

AVANÇOS NAS CIÊNCIAS FLORESTAIS

ALAN MARIO ZUFFO
ORGANIZADOR



Pantanal Editora

2022

Alan Mario Zuffo
Organizador

Avanços nas Ciências Florestais



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. Msc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. Msc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. Msc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto
Prof. Msc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Prof. Msc. Lidiane Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. Msc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Msc. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Msc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior

- Esp. Maurício Amormino Júnior

- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

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

A946 Avanços nas Ciências Florestais [livro eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 67p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-81460-28-0

DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460280>

1. Florestas – Administração. 2. Ecologia florestal. I. Zuffo, Alan Mario.
CDD 634.9

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

O avanço tecnológico é comum em todas as áreas de conhecimento, na área de Ciência Florestal não é diferente. As tecnologias florestais são fundamentais para o uso sustentável dos recursos naturais e na comercialização dos produtos florestais. A obra, vem a consolidar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano e na sustentabilidade dos recursos naturais.

O primeiro volume do e-book “Avanços nas Ciências Florestais” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção e conservação dos recursos florestais. Nos capítulos são abordados os seguintes temas: aproveitamento de resíduos de colheita florestal, a certificação como uma ferramenta na conservação de florestas naturais, a tolerância do Pinhão-Manso à Toxicidade do Alumínio e ao estresse salino pelo Método do Papel-Solução e alterações morfológicas das mudas de graviola induzidas pela restrição da luminosidade. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na Ciência Florestal. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Avanços nas Ciências Florestais os agradecimentos do organizador e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para a áreas de Ciência Florestal. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

O organizador


Sumário


Apresentação	4
Capítulo I	6
Aproveitamento de resíduos de colheita florestal: uma revisão	6
Capítulo II	23
A certificação como uma ferramenta na conservação de florestas naturais	23
Capítulo III	35
Tolerância do Pinhão-Manso à Toxicidade do Alumínio pelo Método do Papel-Solução	35
Capítulo IV	46
Tolerância de Plântulas de Pinhão-Manso ao Estresse Salino	46
Capítulo V	54
Alterações morfológicas das mudas de graviola induzidas pela restrição da luminosidade	54
Índice Remissivo	66
Sobre o organizador	67


Aproveitamento de resíduos de colheita florestal: uma revisão


Recebido em: 08/12/2021

Aceito em: 18/12/2021

 10.46420/9786581460280cap1

Clarice Ribeiro Cardoso^{1*} 

Alexandre Santos Pimenta¹ 

Juliana Lorensi de Canto¹ 

INTRODUÇÃO

No Brasil, a atividade florestal é de grande importância, para a sociedade em termos econômicos, sociais e ambientais, devido sua capacidade do setor de gerar emprego e renda, além de oferecer serviços ambientais (Ramos et al., 2018).

As florestas plantadas ocupam, aproximadamente, 9 milhões de hectares, que em sua maioria são representadas por espécies do gênero *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., utilizadas para diversos fins (Ibá, 2020). A produtividade dessas florestas, em 2019, contribuiu com 1,2% do PIB nacional e um total de R\$ 97,4 bilhões de receita bruta, tornando-se, dessa maneira, bastante importante para o setor florestal e econômico do mundo (Ibá, 2020).

Apesar da indústria de base florestal ser importante para a economia mundial, ofertando produtos primários e secundários usados como matéria-prima para outros setores econômicos (Ramos et al., 2018), vale ressaltar que algumas atividades realizadas nesse setor podem causar impactos significativos para o meio ambiente, por exemplo a colheita florestal realizada durante a exploração da madeira.

A colheita florestal é uma atividade realizada, por meio de várias operações, para a retirada da madeira comercializável da floresta plantada (Vatraz; Borges, 2019). Durante essa atividade uma quantidade significativa de resíduos de diversos tipos é gerada, além de perdas de madeira durante a realização das operações, desde a colheita até o produto final, sendo, portanto, uma importante fonte de biomassa para aproveitamento secundário (Malta et al., 2017; Pincelli et al., 2017). Esses resíduos produzidos, constituídos por biomassa florestal, se não forem aproveitados e convertidos em uma nova fonte de renda, podem se tornar um desperdício de produção (Nones et al., 2017).

Dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) demonstram que no ano de 2018, o setor florestal produziu cerca de 52,0 milhões de toneladas de resíduos sólidos. Desse total 70,9% (36,9 milhões de

¹ Escola Agrícola de Jundiá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Rodovia RN 160, Km 03 s/n, Macaíba, RN, Brasil.

* Autora correspondente: clara-ribeiro94@outlook.com

toneladas) foram gerados por atividades florestais e correspondem, majoritariamente, a resíduos de cascas, galhos e folhas (98%) (Ibá, 2019).

Nos tempos atuais a utilização da biomassa de resíduos como fonte de energia tem sido bastante aderida pelos produtores florestais. Em 2019, cerca de 66,6% dos resíduos gerados por processos produtivos, como os de florestas plantadas, foi destinada para geração de energia (Ibá, 2020), sendo que 7,4% foram mantidos no campo para proteção e adubação do solo (resíduos da colheita como cascas, galhos e folhas) (Ibá, 2020). Vale destacar que os resíduos gerados na floresta correspondem a aproximadamente 30 a 35% do volume de madeira produzida, porém, somente cerca de 5% é utilizado para a geração de energia (Amorim et al., 2021).

Nesse contexto, os resíduos da colheita podem ser usados para fins energéticos na forma de cavacos, briquetes e/ou pellets, pois são biocombustíveis que produzem energia renovável, potencialmente competitivos e economicamente atraentes por possuir valor agregado, podendo gerar renda para todas as partes interessadas (tanto para o vendedor quanto para o comprador) (Nones et al., 2017; Dulys-Nusbaum et al., 2019).

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo realizar o levantamento de informações científicas sobre a utilização de resíduos oriundos de operações de colheita florestal no Brasil, com o intuito de obter informações atualizadas sobre a produção e aproveitamento de resíduos da colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

Para coletar informações científicas referentes a temática de resíduos de colheita florestal, foi realizada uma revisão bibliográfica. Tal pesquisa foi feita por meio da busca e análise exploratória de artigos científicos, dissertações e teses disponíveis para consulta em repositórios online, como também leis e relatórios informativos. Utilizou-se como fonte de busca as seguintes plataformas digitais: Google acadêmico, portal de periódicos CAPES e SCIELO.

As buscas foram realizadas utilizando as seguintes palavras-chave: “Setor Florestal Brasileiro”, “Resíduos Sólidos”, “Colheita Florestal”, “Gerenciamento de Resíduos Florestais”, “Mecanização Florestal”, “Resíduos de Eucalyptus e Pinus”, “Pellets e Briquetes”, “Cavacos”, “Biomassa residual”, “Bioenergia”, “Estoque de nutrientes”, “Custo de resíduos”. A seleção dos artigos foi feita considerando a relevância de suas informações e atualidade (últimos 5 anos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geração de resíduos de colheita no brasil e no mundo

O crescimento da demanda por fontes alternativas de energia, principalmente de origem renovável, tem gerado incentivo para a utilização da biomassa como fonte energética primária, pois esta, comparada

com os combustíveis fósseis, geram menor impacto ambiental (Borges et al., 2016; Álvarez-Álvarez et al., 2018). Além da questão ambiental, o aumento, nos últimos tempos, do preço do petróleo também tem contribuído para a busca por fontes de energia mais econômicas (Coelho Junior et al., 2020).

A biomassa é considerada uma fonte de energia primária, não fóssil, de origem vegetal ou animal e pode ser classificada da seguinte forma: biomassa florestal, biomassa da agropecuária, da agroindústria e da produção animal (Sanquetta et al., 2019). Ela é considerada uma das fontes de energia com maior potencial de crescimento para os próximos tempos (Silva et al., 2020).

Nesse contexto, a energia produzida a partir da biomassa de material orgânico é denominada de bioenergia e é caracterizada por ser um dos setores mais dinâmicos e que causam impactos positivos significativos na economia global (Coelho Junior et al., 2020). Considerada como uma alternativa de alto potencial para a substituição parcial de combustíveis fósseis, a bioenergia demonstra atender as exigências de segurança energética (por ser de fonte renovável), ambiental (por contribuir para redução de gases do efeito estufa, pois gera poucos poluentes) e econômica (possui baixo custo).

Segundo a Agência Internacional de Energia ou International Energy Agency – IEA, globalmente, as energias renováveis representaram 13,9% no ano de 2017, não havendo muita diferença entre 1990 (12,8%) para 2017 (IEA, 2020). Com relação ao Brasil as energias renováveis atendem mais de 45% da demanda de energia primária, tornando o setor de energia do Brasil um dos menos intensivos em carbono do mundo (EIA, 2021). Deste percentual 19,1% são oriundas de energia da biomassa de cana-de-açúcar, 12,6% são da energia hidráulica e 8,9% têm origem da lenha e carvão vegetal (Epe, 2021). Diante disso, verifica-se que o Brasil se destaca na produção e uso de energias renováveis, com grande potencialidade para a geração de energia a partir da biomassa vegetal/florestal.

