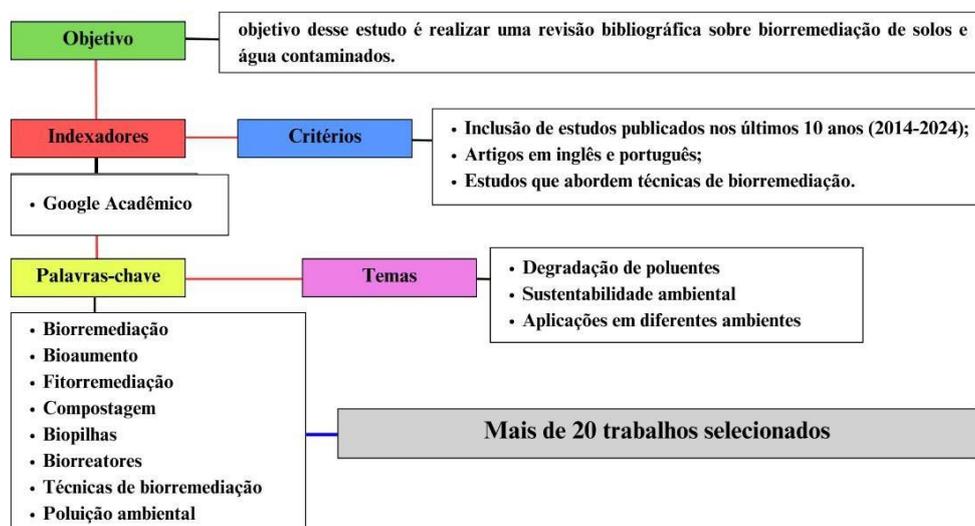
No entanto, a biorremediação também apresenta desafios e limitações, como a necessidade de escavação e remoção do solo contaminado para outro local, o que eleva os custos do tratamento. Além disso, a biorremediação pode ser afetada pela presença de grupos químicos na estrutura molecular do contaminante, que podem dificultar a catálise enzimática (França; Muteca; Oliveira, 2015).

Sob essa ótica, é notório a importância e relevância dessa temática para o meio científico e por meio deste o objetivo desse estudo é realizar uma revisão bibliográfica sobre biorremediação de solos e água contaminados.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este trabalho foi baseada em uma revisão bibliográfica de artigos científicos e livros sobre a biorremediação de solos contaminados. As fontes utilizadas para esta revisão bibliográfica incluíram-se artigos científicos publicados em periódicos especializados, livros e capítulos de livros sobre a biorremediação de solos e água contaminados (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de execução da revisão bibliográfica.



Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biorremediação é uma alternativa promissora na descontaminação dos ambientes aquáticos e terrestres. Sua grande aplicabilidade é devida a existência de milhares de microrganismos com capacidade de degradação. No entanto, os custos de projeto e instalação de equipamentos para ativação microbiana devem ser considerados.

A biorremediação *ex situ* envolve a remoção de solo ou água contaminados de seu local original para tratamento. Já a biorremediação *in situ* trata os contaminantes diretamente no local da poluição com o mínimo de perturbação (Mahanayak, 2024). Dentre as técnicas de biorremediação *in situ*, destacam-se fitorremediação, bioaumento, bioventilação e bioslurping, já as técnicas *ex situ* incluem compostagem, biopilhas, biorreatores e landfarming, amplamente utilizados para reduzir a toxicidade de contaminantes em diferentes ambientes (Kumar *et al.*, 2022).

O bioaumento consiste na adição de microrganismos específicos para intensificar a manipulação de contaminantes, convertendo-os em compostos menos contratados e auxiliando na purificação do meio ambiente (Piai *et al.*, 2022). Essa técnica tem sido bem-sucedida em estações de tratamento de águas residuais, onde microrganismos do lodo ativados eliminam contaminantes biológicos (Herrero; Stuckey, 2015).

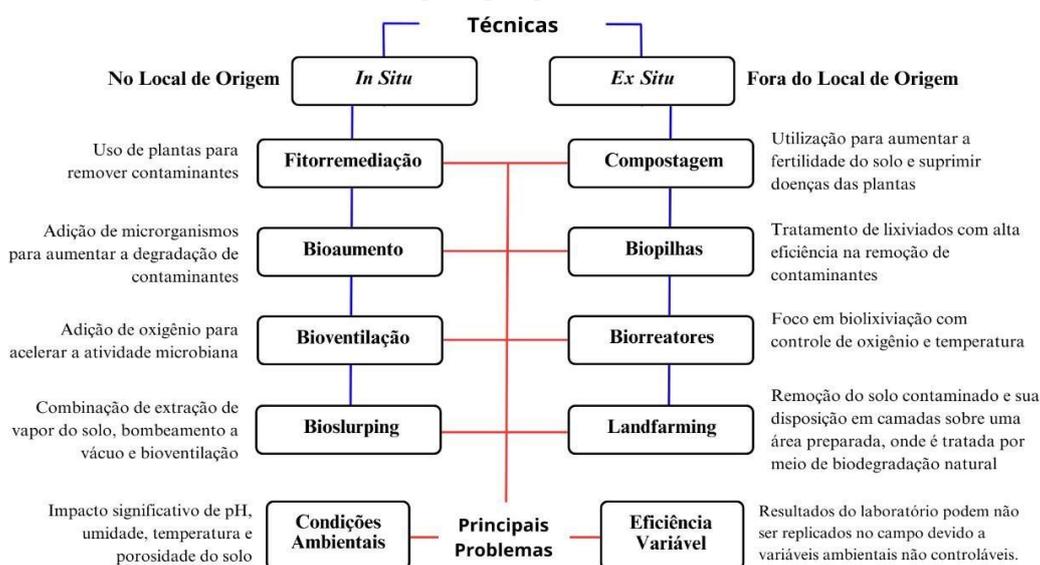
A bioventilação consiste na injeção de oxigênio em áreas com baixa disponibilidade, acelerando a atividade microbiana e promovendo a manipulação dos poluentes (Philp; Atlas, 2005). Embora promissora, esta técnica enfrenta desafios em aplicações reais devido à dificuldade de replicar as condições laboratoriais no campo (Höhener; Ponsin, 2014).