Dentre as fontes de energia renováveis, a biomassa florestal tem ganhado destaque nos últimos tempos (Miranda et al., 2017). Tradicionalmente a lenha e o carvão têm sido utilizados para vários fins energéticos, tais como: aquecimento, proteção contra insetos e animais e cocção (Amorim et al., 2021). Segundo a Fao (2021), em âmbito global, a madeira ainda é a principal fonte de energia renovável, oferecendo cerca de 6% do suprimento total de energia primária mundial. Neste cenário, são mais de 2 bilhões de pessoas que dependem da lenha para preparar seus alimentos (Fao, 2021).

Conforme Simioni et al. (2018), além do uso direto, tradicionalmente a lenha também é usada para a produção de carvão vegetal (31,1%) e como fonte de energia para indústrias (31,5%) e residências (24,7%). Contudo, geralmente a lenha é mais utilizada em área rural e o carvão em áreas urbanas.

A biomassa florestal pode ser classificada de três formas: material advindo da colheita florestal (resíduo de colheita), resíduos derivados do processamento da madeira e a madeira propriamente dita, oriunda de florestas energéticas (Souza et al., 2012). Dessa classificação o aproveitamento de resíduos

florestais da colheita de florestas plantadas, é considerado de grande potencial para a produção de energia renovável e tem despertado interesse no cenário mundial (Santiago; Rezende, 2014; Ribeiro et al., 2017).

Apesar do aumento no interesse pela utilização de resíduos florestais como fonte de energia, pouco tem se publicado a respeito do conhecimento da caracterização de diferentes tipos de biomassa de resíduos de colheita florestal, que possam ser usadas para agregar valor à atividade de colheita florestal (Amorim et al., 2021). Nesse caso, amplificar o conhecimento sobre o potencial de resíduos de colheita florestal é importante para demonstrar a eficiência energética dessa matéria-prima e futuramente ampliar seu uso.

Uma forma de mostrar o potencial energético da biomassa florestal é a própria matriz energética do setor florestal, pois grande parte da matriz energética utilizada nas indústrias de base florestal são de origem renovável, sendo 20% de sua energia consumida, oriunda da própria biomassa florestal. Outra grande parte é gerada pelo licor negro (69%), produzido a partir do tratamento químico na indústria de papel e celulose (Ibá, 2020). Vale ressaltar que as duas fontes de energias citadas são exclusivamente produzidas pelo próprio setor florestal.

Com relação aos tipos de resíduos gerados após a colheita florestal, Castro et al. (2016) considera que todo o material da planta que, durante as operações de colheita são deixados para trás, tais como: folhas, galhos, casca, pontas (madeira de diâmetro menor que o comercial), árvores doentes, mortas e raízes, são denominados de resíduos florestais (Castro et al., 2016).

No Brasil, estima-se que anualmente são gerados 41 milhões de toneladas de biomassa residual anualmente, oriunda do processamento da madeira em indústrias ou de colheita florestal, sendo essa quantidade equivalente a 1,7 GW.ano-1 de energia (Almeida, 2016). Nas florestas plantadas, em 2019, 7,4% (casca, galhos, folhas, entre outros) foram mantidos no campo para a adubação e proteção do solo e 66,6% (casca, galhos, folhas, cavacos, licor negro etc.) foram utilizados para a geração de energia (Ibá, 2020).

De acordo com Lippel (2021) é importante destacar o potencial dos resíduos florestais para a produção de energia elétrica e térmica, obtida a partir da queima direta ou incineração, como também da produção de briquetes e pellets para a queima futura. Assim, considerando que a demanda por energia só cresce (aumento de 12% do consumo de energia em 2019) (Ibá, 2020) e que nem todos tem acesso a energia, buscar por novas alternativas torna-se fundamental para diversificar mais ainda a matriz energética.

Qualificação e quantificação de resíduos de colheita florestal de *Pinus* e *Eucalyptus*

No ano de 2019 o setor florestal chegou a uma área total de 9 milhões de hectares de árvores plantadas, tendo aumentado 2,4% em relação ao ano de 2018 que teve 8,79 milhões de hectares de florestas plantadas (Ibá, 2020). Desse total as espécies mais cultivadas são o *Eucalyptus* (77%) e *Pinus* (18%), com 6,7 e 1,64 milhões de hectares, respectivamente.

Quanto a produtividade, em 2019, o Brasil apresentou uma média de 35,3 m³/ha.ano nos plantios de *Eucalyptus*. Com relação ao plantio de *Pinus*, a produtividade aumentou para 31,3 m³/ha.ano (Ibá, 2020), quando comparado ao ano anterior (30,1 m³/ha.ano). Esse aumento pode estar relacionado a alguns fatores, como por exemplo o uso de plantas melhoradas, fertilidade do solo e nutrição de plantas em viveiro.

Esse aumento no desenvolvimento de florestas plantadas de alta produção de plantas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* somado ao aumento nas tecnologias modernas de conversão de energia, levaram ao aumento no consumo de biomassa florestal para a geração de energia (Miranda et al., 2017), entre outros fatores. Nesse contexto, uma matéria-prima de biomassa florestal, que tem potencial para fins energéticos, são os resíduos (galhos, casca, folhas, tocos, toras descartadas e ponteiros) gerados após a colheita das florestas de *Eucalyptus* e *Pinus*. Esse material muitas vezes é reaproveitado e denominado como um subproduto florestal que possui baixo custo e é abundante (Vatrás; Borges, 2019).

Sendo assim, avaliar a quantidade e qualidade de resíduos dessa atividade florestal é importante para obter informações que direcionem um melhor planejamento operacional da colheita florestal, como também o gerenciamento dos resíduos para a geração de energia e manejo da área para os próximos plantios (Vatrás; Borges, 2019). De acordo com Ferreira et al. (2019) para tomar decisões precisas a respeito do uso de resíduos para energia, são necessários coletar informações sobre a disponibilidade de biomassa florestal.

Vatrás e Borges (2019) avaliaram a quantidade e qualidade de resíduos de colheita de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, com sistema de colheita semimecanizado (motosserra) no Estado do Paraná, verificaram após o inventário uma produção média de 78,03 m³.ha (Tabela 1). Ainda como resultados, os autores verificaram que os resíduos produzidos correspondiam a 10,52% do volume total de madeira comercial produzida (7.320,6 m³). Em relação a caracterização qualitativa os pesquisadores avaliaram a frequência dos resíduos encontrados (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos florestais de um plantio misto de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, após a colheita florestal. Fonte: Adaptado de Vatrás e Borges (2019).

Tipo	Frequência (N)	Volume (m³.ha)
Ponteira	58	6,17
Toco	229	8,12
Fuste desclassificado	197	57,99
Fuste Lascado	21	0,98
Fatia de rebaixamento de toco	80	2,06
Ponteira inteira	27	2,70
Média		78,03

N: quantidade de vezes que o tipo de resíduo foi identificado.

Com base nesses resultados, os pesquisadores citados acima verificaram que entre os tipos de resíduos, o toco foi o mais detectado e representava 10,41% do volume de resíduos quantificado no local de estudo. Apesar disso, eles também observaram que o fuste desclassificado (74,32%) foi o que apresentou maior volume em campo (57,99 m³.ha) quando comparados com os demais. Para os pesquisadores fatores como o manejo incorreto durante a derrubada somada ao desalinhamento do plantio podem ter sido os principais fatores para gerar muitos fustes desclassificados.

Pincelli et al. (2017) também quantificaram a biomassa residual pós-colheita, só que para *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* aos 7 e 11 anos, respectivamente. Esse estudo foi realizado em um plantio florestal de uma empresa privada no Estado de São Paulo, a partir de sistema mecanizado (*Feller Buncher* e *Forwarder*). Como resultado foi verificado que a colheita do *Eucalyptus grandis* produziu 8,2 t.ha⁻¹ e o de *Pinus taeda* 14,9 t.ha⁻¹, o que corresponde a 6,0 e 13,25% da produção total de biomassa, respectivamente. Segundo os autores os resíduos de *P. Taeda* tinham maiores dimensões (galhos grossos e pedaços de fustes) e devido ser uma madeira mais frágil que o *E. grandis*, possivelmente influenciou na maior geração de resíduos.

Para Pincelli et al. (2017), como a produção de resíduos foi significativa, isso demonstra que essa matéria-prima consiste numa importante estratégia de bioenergia em âmbito nacional, pois, quando extrapolado, indicam uma produção de 6,4 milhões de toneladas por ano.

Ferreira et al. (2019) também verificou quantidade significativa de resíduos após o corte raso da floresta de *Pinus taeda*, que foi totalmente mecanizado. O corte raso foi realizado aos 23 anos e foi verificado que houve uma significativa quantidade de resíduos da colheita, tendo a biomassa individual apresentado 372,6 kg. árv⁻¹ e 144,4 t. ha⁻¹. ha por unidade de área. Os resíduos gerados eram compostos principalmente por galhos (69,3%), acículas (17,9%), casca (11,0%) e ponteira (1,8%), isso tudo por unidade de área.

Comparando esses resultados com os encontrados por Castro et al. (2017) para híbridos de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), observou-se que, aos 6,6 anos de idade, a quantidade de resíduos gerada pós-colheita foi significativamente inferior ao que foi verificado por Ferreira et al. (2019) com *Pinus taeda* (372,6 kg. árv⁻¹ e 144,4 t. ha⁻¹), tendo sido quantificado um total de 12,74 kg. árv⁻¹ e 17,03 t. ha⁻¹.

Essa diferença na produção de biomassa de resíduos observada, demonstra que a maior ou menor oferta e distribuição percentual da biomassa residual pós-colheita vai depender de alguns fatores, como: a espécie, a fertilidade do solo, a idade da planta, o espaçamento entre plantas ou ainda também o sistema de colheita florestal empregado (Tolosana et al., 2014). Nesse caso a quantificação de resíduos deve ser avaliada conforme as especificidades de cada plantio, para que sejam feitas inferências e tomadas decisões mais precisas.

Quanto às receitas geradas com o aproveitamento da biomassa residual, poucos são os estudos que abordam essa temática. Santiago e Resende (2014) ao analisarem a receita bruta proveniente do aproveitamento da biomassa residual da colheita de *Eucalyptus spp*, verificaram a possibilidade da geração de um valor bruto de R\$ 9,90 milhões de reais por ano, isso considerando uma produção anual de 84.689/t de resíduo e um custo médio de aproximadamente R\$ 109,12/t da biomassa.

Em estudos realizados no exterior, foi observado a possibilidade de gerar uma receita de US\$ 19,0 por tonelada de resíduos, destinados ao uso como lenha. Caso esses resíduos fossem vendidos em forma de cavacos, os autores verificaram que cerca de US\$ 29,6 por tonelada de resíduos de madeira de receita, o que corresponde a 56% do valor econômico (Simangunsong et al., 2019).

Frente ao exposto, nota-se que a disponibilidade de biomassa residual de plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* é significativa para atender a demanda por energia a partir de fonte renováveis e contínuas de abastecimento.

Práticas de aproveitamento de resíduos de colheita florestal

Entre as fontes renováveis de energia a biomassa é vista como uma das principais fontes disponíveis para fazer parte da ampliação de geração de eletricidade (Silva et al., 2016). A exemplo, nas indústrias de base florestal as produtoras de celulose se destacam como geradoras de um grande volume de resíduos no decorrer do seu processo produtivo (Saccol et al., 2020). Contudo, muitos desses resíduos (cascas, galhos, folhas, cavacos e lascas de madeira, entre outros) industriais, oriundos da colheita e do beneficiamento da madeira, por muito tempo não tiveram destinação adequada (Saccol et al., 2020).

A colheita desses resíduos em campo depende do tipo de sistema de colheita da madeira. Em caso de sistema de toras curtas mecanizados a colheita é realizada por um conjunto composto por *harvester* e *forwarder*. Nesse caso, há possibilidade de transporte dos resíduos para um pátio intermediário, onde podem ser cavaqueados ou podem ser enfardados (por enfardador florestal que coleta, comprime e enfarda os resíduos) e posteriormente, carregados em veículos até a indústria para serem processados e consumidos (Oro, 2015; Szymaczak, 2015). Vale ressaltar que os resíduos podem ser transportados na forma de fardos comprimidos ou na forma de cavacos. Em caso de colheita em sistema de toras inteiras, onde as etapas de corte e extração são realizadas, de forma mecanizada, respectivamente por máquinas do tipo *feller buncher* e *skidder*, os resíduos são levados para a margem de estradas ou pátios intermediários onde são cavaqueados diretamente nos veículos de transporte (Oro, 2015).

Os resíduos da madeira estão entre as principais fontes de biomassa utilizadas mundialmente para a produção de energia e podem ser aproveitados especialmente na forma densificada, de pellets e briquetes ou na forma bruta de cavacos (Moraes et al., 2017; Nedel et al., 2018).

A produção de pellets e briquetes é realizada principalmente a partir de pequenos resíduos de madeira, com tamanhos e formas padronizadas e com teor de umidade inferior a 10%, o que possibilita a queima mais eficiente (Aliotte, 2020). Esses dois produtos são obtidos a partir da compactação de biomassa triturada, sendo que a geometria do briquete é um bloco cilíndrico e o pellet é um cilindro pequeno com alguns milímetros de diâmetro. Assim, resumindo, depois de recolhidos os resíduos após a colheitas, estes são triturados e secos, depois convertidos em pó (pequenos fragmentos) e em seguida são comprimidos para adquirir a geometria e tamanho desejado, sendo 100% natural e de alto poder calorífico (Quenó et al., 2019). O Quadro 1 apresenta as principais diferenças entre pellets e briquetes.

Quadro 1. Principais diferenças entre pellets e briquetes. Fonte: Adaptado de Smartfire (2021).

Diferenças	Briquetes	Pellets
Diâmetro e comprimento, respectivamente	50 a 100 mm e 250 a 400 mm	6 a 16 mm e 25 a 30 mm
Equipamento	São usados em Salamandras, recuperadores e caldeiras	Usado em caldeira ou fogão adaptado
Automatização	Alimentação do equipamento de forma manual	Sistema de alimentação automático
Densidade	1000 kg.m ³	600 kg.m ³

O consumo mundial de pellets de biomassa florestal tem crescido significativamente. No ano de 2015 foram consumidos cerca de 28 milhões de toneladas de pellets de madeira (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2017). Esse crescimento se deve principalmente ao aumento na demanda energética do setor industrial (Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa Pellets e Briquetes, 2019).

Para o Brasil a produção de pellets teve crescimento rápido, principalmente, nos últimos anos, passando em 2012 de 57.000 toneladas para 470.000 toneladas em 2017 (Fao, 2019). Ainda segundo a Fao, a exportação de pellets no Brasil foi de 108.376 toneladas em 2017, o que corresponde a 23% de sua produção. Nesse mercado, os principais consumidores são: indústrias, pizzarias, padarias e hotéis (Garcia, 2014). Contudo, no Brasil esse setor ainda é pouco competitivo no mercado mundial, visto que há pouca infraestrutura e logística de produção, produtividade baixa, valor tributário e juros elevados (Moraes et al., 2017).

Apesar disso, aspectos positivos como o bom aproveitamento de espaço no armazenamento e alto poder calorífico, tem favorecido sua entrada no mercado, tanto no mercado interno brasileiro quanto para exportações (Aliotte, 2016). Esse cenário de crescente demanda mundial e produção de pellets no Brasil, caracteriza o país como tendo um grande potencial produtor de pellets, tanto para consumo interno como para exportação (Pereira, 2017).

Com relação a fabricação de briquetes, eles são materiais produzidos por meio da compactação de biomassa residual utilizando alta pressão e temperatura, não exigindo a utilização de muitos materiais, basicamente só o resíduo com umidade ideal, não sendo, portanto, um processo complexo (Almeida et al., 2019). Considerados sendo lenhas de alta qualidade e conhecidos como lenha ecológica (Freitas et al., 2016), as principais vantagens da utilização desse produto são a geração de pouca fumaça, cinza e fuligem quando comparado com a lenha e cavacos (Bauer; Sellito, 2019).

O briquete pode ser usado em caldeiras industriais e pode substituir eficientemente o uso da lenha. Nesse caso, ele pode ser utilizado em padarias, pizzarias, olarias, hotéis e empresas que usam a lenha como fonte de energia (Oshiro, 2016). No Brasil, estima-se que anualmente são produzidos aproximadamente 1,2 milhões de toneladas desse produto (Souza et al., 2017). Desse montante, 930 mil toneladas são originadas da madeira e cerca de 272 mil toneladas são produzidos de resíduos em geral (Souza et al., 2017).

Além de pellets e briquetes, os resíduos da colheita florestal também podem ser usados para a produção de cavacos e reaproveitados para fins energéticos. Os cavacos são pequenos fragmentos de madeira, de comprimento entre 5 e 50 mm, originados da picagem de árvores ou de resíduos florestais (Nogueira, 2019).

Ele possui grande potencial para substituir a lenha, visto que possui maior eficiência energética e maior versatilidade de obtenção, podendo ser proveniente de diversas formas, em caso de resíduos da colheita florestal, podem ser usados ponteiros de árvores e galhos (Nogueira, 2019). Segundo Diniz et al. (2018) a produção de energia de biomassa florestal, na forma de cavacos, possui vantagens sociais, ambientais e econômicas, a exemplo a redução da emissão de gases poluentes, quando comparados a fontes de energias não renováveis, além de geração de emprego e renda.

Na colheita florestal, o aproveitamento dos tocos e raízes na forma de cavaco para a geração de energia renovável tem sido pouco notada e por muito tempo essa biomassa foi considerada sem utilidade, sendo retiradas da área e destruídas para a reformulação do plantio.