O bioslurping combina proteção de vapor do solo, bombeamento a vácuo e bioventilação para remediar solos e águas subterrâneas, promovendo a biodegradação de contaminantes (Gidarakos; Aivalioti, 2007). Essa técnica é especialmente útil na remoção de líquidos de fase não úmidos e compostos orgânicos voláteis e semivoláteis (Azubuike; Chikere; Okpokwasili, 2016).

A fitorremediação, por sua vez, utiliza interações planta-somente para atenuar impurezas, com diferentes mecanismos dependendo do tipo de contaminante, como rizorremediação para toxinas orgânicas e remoção para metais pesados (Roy *et al.*, 2024). Além disso, a compostagem destaca-se na biorremediação pela capacidade de aumentar a fertilidade do solo, reduzir a erosão e suprimir doenças, além de ser eficiente na remoção de contaminantes como o diesel (Akhtar *et al.*, 2023).

As biopilhas e os biorreatores também são técnicas relevantes: as biopilhas tratam lixiviados por processos biológicos (Bautista-Ramírez, 2018), enquanto os biorreatores otimizam a biolixiviação, controlando a injeção de ar e a temperatura para favorecer atividades microbianas (Cruz *et al.*, 2017). Outra técnica, a landfarming ou “agricultura de terras” tem sido aplicada com sucesso para tratar sedimentos dragados frescos e fitorremediados, reduzindo a contaminação orgânica e aumentando a atividade microbiana. Esse processo pode transformar sedimentos em valiosos substratos agronômicos (Macci *et al.*, 2021).

Figura 2. Técnicas de biorremediação e os principais problemas.



Fonte: Autores (2024).

A biorremediação, conforme discutido em vários artigos de pesquisa, oferece aplicações versáteis em vários ambientes para a remoção de contaminantes. É empregado no solo, na água e no ar para degradar ou transformar poluentes como metais pesados, hidrocarbonetos, pesticidas e compostos orgânicos tóxicos em formas menos prejudiciais (Luka; Highina; Zubairu, 2022). No solo, a biorremediação pode mitigar os impactos dos poluentes industriais e agrícolas, preservando a fertilidade do solo e a biodiversidade (Bones; Flach; Da Rosa, 2023).

Na água, auxilia na remoção de produtos químicos perigosos, melhorando a qualidade da água e os serviços ecossistêmicos (Macaulay; Rees, 2014). Além disso, a biorremediação é eficaz no tratamento de derrames de petróleo, oferecendo uma solução amigável ao ambiente e econômica para a limpeza de locais contaminados (Bandyopadhyay; Rana; Maiti, 2023).

CONCLUSÕES

A biorremediação é uma tecnologia eficiente, métodos como bioaumento, bioventilação, bioslurping, compostagem e fitorremediação já obtiveram sucesso na recuperação de solos, águas e efluentes contaminados. Apesar dos desafios, avanços como biossurfactantes microbianos, nanobiorremediação e imobilização de enzimas aprimoram sua eficácia e soluções. Com o desenvolvimento contínuo de novas técnicas, a biorremediação se fortalece como uma solução essencial para a restauração de ecossistemas e a promoção da sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKHTAR, S.; MOHSIN, A.; RIAZ, A.; MOHSIN, F. *Worldwide Efficiency of Bioremediation Techniques for Organic Pollutants in Soil: A Brief Review*. **Geosfera Indonesia**, v. 8, n. 1, p. 102-116, 2023.
- ANDRADE, J. C. S.; AUGUSTO, L. F.; JARDIM, W. F. Biorremediação de solos contaminados com petróleo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34(3), 931-942, 2010.
- AZUBUIKE, C. C.; CHIKERE, C. B.; OKPOKWASILI, G. C. Bioremediation techniques classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 32(11), 180, 2016.
- BANDYOPADHYAY, S.; RANA, V.; MAITI, S. K. *Application of Bioremediation for Environmental Clean-Up: Issues, Recent Developments, and the Way Forward*. **Genomics Approach to Bioremediation: Principles, Tools, and Emerging Technologies**, p. 1-15, 2023.
- BAUTISTA-RAMÍREZ, J.A. *et al.* Biorreactor empacado con materiales estabilizados (BEME), como pretratamiento para lixiviados de rellenos sanitarios. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 17, n. 2, p. 561-571, 2018.
- BONES, U. A.; FLACH, K. A.; DA ROSA, G. M. *The trend of bioremediation as an effective technology in soil decontamination*. **Seven Editora**, 2023.
- CARNEIRO, D. A; GARIGLIO, L. P. A biorremediação como ferramenta para a descontaminação de ambientes terrestres e aquáticos. **Revista Tecer**, v. 3, n. 4, p. 82-95, 2011.
- CRUZ, F. L. S.; MARTINS, F. L.; CARVALHO, L. C.; ALVARENGA, V.; LEÃO, V. A. Biolixiação de sulfetos secundários de cobre por *acidithiobacillus ferrooxidans*. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 257-263, jul./set. 2017.