Apesar da utilização dos tocos e raízes como fonte de energia renovável não ser algo comum no Brasil (Almeida, 2016), em 2016 o país inaugurou sua primeira usina movida a tocos e raízes de eucaliptos oriundos das árvores colhidas para a fabricação de celulose. Considerada a maior usina termelétrica de biomassa do País, ela foi criada pela empresa Eldorado Brasil, uma empresa de fabricação de celulose.

A nova usina termelétrica tem como objetivo aproveitar grande parte dos resíduos que habitualmente são deixados no campo (Santi, 2021). Segundo Santi (2021) a usina processará cerca de 1.500 toneladas de biomassa por dia para produzir energia elétrica suficiente para iluminar uma cidade de 700 mil habitantes, usando resíduos (tocos e raízes) oriundos dos plantios de reflorestamento localizados no Estado do Mato Grosso do Sul e São Paulo, onde serão transformados em cavacos e posteriormente

levados à usina para alimentação da caldeira e depois queimados.

Apesar dos benefícios gerados com o uso de tocos e raízes para fins energético, é necessário ter atenção nesse processo. De acordo com Casselli (2013) a remoção dos tocos e raízes de áreas de plantio florestal pode gerar tanto impactos positivos quanto negativos, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2. Vantagens e desvantagens da colheita de tocos e raízes de plantios florestais. Fonte: Adaptado de Casseli (2013).

Vantagens	Desvantagens
Produção de biomassa	Remoção de matéria orgânica
Redução do uso de combustíveis fósseis	Impactos no armazenamento de carbono do solo e emissão de gases
Geração de renda para os produtores	Aumento na erosão do solo
Melhora as condições para o preparo do solo para um novo plantio	Aumento na compactação
Melhora as condições para o plantio de novas mudas	Alteração na disponibilidade de nutrientes e ciclagem de nutrientes do solo ou ainda a perda de habitats para os macro e microrganismos do solo

Atualmente são utilizados equipamentos como discos de corte e lâmina K/G, para o rebaixamento dos tocos, como forma de facilitar o tráfego das máquinas. Contudo, esse rebaixamento deixa o toco ao nível do solo e não retira as raízes. Nesse caso, o restante dos tocos e raízes, geralmente, são retiradas com máquinas escavadoras que possuem ferramentas acopladas de remoção dos tocos (Casselli et al., 2018).

Casseli et al. (2018) estudando o rendimento operacional e viabilidade econômica da remoção de tocos de Eucalipto em dois tipos de sistema diferentes (sistema com serra tabular e escavadora hidráulica), verificaram que a extração com a serra tabular exigiu mais tempo (oito vezes mais) que a escavadeira. A serra tabular gastou cerca de 34% do tempo de deslocamento e aproximadamente 1 minuto e 20 segundos para remoção de um toco. Já com a escavadeira gastou-se 26% do tempo em deslocamento e 16 segundos para remover um toco.

Quanto as análises econômicas apresentadas nesse estudo, a escavadora hidráulica apresentou custo operacional de R\$ 107,00/hora e de R\$ 97,37/hora para a serra tubular. Contudo, a escavadora apresentou maior produtividade, o que resultou em menor gasto com a extração com R\$ 0,64/toco, diferentemente da serra tabular que teve um custo de R\$ 3,18/toco.

Após a extração, os tocos e raízes devem ser armazenados em local livre de pragas e doenças. Isso é importante para evitar a contaminação e propagação de contaminantes tanto do solo, quanto das mudas de um novo povoamento, principalmente em período chuvoso que propicia o aparecimento, por exemplo, de fungos.

Diante do exposto, verifica-se que o aproveitamento de resíduos da colheita florestal demonstra ter grande potencial para a geração de energia mundialmente e nacionalmente. Vale ressaltar que, apesar disso, há escassez de estudos científicos na literatura do Brasil sobre a biomassa de tocos e raízes de florestas, bem como estudos que comparem a biomassa de tocos e raízes de diferentes espécies ou ainda que estão sob condições de clima e solo diferentes.

Valor nutricional dos resíduos de colheita florestal

Por muito tempo os resíduos florestais foram submetidos a queima, tendo sido uma prática adotada também por empresas florestais como forma de limpeza da área de cultivo e para a melhoria de atividades operacionais e proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das árvores (Consensa, 2017).

Contudo, pesquisas demonstraram que essa prática gera impactos negativos, como a redução de matéria orgânica do solo, a degradação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, o que causa perdas de nutrientes, aumento da erosão (hídrica e eólica) e declínio na produtividade (Kumaraswamy et al., 2014; Schumacher et al., 2019).

Diante disso, as empresas buscaram outra forma de resolver o problema do acúmulo de resíduos, que foi a adoção do cultivo mínimo, distribuindo no plantio os resíduos da colheita, seja de forma uniforme (espalhados na área) ou em fileiras (Consensa, 2017). De acordo com Brun et al. (2021), os resíduos da madeira em processo de decomposição liberam nutrientes que influenciam na fertilidade solo e criam condições climáticas que favorecem a microbiologia do solo.

Nesse contexto, estudos sobre a quantificação do acúmulo de nutrientes são importantes para conhecer a dinâmica nutricional de povoamentos florestais e o potencial de uso e aproveitamento da biomassa residual (Wink et al., 2018).

Dick et al. (2016) ao determinar o estoque de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunni*, em Alegrete, Rio Grande do Sul, observaram que o Cálcio foi o elemento em maior quantidade, com 278,1 kg.ha⁻¹ e o segundo maior foi o nitrogênio, com 175,5 kg.ha⁻¹. A Tabela 2 apresenta os resultados dessa análise. Observa-se, a partir desses resultados, que os elementos Ca, N e Mg são os que apresentam maiores quantidades, especialmente na casca da madeira. Conforme Wink et al. (2018) a casca é caracterizada como sendo rica nesses nutrientes, pois possui células de parênquima com cristais de oxalato e carbonato de Mg e Ca.

Schumacher et al. (2019) analisando a sustentabilidade nutricional de resíduos como: galho vivo, folha, galho morto, casca do tronco, madeira e raiz, em povoamento de *Eucalyptus app.*, no Rio Grande do Sul, observaram um estoque total de nutrientes com participação média de 40,0% de cálcio, 25,6% de nitrogênio, 22,6% de potássio, 5,9% de magnésio, 3,1% de enxofre, 2,8% de fósforo. Já a participação por

componente deu-se na seguinte ordem: 27,5% de casca do tronco, 25,1% de folha, 22,5% de madeira do tronco, 14,4% de galho vivo, 9,4% de raiz e 1,1% de galho morto. Nesse estudo os pesquisadores observaram que a colheita de toda a biomassa (tronco da madeira + resíduos acima do solo) teve maior percentual de exportação de N, P, K, Ca, Mg e S (83%, 152%, 193%, 445%, 305% e 49%, respectivamente) que a colheita apenas do tronco da madeira.

Tabela 2. Valores obtidos para o estoque de nutrientes da biomassa residual de *Eucalyptus dunnii*, aos 60 meses. Fonte: Dick et al. (2016).

Resíduo	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha ⁻¹					
Galhos	25,34	2,25	28,57	63,08	11,54	2,32
Folhas	61,70	3,92	22,25	34,96	10,25	4,04
Madeira do tronco	60	7,75	79,19	51,43	24,49	12,65
Casca do tronco	28,50	4,28	40,97	128,62	22,86	2,46
Total	175,5	18,2	170,1	278,1	69,1	21,5

Isso demonstra que coletar apenas a madeira comercial (tronco da madeira) é uma alternativa mais conservadora para se evitar impactos negativos da colheita florestal (remoção dos resíduos) no solo cultivado e, com isso, evitar baixa produtividade nos próximos plantios.

Wink et al. (2018) também realizou um estudo do estoque de nutrientes da biomassa residual (folhas, galhos finos), da madeira, de galhos grossos e da casca de um híbrido *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *E. urophylla* S. T. Blake (clone H13) plantado em sistema agrosilvipastoril no Estado do Mato Grosso. Como resultado, os pesquisadores observaram que a biomassa residual e da madeira apresentaram maiores níveis de nutrientes. Contudo, a biomassa residual (folhas e galhos finos) e a casca apresentaram percentuais de nutrientes significativos, tendo totalizado: N 34%, P 37%, K 67%, Ca 39%, Mg 38%, S 21%, B 18% e Zn 38%. Esses resultados demonstram a importância dos resíduos na manutenção da nutrição do sítio, o que contribui para a diminuição da adubação após a colheita.

Com base nesses trabalhos, verifica-se que a manutenção de resíduos de colheita sobre o solo é importante para otimizar a ciclagem de nutrientes, tendo em vista os altos teores de nutrientes contidos nos resíduos em geral (Dick et al., 2016), além de possível diminuição de gastos com adubação.