FRANÇA, F. P.; MUTECA, F. L. L.; OLIVEIRA, F. J. S. *Bioremediation of fluvial sediment contaminated by Angolan crude oil*. **Brazilian Journal of Petroleum and Gas**, v. 8, n. 4, 2015.

GIDARAKOS, E.; AIVALIOTI, M. *Large scale and long term application of bioslurping: The case of a Greek petroleum refinery site*. **Journal of Hazardous Materials**, 149, 574–581, 2007.

HERRERO, M.; STUCKEY, D. C. *Bioaugmentation and its application in wastewater treatment: a review*. **Chemosphere**, v. 140, p. 119-128, 2015.

HÖHENER, P.; PONSIN, V. *In situ vadose zone bioremediation*. **Current Opinion in Biotechnology**, 27, 1–7, 2014.

KUMAR, H.; ISHTIYAQ, S.; VARUN, M.; FAVAS, P. J.; OGUNKUNLE, C. O.; PAUL, M. S. *Bioremediation: Plants and microbes for restoration of heavy metal contaminated soils*. In: **Bioenergy Crops**. CRC Press, p. 37-70, 2022.

LUKA, Y; HIGHINA, B. K.; ZUBAIRU, A. *Bioremediation: A solution to environmental pollution-a review*. **Am J Eng Res**, v. 7, n. 2, p. 101-109, 2018.

MACAULAY, B. M.; REES, D. *Bioremediation of oil spills: a review of challenges for research advancement*. **Annals of environmental Science**, v. 8, p. 9-37, 2014.

MACCI, C. *et al.* Landfarming como estratégia de gestão sustentável para sedimentos frescos e fitorremediados. **Environmental Science and Pollution Research**, [sl], v. 28, n. 29, p. 39692–39707, 2021.

MAHANAYAK, B. Restauração ambiental por meio da biorremediação: métodos, vantagens e desafios. **International Journal of Research Publication and Reviews**, [S. I.], v. 5, n. 6, p. 6661–6664, 2024.

MARIANO A. P; KATAOKA A. P. A.G; ANGELIS D. F; BONOTTO, D. M. Laboratory study on the bioremediation of diesel oil contaminated soil from a petrol station. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, n. 2, p. 346–353, 2007.

PHILP, J. C.; ATLAS, R. M. Bioremediation of contaminated soils and aquifers. In Atlas R. M.; Philp J. C. (Eds.), *Bioremediation: applied microbial solutions for real-world environmental cleanup*. **American Society for Microbiology (ASM) Press**, pp. 139–236, 2005.

PIAI, L.; DYKSTRA, J.; VAN DER WAL, A.; LANGENHOFF, A. *Bioaugmentation of biological activated carbon filters for enhanced micropollutant removal*. **ACS ES&T Water**, v. 2, n. 12, p. 2359-2366, 2022.

ROY R.; SAMANTA S.; PANDIT S.; NAAZ T.; BANERJEE S.; RAWAT J. M.; CHAUBEY K. K.; SAHA R. P. *An overview of bacteria-mediated heavy metal bioremediation strategies*. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 196, n. 3, p. 1712-1751, 2024.

Caracterização da Umidade e Densidade do Carvão Vegetal de Imperatriz-MA *Characterization of Moisture and Density of Charcoal from Imperatriz-MA*

CARVALHO, Isolda Cordeiro¹; RODRIGUES, Pedro Henrique Ferreira²; GIFFONY, Neilamy Geane do Nascimento³; PIMENTEL, Sabrina Candido⁴

¹ Uemasul, isoldacarvalho.20200003233@uemasul.edu.br; Uemasul, neilamygiffony.20200009765@uemasul.edu.br²; Uemasulsabrinapimentel.20200009809@uemasul.edu.br⁴

Eixo Temático: Tecnologia de produtos florestais

Resumo

O carvão vegetal desempenha um papel fundamental na indústria siderúrgica brasileira, sendo amplamente utilizado como termorreduzidor na produção de ferro-gusa e aço. Sua qualidade é determinada por diversos fatores, como teor de umidade e densidade aparente, que influenciam diretamente sua eficiência energética e resistência mecânica. Diante disso, este estudo analisou a umidade e a densidade aparente do carvão vegetal comercializado em Imperatriz-MA, utilizando metodologias padronizadas (NBR 14929 e NBR 11941). Os resultados indicaram diferenças significativas na umidade entre as amostras, com a repetição S1 apresentando maior variabilidade (média de 4,42%) e S3 demonstrando maior consistência (média de 3,81%). A densidade aparente, por sua vez, manteve-se homogênea entre as amostras. A análise estatística confirmou a influência do controle do processo produtivo na umidade, mas não na densidade. Conclui-se que melhorias na secagem e armazenamento podem garantir maior qualidade e uniformidade ao carvão vegetal, beneficiando sua aplicação industrial e doméstica.