CONCLUSÕES

A biomassa residual do setor florestal demonstra ser promissora para a diversificação da matriz energética, apresentando potencial expressivo para a geração de energia renovável.

As florestas de *Eucalyptus* e *Pinus* apresentam significativa produção de resíduos na colheita florestal, o que representa disponibilidade de resíduos para o atendimento da demanda por energia de fonte renováveis e de abastecimento contínuo.

O aproveitamento dos resíduos da colheita na forma de pellets, briquetes e cavacos são alternativas promissoras para a ampliação da geração de eletricidade.

Os resíduos da colheita *in natura* são importantes fontes de nutrientes para o solo quando deixados no local de plantio, pois fornece matéria orgânica, otimizam a ciclagem de nutrientes e reduzem custos com fertilizantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliotte FF (2020). Indicador de preço para valoração da biomassa a partir da geração de vapor no estado de São Paulo. Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia de São Paulo (Dissertação), São Paulo. 44p.
- Almeida AMCS et al. (2019). A produção de briquetes a partir dos resíduos de eucalipto: uma oportunidade de negócios para o litoral norte da Bahia. *Revista Valore*, 27-49.
- Almeida BO (2016). Viabilidade do aproveitamento de resíduos florestais. Universidade de São Paulo (Dissertação), Piracicaba. 96p.
- Álvarez-Álvarez P et al. (2018). Evaluation of Tree Species for Biomass Energy Production in Northwest Spain. *Forests*, 9(4): 160.
- Amorim EP et al. (2021). Aproveitamento dos resíduos da colheita florestal: estado da arte e oportunidades. *Research, Society and Development*, 10(2): e4410212175.
- Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa Pellets e Briquetes e Brasil Biomassa e Energia Renovável. ABIB. Disponível em: <<https://data.gessulli.com.br/file/2019/08/30/H163257-F00000-H650.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2021.
- Bauer JM, Sellito MA (2019). Estímulos e barreiras para o aproveitamento de resíduos de madeira na fabricação de briquetes: estudo de casos. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*. 2(4), 1267-1289.
- Borges ACP (2016). Energias renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. *Revista Eletrônica do PRODEMA Fortaleza*, 10(2): 23-36.
- Brassard P et al. (2020). Framework for consequential life cycle assessment of pyrolysis biorefineries: A case study for the conversion of primary forestry residues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Brun EJ et al. (2021). Contribuição de nutrientes ao solo por resíduos de serraria de *Pinus*. *Disciplinarum Scientia*, 22(1): 1-17.

- Casselli V (2016). Remoção de tocos de eucalipto com sistema de serra tabular. Universidade de São Paulo (Dissertação), Piracicaba, SP. 111p.
- Casselli V et al (2018). Rendimento operacional e viabilidade econômica na colheita de tocos de eucalipto em dois sistemas extração. *Scientia Forestali*, 46(117): 97-106.
- Castro AFNM et al. (2017). Quantification of forestry and carbonization waste. *Renewable Energy*, 103(4): 432-438.
- Coelho Junior LM et al. (2020). O desenvolvimento brasileiro das florestas de rápido crescimento com fins energéticos. *Brazilian Journal of Development*, 6(5): 28111-28125.
- Consensa CB (2017). Implicações silviculturais da colheita da biomassa e da remoção de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. Universidade Federal de Santa Maria (Tese), Santa Maria, 100p.
- Dias JMS et al. (2012). Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Brasília: Embrapa Agroenergia. 132p.
- Dick G et al. (2016). Quantificação da biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden estabelecido no Bioma Pampa. *Ecologia e Nutrição Florestal*, 4(1): 1-9.
- Diferenças entre briquetes e pellets. Smartfire. Disponível em: <<https://www.smartfire.pt/diferenca-entre-briquetes-e-pellets/>>. Acesso em: 10 de jun. 2021.
- Diniz CCC et al. (2018). Influência das interrupções sobre o grau de utilização de picadores florestais. *Scientific Journal*, 3(2): 267-272.
- Dulys-Nusbaum E et al. (2019). How willing are different types of landowner to supply hardwood timber residues for bioenergy? *Biomass Bioenergy*, 122(3): 45–52.
- EPE (2021). Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional (BEN). Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>>. Acesso em: 20 de jun. 2021.
- FAO (2020). Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/ca9825en>>. Acesso em: 20 de jun. 2021.
- FAO (2021a). Statistics Division Forestry Production and Trade. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>>. Acesso em: 25 de mai. 2021.
- FAO (2021b). Wood energy. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/energy/en/>>. Acesso em: 15 de jun. 2021.
- Ferreira JC et al. (2019). Estimativa da oferta de biomassa florestal em povoamentos de *Pinus taeda* L. após intervenções culturais. *Ciência Florestal*, 29(3): 1459-1468.

- Freitas JM et al. (2019). Histórico e detalhes do projeto de p&d Aneel. Guerra SPS & Eufrade Junior HJ. Recuperação energética da biomassa de tocos e raízes de florestas plantadas. Botucatu: Editora FEPAF. 32p.
- Freitas PC et al. (2016). Evaluation of briquetes from bamboo species produced under different temperatures. *International Journal of Current Research*, 8(9): 39260-39265.
- Garcia DP (2014). Peletes de madeira: uma questão de competitividade e preço. *Revista da Madeira*, 138.
- IBÁ (2019). Relatório 2019. Indústria Brasileira de Árvores. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2019-final.pdf>> Acesso em: 5 de jun. 2021.
- IBÁ (2020). Relatório 2020. Indústria Brasileira de Árvores. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>>. Acesso em: 20 de jun. 2021.
- IEA (2021a). Countries. International Energy Agency. Disponível em: <<https://www.iea.org/countries/brazil>>. Acesso em: 15 de jun. 2021.
- IEA (2021b). Data and Statistics. International Energy Agency. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics>> Acesso em: 10 mai. 2021.
- Kumaraswamy S et al. (2014). Harvest residue effects on soil organic matter, nutrients and microbial biomass in eucalypt plantations in Kerala, India. *Forest Ecology and Management*, 328: 140–149.
- Lippel (2021). Resíduos Florestais: Um grande potencial para geração de energia. Disponível em: <<https://www.lippel.com.br/noticias/residuos-florestais-um-grande-potencial-para-geracao-de-energia>>. Acesso em: 29 de mai. 2021
- Malta TF et al. (2017). Reaproveitamento de resíduos florestais e industriais de madeira. In: 9º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – SIEPE, 2017. Anais... Santana do Livramento. Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa.
- Miranda MAS et al. (2017). Eucalyptus sp. woodchip potential for industrial thermal energy production. *Revista Árvore*, 41(6).
- Moraes SL et al. (2017). Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. *Revista IPT-Tecnologia e Inovação*, 1(4).
- Moreira JMMAP, Oliveira EB (2017). Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. Oliveira, YMM & Oliveira, EB. *Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental*. 11-20p.
- Nedel T et al. (2018). Energias renováveis: uma revisão sobre o potencial de utilização da biomassa florestal no Brasil. Congresso Internacional de Bioamassa – CIBIO. Curitiba, PR.


- Nogueira DFB (2019). Tempo de secagem de árvores de *Eucalyptus dunnii* e ajustes das facas do picador na qualidade de cavacos para fins energéticos. Universidade Federal do Espírito Santo (Dissertação), Jerônimo Monteiro. 52p.
- Nones DL et al. (2017). Biomassa residual agrícola e florestal na produção de compactados para geração de energia. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 16(2): 155-164.
- Oro D (2015). Análise técnica de um cavaqueador e caracterização energética de cavacos de biomassa de colheita de madeira. Universidade Estadual do Centro Oeste (Dissertação), Irati. 77p.
- Oshiro TL (2016). Produção e caracterização de briquetes produzidos com resíduos lignocelulósicos. TCC (Curso Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Campus Londrina, Londrina. 78p.
- Pereira AS (2017). Uso de pellets de madeira para fins energéticos: pesquisa de mercado. Universidade Federal de Brasília - Trabalho Técnico. 77p.
- Pincelli ALSM et al. (2017). Quantificação dos resíduos da colheita em florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var *hondurensis*. *Scientia Forestalis*, 45(115): 519–526.
- Quenó LRM et al. (2019). Aspectos técnicos da produção de pellets de madeira. *Ciência Florestal*, 29(3): 1478-1489.
- Ramos WF et al. (2018). Geração de resíduos madeireiros do setor de base florestal na região metropolitana de Belém, Pará. *Ciência Florestal*, 28(4): 1823-1830.
- Ribeiro GBD et al. (2017). Produção de biomassa florestal para energia em sistemas agroflorestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(92): 605-618.
- Saccol AFO et al. (2020). Aproveitamento da biomassa florestal na fabricação de briquetes. *Revista Matéria*, 25(2).
- Sanquetta CR et al. (2019). Produção e consumo de energéticos de madeira no Brasil entre 2012 e 2017. *Enciclopédia Biosfera*, 16(29): 1261.
- Santi T (2021). Eldorado Brasil inaugura a maior usina de biomassa do país ainda no 1.º trimestre. Reportagem Especial. *Revista O Papel*. Disponível em: <http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1611880103_be609cb1e455d9cad0633914e90bc8e8_1511183091.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Santiago FLS, Resende MA (2014). Aproveitamento de resíduos florestais de *Eucalyptus* spp na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica. *Energia na Agricultura*, 29(4): 241-253.
- Santiago FLS, Rezende MA (2014). Aproveitamento de resíduos florestais de *Eucalyptus* na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica. *Energia na Agricultura*, 29(4): 241-253.