Palavras-chave: Controle de qualidade; Eficiência energética; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é um recurso de grande relevância para a economia brasileira, especialmente no setor siderúrgico, onde é utilizado como termorreduzidor na produção de ferro gusa, ferro-liga e aço. O Brasil figura entre os maiores produtores e consumidores mundiais de carvão vegetal, com uma produção que atingiu aproximadamente 6,7 milhões de toneladas em 2023, representando uma ligeira redução de 3,7% em relação ao ano anterior, quando foram produzidas 7 milhões de toneladas (IBGE, 2023). A importância do carvão vegetal para a indústria siderúrgica nacional é inegável, uma vez que seu uso está associado a benefícios econômicos e ambientais, como a redução da dependência de combustíveis fósseis e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa.

A qualidade do carvão vegetal é influenciada por diversas propriedades físicas e químicas, que variam conforme a matéria-prima utilizada e as condições do processo de carbonização. Para aplicações industriais, como na siderurgia, é essencial que o carvão apresente baixos teores de materiais voláteis e cinzas, além de elevados teores de carbono fixo e poder calorífico (Santos *et al.*, 2020). Já para o uso doméstico, a

qualidade do carvão é determinada por características como alta densidade aparente, baixa emissão de fumaça, facilidade de ignição e ausência de impurezas, como resíduos de madeira não carbonizada (Lima *et al.*, 2021).

Dentre as propriedades que afetam diretamente a qualidade do carvão vegetal, a umidade e a densidade aparente destacam-se como parâmetros importantes. A umidade elevada não apenas reduz o poder calorífico do carvão, mas também aumenta o tempo de combustão e pode comprometer a eficiência energética do produto. Por outro lado, a densidade aparente está diretamente relacionada à durabilidade e à resistência mecânica do carvão, sendo um indicador importante tanto para aplicações industriais quanto domésticas (Rocha *et al.*, 2022).

Considerando a importância dessas propriedades para a qualidade do carvão vegetal, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a umidade e a densidade aparente de amostras de carvão comercializadas no município de Imperatriz-MA. A análise desses parâmetros visa fornecer informações relevantes sobre a qualidade do carvão disponível no mercado local, além de contribuir para a identificação de possíveis melhorias nos processos de produção, armazenamento e comercialização, objetivando um produto final mais eficiente e sustentável.

METODOLOGIA

Neste estudo, foram avaliados carvões vegetais comerciais de uma mesma marca, adquiridos em um estabelecimento localizado no bairro Colinas Park, em Imperatriz-MA. Foram comprados três pacotes da marca, e de cada um deles, dez amostras de carvão (identificadas como CP1 a CP10) foram selecionadas de forma aleatória. Cada amostra foi cortada aproximadamente ao meio, sendo uma das metades destinada à análise de umidade (U1 a U10) e a outra utilizada para a determinação da densidade aparente (DA1 a DA10).

A determinação do teor de umidade foi realizada no mesmo dia para todas as amostras, seguindo as diretrizes da NBR 14929 (ABNT, 2003a). As embalagens dos carvões foram mantidas fechadas até o momento da análise para evitar interferências externas. As amostras foram pesadas com precisão de 0,001 g e, em seguida, secas em estufa a uma temperatura de 105 ± 2 °C até atingirem massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente, e o teor de umidade foi calculado com base na massa seca.

Para a análise da densidade aparente, adotou-se o método descrito na NBR 11941 (ABNT, 2003b). As amostras foram imersas em água por um período de 24 horas para saturação. O volume das amostras foi determinado pelo método hidrostático, utilizando um béquer com água posicionado sobre uma balança. Cada amostra foi presa a uma agulha e imersa na água, e a massa deslocada foi utilizada para calcular o volume. Após a imersão, os carvões foram secos em temperatura ambiente por 24 horas e, posteriormente, levados à estufa por 2 horas a 105 ± 2 °C para secagem completa. A massa seca foi obtida com precisão de 0,001 g.

Com os dados coletados, foi realizada uma análise de variância (ANAVA) para verificar a existência de diferenças significativas entre as amostras em relação à umidade e à densidade aparente. A ANAVA é uma técnica estatística que permite comparar as médias de diferentes grupos, avaliando se as variações observadas são estatisticamente significativas ou se podem ser atribuídas ao acaso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise descritiva, evidenciam diferenças significativas entre as repetições S1, S2 e S3 em relação à umidade e densidade do carvão vegetal. No que se refere à umidade, a repetição S1 apresentou a maior média (4,42%), com valores variando de 3,94% a 6,89%, seguido por S2 (média de 4,08%, variando de 3,17% a 5,17%) e S3 (média de 3,81%, variando de 3,33% a 4,62%). A repetição S1 também demonstrou a maior variabilidade, com um desvio padrão de 1,01, enquanto S3 apresentou a menor variabilidade (desvio padrão de 0,41). Esses resultados sugerem que a repetição S3 apontou melhor resposta na redução da umidade do carvão, o que é altamente desejável para aplicações industriais, uma vez que a umidade afeta diretamente a eficiência energética do material. Em relação à densidade, as médias foram semelhantes entre as repetições: S1 ($0,70 \text{ g/cm}^3$), S2 ($0,66 \text{ g/cm}^3$) e S3 ($0,68 \text{ g/cm}^3$). No entanto, S3 destacou-se pela menor variabilidade (desvio padrão de 0,08), enquanto S2 apresentou a maior dispersão (desvio padrão de 0,12). Esses dados indicam que, embora a densidade não varie significativamente entre as repetições, a umidade é mais sensível, com S1 resultando em maior umidade e S3 em menor umidade e maior consistência, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Resultados das análises de umidade e densidade do carvão.