- Santos RM et al. (2021). Energia e sustentabilidade: panorama da matriz energética brasileira. *Revista Scientia*, 6(1): 13-33.
- Schumacher MV et al. (2019). Manejo da biomassa e sustentabilidade nutricional em povoamentos de *Eucalyptus* spp. em pequenas propriedades rurais. *Ciência Florestal*, 9(1): 144-156.
- Silva MRV et al. (2020). Energia eólica, solar e de biomassa: uso, perspectiva e desafios. *Biodiversidade*, 19(4): 137.
- Silva RC et al. (2016). Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59: 328-341.
- Simangunsong BCH et al. (2017). Potential forest biomass resource as feedstock for bioenergy and its economic value in Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 81: 10–17.
- Simangunsong BCH et al. (2019). Economic value of wood processing mill residues as feedstock for bioenergy in Indonesia. *Journal Japanese Institut Energy*, 98: 110 – 114.
- Simioni FJ et al. (2018). Production chain of forest biomass energy: a case of eucalyptus firewood in the productive pole of itapeva/sp state. *Ciência Florestal*, 28(1): 310-323.
- Souza GHR et al. (2017). Mercado potencial do uso de briquetes no Brasil. IV SIMTEC. 2017. Disponível em: <<https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/262>>. Acesso em: 20 de out. de 2021.
- Souza MM et al. (2012). Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduo da colheita e do processamento de *Pinus taeda*. *Floresta*, 42(2): 325-334.
- Szymaczak DA (2015). Manejo dos resíduos da colheita de *Pinus taeda* L. E sua relação com a compactação do solo, exportação de nutrientes e potencial energéticos. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Vatraz S, Borges FQ (2019). Análise de resíduos florestais após colheita semimecanizada em um plantio de coníferas no paraná. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(1): 65-80.
- Win ZC et al. (2018). Consumption Rates and Use Patterns of Firewood and Charcoal in Urban and Rural Communities in Yedashe Township, Myanmar. *Forests*, (9): 429.
- Wink C et al. (2018). Biomassa e nutrientes de eucalipto cultivado em sistema agrossilvipastoril. *Nativa*, (6): 754-762.


A certificação como uma ferramenta na conservação de florestas naturais

Recebido em: 24/01/2022

Aceito em: 28/01/2022

 10.46420/9786581460280cap2

Stanley Schettino^{1*} 

Paloma Couto Cardoso¹ 

INTRODUÇÃO

Desde que o homem moderno descobriu os múltiplos usos da madeira e seus potenciais produtivos e de exploração, a conservação florestal, consequência da preocupação e da escassez desse recurso, se popularizou. A exploração do potencial produtivo das florestas brasileiras iniciou-se no período colonial, com a exportação do pau-brasil pelos portugueses e se estende até os dias atuais. A primeira área protegida do Brasil foi o Parque Nacional de Itatiaia, criado em 1937, mas que só teve visibilidade do Governo Federal em 2003 (Medeiros; Garay, 2006). Sua representatividade nas conquistas dentro da conservação florestal, por ser uma demanda antiga, tendo sido iniciada ainda no período colonial e imperial, corrobora sua importância no cenário ambiental brasileiro, segundo aponta Medeiros (2003). Como visto, a primeira iniciativa tomada em consenso para fins de conservação florestal iniciou-se 437 anos depois de exploração intensa, sem que houvesse planos de manejo e planejamento florestal.

Partindo da importância em se usufruir do recurso florestal de forma responsável, a certificação florestal surgiu nos anos 80 e 90 do século passado (Spathelf et al., 2004), fruto do crescimento da demanda por madeira em diversos países, do consumo predatório do recurso florestal nos países tropicais, incluindo o Brasil, e da competitividade entre mercados já que a madeira certificada tinha mais apreço do consumidor e era mais atrativa a investimentos, quando comparada a aquela sem certificação. Pensando em certificação, é imprescindível esclarecer que se trata de uma forma de garantia prática, pelo menos em algumas de suas esferas, do que é estabelecido no Código Florestal.

Uma das principais discussões relativas à revisão do Código Florestal, consiste na incorporação da concepção do desenvolvimento sustentável, através da conciliação das dimensões sociais, econômicas e ambientais e, assim contribuir para o desenvolvimento dos interesses do país, considerando a limitação dos recursos naturais. A questão é que conciliar estes interesses - sociais, econômicos e ambientais - não é

¹ Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Montes Claros - MG.

* Autor correspondente: schettino@ufmg.br

tão simples, pois para isto se deve promover a integração entre a conservação dos recursos naturais defendido por ambientalistas e acadêmicos, além do desenvolvimento econômico apoiado pelos ruralistas (Praes, 2012).

O conceito de certificação surgiu como resposta as preocupações geradas pelo desmatamento desenfreado que também se trata de um fenômeno em escala global. Desta forma, a certificação veio como uma ferramenta de controle das práticas produtivas florestais por meio da valorização no mercado e dos produtos originados de manejo responsável das florestas. Quando se garante o manejo consciente, incorpora-se também de forma igualitária, os interesses de grupos sociais, ambientais e econômicos (FSC, 2018). O objetivo dos sistemas de certificação segundo Basso et al. (2012), é promover práticas ambientalmente corretas, socialmente justas, economicamente viáveis e garantir que a cadeia de custódia da madeira produzida seja de conhecimento dos consumidores e da sociedade.

Segundo dados do *Forest Stewardship Council* (FSC), atualmente existem 3 modalidades de certificação, sendo elas o manejo florestal, a cadeia de custódia e a madeira controlada. A certificação do tipo manejo florestal expressa que a floresta foi manejada de forma responsável e é caracterizada segundo o produto que será comercializado, que pode ser madeireiro ou não madeireiro. A certificação do tipo cadeia de custódia garante a rastreabilidade de toda a cadeia produtiva desde a produção da matéria-prima. A certificação de madeira controlada trata-se da garantia de que houve uma avaliação dos materiais florestais usados para determinado produto, excluindo os mesmos de serem procedentes de atividades florestais social e ambientalmente danosas.

Com o problema do crescente avanço da degradação das florestas naturais, que vem contribuindo negativamente para a sustentabilidade desses ecossistemas, as gerações futuras não têm garantido o direito de atendimento de suas necessidades. Diante deste cenário, uma alternativa eficiente para garantir a sustentabilidade destes importantes recursos naturais é a conservação das florestas naturais, processo que pode ser otimizado a partir da aplicação das ferramentas da certificação florestal. Devido a ausência de compromisso com a conservação florestal por parte dos produtores rurais (de acordo com o Projeto de Lei do Senado nº 325, de 2006 - Estatuto do Produtor Rural - produtor rural é a pessoa física ou jurídica que explora a terra, com fins econômicos ou de subsistência, por meio da agricultura, da pecuária, da silvicultura, do extrativismo sustentável, da aquicultura, além de atividades não-agrícolas, respeitada a função social da terra) e, ou, florestais sem certificação, agravando a questão da sustentabilidade, a certificação florestal pode apresentar uma contribuição efetiva para a conservação das florestas naturais.

Face ao exposto, este estudo teve como objetivos: verificar se a certificação florestal contribui para a conservação das florestas naturais; e comparar os níveis de conservação das florestas naturais de empreendimentos do setor florestal brasileiro certificados com outros setores do agronegócio.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizado uma pesquisa bibliográfica, aqui entendida como o ato de buscar informações sobre determinado assunto, por meio de um levantamento realizado em base de dados nacionais.

Desta forma, foi desenvolvido um estudo bibliográfico sistemático acerca dos aspectos relativos a certificação florestal e a conservação das florestas naturais, mediante pesquisa bibliográfica e em base de dados do Google Acadêmico e do Portal CAPES, usando como descritores as palavras legislação florestal, certificação florestal, conservação de recursos naturais, sustentabilidade e florestas naturais, apenas no idioma português.

A revisão sistemática é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema, definindo seu método como: uma pergunta clara, a definição de uma estratégia de busca, o estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos estudos e uma análise criteriosa da qualidade da literatura selecionada (Sampaio; Mancini, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre conservação

As mudanças expressas no “novo código florestal” abrangeram muitos pontos do antigo e outros já presentes na constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Dito isso, é imprescindível falar sobre a força dos latifundiários no congresso, e nossa dependência histórica pela agricultura convencional de larga escala onde os pequenos produtores e o meio ambiente são os principais prejudicados com essas alterações uma vez que, os agricultores familiares não têm incentivo real do governo e não é possível unir conservação de recursos com o modelo de agricultura referido (Valadão; Araújo, 2013).