Repetição	Umidade (%) Mínimo	Umidade (%) Máximo	Umidade (%) Média	Umidade (%) Desvio Padrão	Densidade (g/cm ³) Mínimo	Densidade (g/cm ³) Máximo	Densidade (g/cm ³) Média	Densidade (g/cm ³) Desvio Padrão
S1	3,94	6,89	4,42	1,015	0,38	0,80	0,70	0,118
S2	3,17	5,17	4,08	0,605	0,54	0,94	0,66	0,123
S3	3,33	4,62	3,81	0,409	0,54	0,83	0,68	0,080

Fonte: Autores (2025).

Os resultados indicam que as amostras do tratamento S1 podem ter passado por processos de secagem ou armazenamento menos controlados, o que justificaria a maior variabilidade observada. Conforme apontado por Santos *et al.* (2021), a umidade do carvão é um fator determinante para sua qualidade, uma vez que níveis elevados podem reduzir significativamente o poder calorífico e a eficiência durante a combustão. Os autores ressaltam que o carvão vegetal possui alta capacidade de absorver umidade do ambiente, o que pode levar a flutuações em sua umidade final, dependendo das condições de armazenamento e da umidade relativa do ar.

Adicionalmente, a análise de variância (ANAVA), confirmou que há diferenças estatisticamente significativas na umidade entre os tratamentos ($F = 5,16$; $p = 0,013$). O valor-p abaixo de 0,05 indica que pelo menos uma das repetições difere dos demais em relação à umidade. Esse resultado está em consonância com estudos recentes, como o de Silva *et al.* (2020), que destacam a importância do controle do processo de secagem para reduzir a umidade do carvão. Os autores afirmam que tratamentos mais controlados, como o S3, tendem a resultar em menor umidade, o que é indispensável para melhorar a qualidade do carvão. Por outro lado, a maior variabilidade observada em S1 pode estar relacionada a inconsistências no processo de produção, como tempo de secagem ou condições ambientais, sugerindo a necessidade de maior padronização.

Já para a densidade, a ANOVA não revelou diferenças significativas ($p > 0,05$), comprovando os resultados descritivos que mostraram médias semelhantes entre os tratamentos. A ausência de diferenças significativas na densidade sugere que essa propriedade é menos sensível às variações nos métodos de tratamento, o que está alinhado com as pesquisas de Oliveira *et al.* (2019), que destacam que a densidade do carvão é mais influenciada pela matéria-prima do que pelo tratamento aplicado, tabela 2.

Tabela 2: Resultados da análise ANAVA.

Fonte de variação	SQ	gl	QM	F	Valor-p
Entre Grupos	5,37	2	2,69	5,16	0,013
Dentro Grupos	14,06	27	0,52		
Total	19,44	29			

Fonte: Autores (2025).

Segundo Carvalho *et al.* (2021) tratamentos mais controlados resultam em menor umidade e maior consistência na densidade, o que está alinhado com os resultados obtidos para a repetição S3. Por outro lado, Pereira *et al.* (2018) enfatizam a importância de equilibrar a redução da umidade com a manutenção da densidade, uma vez que processos muito agressivos podem comprometer outras propriedades do carvão.

Esses estudos reafirmam a necessidade de investir em tecnologias que permitam maior controle sobre as variáveis de produção, como temperatura e tempo de secagem, para alcançar um equilíbrio ideal entre umidade e densidade. Além disso, é importante considerar o custo-benefício de cada tratamento, uma vez que processos mais controlados podem ser mais caros, mas resultam em um produto de maior qualidade e consistência.

Futuras pesquisas devem focar na otimização dos processos de produção, considerando não apenas a umidade e a densidade, mas também outros fatores, como custo, impacto ambiental e características da matéria-prima. Além disso, é importante investigar o impacto de diferentes matérias-primas e condições ambientais na qualidade do carvão, a fim de desenvolver métodos de produção mais eficientes e sustentáveis.

CONCLUSÕES

Ficou evidente que a variabilidade na umidade do carvão vegetal, principalmente no tratamento S1 (média de 4,42% e alta dispersão), pode comprometer sua eficiência energética e qualidade. Em contraste, a densidade aparente manteve-se homogênea entre as amostras (0,70 para S1; 0,66 para S2 e 0,68 para S3). Destaca-se a necessidade de um controle rigoroso da umidade durante a secagem e o armazenamento, visando garantir um produto mais uniforme e eficiente, tanto para a siderurgia quanto para o uso doméstico. A consistência observada na densidade aparente reforça a importância de manter padrões elevados na produção, contribuindo para a sustentabilidade e a eficiência do setor de carvão vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, A. M. et al. Influência do tratamento térmico na qualidade do carvão vegetal. **Revista Brasileira de Energia**, v. 27, n. 2, p. 45-56, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2023.