Desde que o código florestal fosse inviolável em tudo que propõe, sua eficiência na garantia de exploração sustentável seria segura, porém há muitos abonos legislativos em premissas da Constituição, que colocam a proteção de florestas à mercê de interesses dos mais influentes. Quando se pensa em florestas plantadas, a certificação, por exemplo, garante o cumprimento de muito do que é previsto na legislação, mas quando muda-se o foco, as florestas naturais ainda estão a mercê do que tange muito do proposto no código porque, no âmbito da agricultura, ainda é difícil para os órgãos ambientais o eficiente controle e fiscalização do desmatamento. É necessário se utilizar ferramentas de segurança jurídicas, ambientais e sociais como a certificação e cobrar do setor madeireiro como um todo, sem entrar no mérito do pequeno ou grande empresário do ramo (Araújo, 2011; IUCN, 1994).

Como demonstraram Brown e Lugo (1990) em seu estudo, é preciso um distúrbio ou perturbação para que aconteça a eliminação de 90% de cobertura vegetal primária, resultando dessa maneira em vegetação secundária, ou seja, uma área que foi perturbada por exemplo para fins agrícolas de pastagens

ou outros cultivos, levará muitos anos para que, caso seja cessada a exploração, a vegetação retome sua posição fitossociológica individual e natural naquele ecossistema.

É imprescindível falar que, para a gestão sustentável do recurso florestal é preciso compreender primeiramente que, ainda somos (Estado, legislação, sociedade, produtores, consumidores, cidadãos, etc.) pouco disponíveis a modelos produtivos comprometidos socialmente com a preservação (Drummond, 1999). A cultura de que a preservação florestal não é ligada a alteração daquele ambiente ainda é forte no Brasil então, é necessária a desconstrução desse conceito para que sejamos melhor receptivos na logística da produção ambiental e socialmente sustentável. Por vezes, o custo de implantação de tecnologias ainda que, inovadoras no setor florestal, desmotiva alguns investidores (pequenos produtores), devido ao capital necessário de investimento. Existe ainda uma questão cultural envolvida no processo que é, grandes produtores ainda são resistentes a modelos que fujam daquele predatório, gerando desta maneira um conflito de interesses no paralelo: produção x sustentabilidade. Precisamos repensar o nosso papel social, humanitário, ambiental e econômico para com as florestas. São necessárias ações de orientação, pesquisa, fiscalização e punição por parte do Estado. Por parte da sociedade, organizações diversas que provoquem a própria sociedade/consumidores no sentido de buscar madeira certificada, como resultado de uma atividade com mínimo impacto, atendimento a legislação e contribuição para a preservação dos ecossistemas, mesmo que por *marketing* verde (Schettino et al., 2018).

De acordo com Medeiros (2003), a avaliação da realidade no setor florestal brasileiro é imprescindível, e na prática, sabemos que é impossível produzir sem gerar algum dano a aquele ambiente. Dito isto, o objetivo de qualquer empresa/produtor que pautar a sustentabilidade deve ser primeiramente minimizar os danos porque erradicá-los, dentro de uma lógica produtiva, não é possível. Deve-se garantir ainda que a qualidade do produto não seja alterada, que seja ambientalmente e socialmente viável e ainda que traga o retorno financeiro esperado. A cobrança dos consumidores por uma madeira livre de desflorestamento é alta nos dias atuais e com isso o termo “sustentabilidade” construiu bases culturais sólidas e de fortalecimento no que diz respeito a certificação.

Com toda a pressão exercida sob as empresas produtoras de madeira para a certificação que, via de regra, é uma garantia prática no exercício do que prevê o código florestal, a certificação recebe cada vez mais adeptos. No Brasil existem cerca de 56 empresas madeireiras certificadas pela CERFLOR sendo que, as empresas que detêm maiores áreas e maior visibilidade do mercado de produção de madeira são mais cobradas no firmamento do compromisso ambiental. Observa-se, em verdade, que apesar da cobrança por parte dos consumidores e do compromisso das empresas produtoras de madeira, o crescente número de desflorestamento não está intimamente ligado com o setor de produção de madeira, mas sim com a agroindústria que ainda não utiliza de meios de certificação que garantam o uso sustentável das suas áreas produtivas (Voivodic; Beduschi Filho, 2011).

Sobre certificação florestal

Um dos momentos decisivos para a adesão da certificação foi a Conferência de Estocolmo, promovida pelas nações unidas que tratou sobre o meio ambiente humano em 1972, na Suécia. O Brasil teve protagonismo por ter sido decisivo em muitos dos objetivos da Conferência. A Declaração sobre o Meio Ambiente Humano foi um documento conclusivo pós debate e, no âmbito do Brasil, a principal preocupação era a perda de cobertura vegetal natural causada pela depredação e substituição do recurso florestal pelo agrícola. Entretanto, a associação feita entre produtores florestais e o desmatamento surtiu um efeito contrário ao esperado. Os produtores rurais tinham dificuldades em inserir seus produtos florestais no mercado, como consequência, perdiam interesse em sustentar as florestas retornando ao modelo de desmatamento para introdução agrícola onde o produto principal era a pastagem. Em meados de 1980, a premissa de desmatar para cultivar se tornou impopular no que se dizia respeito aos consumidores de madeira. Estes, buscavam por madeira certificada onde se atestasse não ser proveniente de produção predatória e o mercado se mostrou mais disponível e interessado (Maser, 1977; Siqueira, 2001).

A união de meio ambiente, sociedade e economia impulsionou a locomotiva que daria vantagem ao modelo produtivo certificado. Com a demanda pela certificação em alta no mercado consumidor e a pressão de ambientalistas e pequenos produtores, nasceu a *Forest Stewardship Council* (FSC) na década de 90. A FSC, é uma iniciativa internacional de certificação. No Brasil, surgiu a CERFLOR, certificação que busca junto com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) garantir a genuinidade dos processos produtivos madeireiros no Brasil (Spathelf et al., 2004).

Outros países também tiveram suas iniciativas nacionais. Com a receptividade do mercado madeireiro a certificação, fez-se necessário a criação de um suporte que assessorasse as iniciativas internacionais “recém-nascidas” em todo o mundo. Com o surgimento do PEFC (*Program for the Endorsement of Forest Certification Council*) em 2000, foi possível o reconhecimento dos selos criados em países como o Brasil. Tanto a FSC quanto a PEFC cumprem com a legislação florestal vigente no país referido pois, é imprescindível para a avaliação do manejo, que seja obedecido o que rege o Código florestal em comunhão com a Constituição vigente (Borges et al., 2011). Apesar de existirem 3 tipos de certificação, as mais populares e aproveitadas são a certificação de manejo e a certificação do tipo cadeia de custódia. A primeira certificação busca atestar que as atividades ali realizadas, sigam os parâmetros e exigências pré-estabelecidas pela FSC, sendo ambientalmente corretas, economicamente viáveis e socialmente justas (Upton; Bass, 1996; Viana et al., 1996; Voivodic; Beduschi Filho, 2011).

Segundo aponta Lentini et al. (2005), a certificação do tipo cadeia de custódia é um segmento específico da certificação que comprova o uso da madeira certificada por meio do selo FSC para empresas processadoras de produtos florestais. Existe ainda uma “variante” da certificação do tipo manejo que é a

certificação do Manejo florestal comunitário, popularmente conhecido na Amazônia que busca agregar a comunidade residente num plano de manejo específico que permite que o mesmo, extraíam madeira certificada (Medina; Pokorny, 2008).

Outro modelo de certificação praticado no Brasil é a Certificação de Madeira Controlada, que segundo aponta a FSC busca desenvolver, revisar e manter o padrão de qualidade excluindo 5 precedentes de atividades florestais danosas, não aceitas pelas premissas estabelecidas pela FSC (Voivodic; Beduschi Filho, 2011).

Segundo dados obtidos da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI), das 8 empresas certificadas que constam em seus registros, nenhum dos referidos apresentou certificações do tipo FSC ou CERFLOR, alertando portanto que ainda é necessário se investir em propostas que busquem a certificação com os referidos selos, no setor de compensados e laminados, principalmente sendo que a maioria das empresas dos outros segmentos florestais (serraria, papel e celulose por exemplo) possuem certificação (ABIMCI, 2019).

De acordo com Basso et al. (2012), existem algumas experiências importantes como na mata Atlântica que, por meio de uma iniciativa de organizações não governamentais como a SOS Mata Atlântica e o Instituto para o Manejo Florestal e Agrícola (IMAFLORA), dentre outras, levaram a certificação a outro patamar, a dos produtos de origem florestal não madeireiros (PFNM's) como cascas, raízes, folhas, flores e frutos. Dito isto, claramente é observado que a demanda por outros tipos de selo de certificação florestal que abranjam produtos “além madeira” é crescente e a tendência é que haja no mercado cada vez mais produtos certificados.