LIMA, J. T. et al. Características do carvão vegetal para uso doméstico: uma revisão. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 10, n. 3, p. 45-58, 2021.

OLIVEIRA, R. C. et al. Efeito da matéria-prima na densidade do carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 987-996, 2019.

PEREIRA, B. L. C. et al. Otimização do processo de secagem do carvão vegetal. **Biomassa & Energia**, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2018.

ROCHA, M. F. et al. Influência da densidade aparente na qualidade do carvão vegetal. **Ciência e Tecnologia da Madeira**, v. 12, n. 1, p. 23-34, 2022.

SANTOS, R. C. et al. Qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico: parâmetros e desafios. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 4, p. 112-123, 2020.

SANTOS, R. M. et al. Influência das condições de armazenamento na umidade e qualidade do carvão vegetal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 2, p. 123-130, 2021.

SILVA, J. N. et al. Impacto do tempo de secagem na umidade do carvão vegetal. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, p. 112-120, 2020.

Caracterização energética de coproduto da madeira de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp.

Energy characterization of a co-product from Eucalyptus spp. and Corymbia spp. wood.

GOMES, Gabriele Silva¹; SOUZA, Argel Costa²; MORAIS, Railton Oliveira³; SANTOS, Rafael Silva dos⁴; ARAÚJO, Daniel Brito⁵; SILVA, Camylle Vieira Brito da⁶; MARTINS, Guilherme Medeiros⁸; RAABE, Joabel⁹

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, gabriele.gomz@gmail.com;

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, argelsouza1@gmail.com;

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, railtonmoraes1@gmail.com;

⁴ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, contatorafaelsilva14@gmail.com;

⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, daniel.araujo@uemasul.edu.br;

⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, camylle.silva@uemasul.edu.br;

⁷ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, guilherme.martins@uemasul.edu.br;

⁸ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, joabel.raabe@uemasul.edu.br;

Eixo Temático: Biomateriais e Bioeconomia

Resumo

Este estudo avaliou o potencial energético da casca de *Eucalyptus* spp., coproduto da indústria madeireira. Foram analisados três clones de *Eucalyptus* (I144, *E. urograndis*, *E. pellita*), um de *Corymbia* (K33) e uma amostra mista. As análises incluíram umidade, densidade a granel, granulometria, teor de voláteis, carbono fixo, cinzas e poder calorífico. O clone K33 apresentou menor umidade e maior densidade a granel, destacando-se como boa alternativa energética. No entanto, o alto teor de cinzas do K33 impactou negativamente seu poder calorífico. Os clones I144, *E. urograndis* e *E. pellita* apresentaram melhores resultados energéticos, com poder calorífico superior variando entre 19,32 e 21,08 MJ.kg⁻¹. Conclui-se que a casca de eucalipto possui potencial para uso como biomassa energética, especialmente para clones com menor teor de cinzas e maior densidade. Recomenda-se a realização de estudos adicionais para otimizar o aproveitamento desse coproduto na indústria de energias renováveis.

Palavras-chave: Poder calorífico; Química imediata; Coproduto florestal; Biomassa; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

À medida que a população mundial aumenta, a demanda por produtos e coprodutos da indústria madeireira também aumenta (Rabelo *et al.*, 2020). Nessa ótica a madeira do gênero *Eucalyptus* é apresentada como uma fonte altamente atrativa nos aspectos sociais, ecológicos e econômicos, pois pode ser implantada em várias regiões do mundo e é uma fonte renovável de matéria-prima (Júnior; Coledette, 2013).

O eucalipto é amplamente utilizado para a produção de celulose, painéis reconstituídos, carvão, lenha industrial e madeira tratada. No ano de 2023, o consumo de madeira originárias de árvores plantadas para uso industrial cresceu 5,3%, em relação ao

ano de 2022, alcançando a marca de 248,1 milhões de metros cúbicos produzidos. Esta alta deveu-se, exclusivamente, ao consumo de eucalipto, que avançou 5,8% (IBÁ, 2024).

No entanto, as indústrias madeireiras produzem uma considerável quantidade de resíduos (também conhecidos como coprodutos ou subprodutos), em razão do baixo rendimento obtido durante o processo produtivo. Caso esses resíduos sejam descartados de forma inadequada no meio ambiente, podem causar problemas ambientais, especialmente quando são incinerados sem o devido controle ambiental, resultando em poluição (Silva *et al.*, 2018). Logo, o estudo desse coproduto irá gerar informações que auxiliarão numa correta destinação destes.

Neste contexto, um dos coprodutos gerados em grande volume pela indústria madeireira é a casca. As cascas de eucalipto são subprodutos ou resíduos gerados principalmente pelas indústrias dos segmentos de produção de polpa celulose, de madeira tratada, de painéis reconstituídos e de madeira serrada. Essas indústrias geram grandes quantidades de resíduos lignocelulósicos como cascas, galhos e folhas (IBÁ, 2024). Dessa forma, a exploração da casca como coproduto da madeira pode ser uma alternativa interessante para a promoção de uma economia mais sustentável.

Portanto, além de evitar o descarte do material, sua utilização pode gerar novas fontes de receita para as indústrias madeireiras e contribuir para a redução da dependência de recursos não renováveis. Assim, estudos que possibilitem a caracterização de coprodutos oriundos da indústria da madeira são de fundamental importância, principalmente se o foco for para o segmento dos produtos energéticos renováveis.

METODOLOGIA

A metodologia deste estudo envolveu a obtenção de cascas de *Eucalyptus* e *Corymbia*, em indústria madeireira, localizadas em Açailândia, Maranhão. As amostras foram coletadas de três clones do gênero *Eucalyptus* (clone 144, *E. urograndis* e *E. pellita*) e um clone do gênero *Corymbia* (K33), além de uma amostra mista contendo todos os clones combinados. A região de coleta possui clima do tipo Aw, caracterizado por verões úmidos e invernos secos, com temperatura média anual de 25,9°C e precipitação de 1536 mm. O solo predominante é classificado como latossolo amarelo e podzólico vermelho amarelo.

Após a coleta, as amostras passaram por processo de preparação que incluiu a determinação da umidade segundo a norma NBR 14929 (ABNT, 2003), seguida de moagem para padronização do material. A densidade a granel foi determinada utilizando

um recipiente de 500 mL, conforme metodologia adaptada de Resende *et al.* (2021). A granulometria foi analisada por peneiramento, seguindo a norma NBR 6923 (ABNT, 2003) utilizando diferentes malhas e agitador de peneiras. Posteriormente, foram realizadas análises químicas e energéticas, incluindo a determinação dos teores de voláteis, carbono fixo e cinzas, bem como os poderes caloríficos superior e inferior, seguindo normas ASTM (Tabela 1).

Tabela 1. Análises químicas, físicas e energéticas realizadas na biomassa dos materiais.

Análises	Norma	Repetições
Teor de Voláteis	ASTM E872 (ASTM, 2019)	3
Teor de Carbono Fixo	ASTM E872 (ASTM, 2019)	3
Teor de Cinzas	ASTM E1755 (ASTM, 2015)	3
Poder Calorífico Superior	ASTM E711/87 (ASTM, 2004)	3
Poder Calorífico Inferior	ASTM E711/87 (ASTM, 2004)	3

Fonte: Autores (2025).

Para a análise dos dados, foi avaliada a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene. A análise de variância (ANAVA) foi aplicada em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com nível de significância de 5%, e o teste de Scott-Knott foi utilizado para comparar as médias. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no software R®, versão 4.4.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram diferenças significativas nas propriedades físicas e químicas das amostras de casca de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia*. A Tabela 2 mostra que o clone K33 apresentou menor umidade após a moagem (6,8%) e maior densidade a granel (0,16 g.cm⁻³), enquanto os clones I144 e *E. urograndis* tiveram maior umidade (8,9% e 8,4%) e menor densidade (0,09 g.cm⁻³ e 0,10 g.cm⁻³).

Tabela 2. Dados médios das propriedades físicas do coproduto (casca).

Materiais	Análise Física		
	UBS In Natura (%)	UBS Moído (%)	Densidade a Granel (g.cm ⁻³)
K33	13,6 (± 0,64) b	6,8 (± 0,62) b	0,16 (± 0,01) a
I144	19,2 (± 0,66) a	8,9 (± 0,60) a	0,09 (± 0,02) c
<i>E. urograndis</i>	17,9 (± 1,92) a	8,4 (± 0,20) a	0,10 (± 0,01) c
<i>E. Pellita</i>	13,6 (± 0,64) b	8,1 (± 0,41) a	0,11 (± 0,01) b
Mistão	14,5 (± 0,99) b	8,1 (± 0,15) a	0,11 (± 0,01) b

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ($p \geq 0,05$).
 Ubs: Umidade em base seca. **Fonte:** Autores (2025).

A menor umidade do K33 pode ser atribuída ao maior tempo de exposição em campo, favorecendo a evaporação da água, enquanto a maior densidade sugere maior concentração de massa por unidade de volume, característica desejável para materiais energéticos (Dos Santos *et al.*, 2023).

A Tabela 3 apresenta a classificação granulométrica, onde o clone K33 teve maior retenção de partículas na peneira de 8 mesh (57,7%), indicando partículas mais grossas. Já os clones I144 e *E. urograndis* apresentaram maior retenção nessa peneira (79,6% e 85,2%), sugerindo variações nas características físicas entre os clones. Partículas mais finas tendem a queimar mais rapidamente, enquanto partículas grossas podem dificultar a homogeneidade da queima (Kamperidou *et al.*, 2018).

Tabela 3. Classificação granulométrica do coproduto para cada material avaliado.

Mesh	Classificação Granulométrica (%)				
	K33	I144	<i>E. urograndis</i>	<i>E. pellita</i>	Mistão
8	57,7	79,6	85,2	66,9	71,6
14	17,2	1,9	4,3	5,9	8,5
35	15,7	5,7	6,3	9,3	11,1
60	2,9	3,2	1,6	5,1	4,1
100	5,4	4	1,5	5,8	3
200	1,1	3,4	0,7	4,7	1,4
Resto	0	2,2	0,4	2,2	0,4

Fonte: Autores (2025).

A Tabela 4 mostra que o teor de materiais voláteis (TMV) foi semelhante em todas as amostras (média de 71,2%), alinhando-se aos resultados de estudos anteriores com

cascas de eucalipto (Eloy *et al.*, 2016; Sette Jr *et al.*, 2018; Da Silva *et al.*, 2021). O clone K33 apresentou o maior teor de cinzas (8,7%), o que reduziu seu poder calorífico para 19,32 MJ.kg⁻¹, enquanto os clones I144, *E. urograndis* e *E. pellita* tiveram poder calorífico superior (PCS) entre 20,66 e 21,08 MJ.kg⁻¹. O alto teor de cinzas do K33 impactou negativamente sua eficiência energética, conforme destacado por Chen, Gao e Wu (2022). O teor de carbono fixo (TCF) foi semelhante em todas as amostras (média de 23%), dentro da faixa ideal para combustão eficiente (Kamperidou *et al.*, 2018).

Tabela 4. Valores médios das variáveis químicas e energéticas do coproduto de cada material avaliado.

Materiais	Análise Química e Energética				
	TMV(%)	TCZ (%)	TCF (%)	PCS (MJ.kg ⁻¹)	PCI (kJ.kg ⁻¹)
K33	70,9 (± 0,87) a	8,7 (± 0,82) a	20,3 (± 0,26) a	19,32 (± 0,14) b	6,96 (± 0,14) b
I144	71,1 (± 5,37) a	4,4 (± 0,80) b	24,3 (± 4,70) a	20,79 (± 0,76) a	8,43 (± 0,76) a
<i>E. urograndis</i>	68,0 (± 1,95) a	5,2 (± 1,50) b	26,7 (± 0,51) a	21,08 (± 0,18) a	8,72 (± 0,18) a
<i>E. pellita</i>	72,3 (± 3,25) a	4,2 (± 0,40) b	23,4 (± 2,86) a	20,66 (± 0,46) a	8,30 (± 0,46) a
Mistão	73,6 (± 2,67) a	6,2 (± 1,07) b	20,0 (± 2,46) a	19,69 (± 0,49) b	7,33 (± 0,49) b

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ($p \geq 0,05$).

Fonte: Autores (2025).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a casca de eucalipto possui potencial para uso como biomassa energética, especialmente para clones com menor teor de cinzas e maior densidade. O clone K33 destacou-se por sua menor umidade e maior densidade, mas o alto teor de cinzas reduziu seu poder calorífico. Os clones I144, *E. urograndis* e *E. pellita* apresentaram melhores características energéticas, com poder calorífico superior variando entre 20,66 e 21,08 MJ.kg⁻¹. Recomenda-se a realização de estudos adicionais para otimizar o aproveitamento desse coproduto, como a produção de briquetes, pellets ou biochar, visando melhorar a eficiência energética e o aproveitamento sustentável da casca de *Eucalyptus* e *Corymbia*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM International. **ASTM E711/87:** Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter, United States, 2004.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM International. **ASTM E1755:** Standard Test Method for Ash in Biomass, United States, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM International. **ASTM E872**: Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels, United States, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6923**: Carvão vegetal - Amostragem e preparação da amostra. Rio de Janeiro, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14929**: Madeira – determinação do teor de umidade de cavacos. Rio de Janeiro, 2003.

CHEN, X; GAO, X; WU, H. Characterization of ashes from co-firing biochar with coal under pulverized-fuel conditions. **ACS Engineering Au**, v. 2, n. 5, p. 397-405, 2022.

DA SILVA, D. A. *et al.* Volatile matter values change according to the standard utilized. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e291101220476-e291101220476, 2021.

DOS SANTOS, V. B. *et al.* Energy characterization of wood and charcoal from Savannah forest species. **BioResources**, v. 18, n. 1, p. 1780, 2023.

ELOY, E. *et al.* Effect of planting age and spacing on energy properties of *Eucalyptus grandis* w. hill ex maiden. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 749–758, jul. 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2024**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>>, 2024.

JÚNIOR, D. L.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.

KAMPERIDOU, V.; LYKIDIS, C.; BARMPOUTIS, P. Utilization of wood and bark of fast-growing hardwood species in energy production. **J. For. Sci.**, 64, p. 1–7, 2018.

RABELO, L. K. L. *et al.* Cenário das árvores plantadas no Brasil. **Biodiversidade**, v. 19, n. 3, 2020.

RESENDE, D. R. *et al.* Potencial energético dos resíduos do processamento de café combinados com finos de carvão vegetal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e326101523012-e326101523012, 2021.

SETTE JR, C. R. *et al.* Energy enhancement of the eucalyptus bark by briquette production. **Industrial crops and products**, v. 122, p. 209-213, 2018.

SILVA, R. C.; MARCHESAN, R.; FONSECA, M. R.; DIAS, A. C. C.; VIANA, L. C. Influência da temperatura final de carbonização nas características do carvão vegetal de espécies tropicais. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 38, e201801573, p. 1-10, 2018.