Certificação florestal e conservação

Cada sistema de certificação tem uma forma específica de funcionar, com normas e políticas de certificação próprias e diferentes níveis de rigor e entrada de produtores certificados no sistema. Diversos deles tratam da conservação de florestas de alguma forma (Pinto et al., 2014). O FSC está entre os sistemas de certificação com maior ênfase na conservação de vegetação nativa e da biodiversidade para o setor florestal. Suas normas ou padrões de certificação cobrem alguns temas da conservação de florestas, incluindo a proibição da expansão da produção sobre florestas a partir de datas determinadas em suas normas, incentivo explícito para a restauração e para o aumento da conectividade entre remanescentes de vegetação nativa (Quadro 1).

Quadro 1. Resumo dos Princípios mais relevantes da certificação FSC para a conservação de vegetação nativa

Princípio	Resumo do objetivo do Princípio
1. Conformidade com as Leis e Princípios do FSC	O manejo florestal deve respeitar toda legislação aplicável do país em que atua e os tratados e acordos internacionais dos quais o país é signatário.
5. Benefícios da Floresta	As operações de manejo florestal devem incentivar o uso eficiente dos múltiplos produtos e serviços da floresta para assegurar a viabilidade econômica e uma grande variedade de benefícios ambientais e sociais.
6. Impacto Ambiental	O manejo florestal deve conservar a diversidade ecológica, os recursos hídricos, os solos, os ecossistemas e paisagens frágeis e singulares e, dessa forma manter as funções ecológicas e a integridade das florestas. Não deve ocorrer a conversão de florestas após 1993.
9. Manutenção de Florestas de Alto Valor de Conservação	Atividades de manejo nas florestas de alto valor de conservação devem manter ou melhorar os atributos destas florestas.

Fonte: Adaptado de Pinto et al. (2014).

Ainda, de acordo com os autores, a conservação das florestas e da vegetação nativa do Brasil ainda é um grande desafio. A expansão da fronteira agropecuária, a construção de infraestrutura, o crescimento econômico sem planejamento territorial abrangente e a governança insuficiente ameaçam os compromissos e as metas nacionais de redução do desmatamento e restauração da vegetação. A complexidade para atingir estas metas requer uma integração de políticas públicas e privadas, mandatórias e voluntárias, de comando e controle e de incentivos. A certificação socioambiental faz parte das iniciativas privadas, voluntárias e de incentivos. Ela tem um papel e uma contribuição importante neste mosaico de soluções para conservar a vegetação nativa do Brasil (Silva, 2012).

Conservação de florestas naturais no setor florestal e nos setores produtivos do agronegócio

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (IBÁ, 2021), estima-se que, no Brasil, o setor florestal é o que mais protege áreas naturais. Já são quase 6 milhões de hectares destinados a conservação, somando-se as áreas de restauração, Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas de Reserva Legal (RL) e áreas de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), que contribuem diretamente para a conservação da biodiversidade. Isso significa quase um hectare protegido para cada hectare plantado com espécies de reflorestamento.

Ainda, há que se considerar que, com a utilização das mais avançadas técnicas de manejo sustentável, as florestas plantadas ocupam mais de 8,0 milhões de hectares e representam menos de 1% do território nacional, mas são responsáveis por mais de 90% de toda a madeira utilizada para fins

produtivos, além de contribuírem de forma inegável para a conservação da biodiversidade, preservação do solo, regulação dos recursos hídricos, recuperação de áreas degradadas e geração de energia renovável (IBÁ, 2021).

Por outro lado, o setor produtivo da cana de açúcar (sucroenergético – açúcar e álcool) contava, em 2016 no Brasil, com uma área total de plantio de 10,3 milhões de hectares (UNICA, 2016). Segundo o último relatório de sustentabilidade divulgado pela UNICA, suas empresas associadas apresentavam um total de pouco mais de 143 mil hectares de áreas ciliares protegidas em um universo de 2,1 milhões de hectares de área total plantada com cana de açúcar. Somando-se ao mínimo de RL necessária (20%), tem-se um total de 560 mil hectares de áreas protegidas. Extrapolando esses valores para o universo da cana de açúcar, isso significa, em valores aproximados, um hectare protegido para cada quatro hectares plantados com cana de açúcar (UNICA, 2016).

Ao considerar a participação da soja no agronegócio brasileiro, há de se exaltar sua importância para a economia do País. Entretanto, contando com cerca de 33,5 milhões de hectares de área de efetivo plantio, o setor vem experimentando constante crescimento em sua área plantada. O avanço do grão é sinal do otimismo para os produtores, mas, no caso dos ambientalistas, é motivo para preocupação. A lavoura da soja, baseada na grande propriedade monocultora, tem incentivado o desmatamento em áreas do Cerrado e da Amazônia em diversos municípios brasileiros, onde, até então, a área da cultura já era dada como consolidada. Setores do governo federal que monitoram a derrubada da floresta, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), assim como organizações da sociedade civil, entre eles o Greenpeace, o Instituto Centro de Vida (ICV), a Comissão Pastoral da Terra (CPT) e a própria Repórter Brasil, têm alertado para as conexões entre os novos desmatamentos e a soja (Repórter Brasil, 2011).

Dados disponibilizados pelo sistema Detecção do Desmatamento em Tempo Real (Deter), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), indicaram que nos meses de março, abril e maio de 2011 o Mato Grosso, maior produtor de soja do país, liderou as estatísticas de derrubada da mata (DETER, 2018). Informações semelhantes foram obtidas pelo Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD, outro instrumento de monitoramento por satélite da floresta), da ONG Imazon, sediada no Pará (IMAZON, 2018). O SAD aponta que, entre agosto de 2010 a junho de 2011, a área desmatada na Amazônia alcançou 6.274 quilômetros quadrados – um aumento de 266% sobre o período equivalente anterior – e os produtores mato-grossenses também lideraram as estatísticas de degradação, com 60% das matas derrubadas naquele intervalo.

Além disso, não foram encontrados registros na literatura de que os produtores de soja brasileiros tenham se empenhado para preservar nada mais do que os 20% de RL exigidos por legislação. Desta forma, tem-se um hectare protegido para cada quatro hectares plantados com soja no Brasil (Figura 1). Tal

cenário parece não ser diferente nos demais setores do agronegócio, merecendo destaque a pecuária (com 172,3 milhões de hectares de pastagens no país, de acordo com o Censo Agropecuário de 2006) e a produção de grãos em geral (3,3 milhões de hectares plantados com feijão no Brasil; 17,0 milhões de hectares plantados com milho; dentre outras culturas).

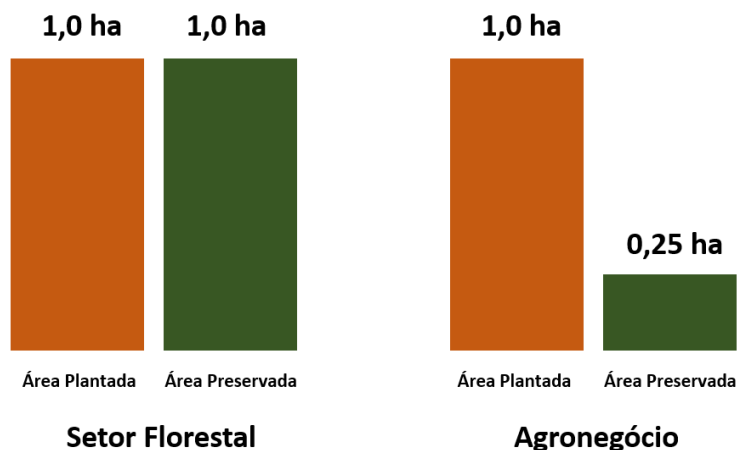


Figura 1. Relação entre área plantada e área preservada, para cada hectare produtivo, nos setores florestal e do agronegócio brasileiro. Fonte: os autores.

Diferentemente do setor de florestas plantadas, os demais setores do agronegócio não contam com um sistema de certificação de seu manejo como, por exemplo, o *Forest Stewardship Council* – FSC, que prega em seus princípios, critérios e indicadores, de forma bastante clara, a imperiosa necessidade de preservação dos ecossistemas naturais. Ainda, os critérios de certificação FSC deixam claro que não são passíveis de certificação as áreas que tiveram seus usos convertidos de florestas naturais para florestas de produção a partir de novembro de 1994 (FSC, 2018). Considerando que a grande maioria das grandes empresas florestais brasileiras possuem, dentre outras, a certificação FSC, é verdadeiro afirmar que as florestas de produção contribuem significativamente para a redução da pressão sobre as florestas naturais para a produção de produtos de base florestal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por madeira devido aos seus múltiplos usos apesar de antiga e crescente, dentro do que se espera numa perspectiva de sustentabilidade ainda tem muito a ser desenvolvido. Atividades predatórias, sem a devida preocupação com a garantia da perpetuação do recurso, ainda são muito utilizadas apesar de todo o esforço social, ecológico, cultural, jurídico e tecnológico em busca de uma nova consciência ambiental.

Apesar das alterações e reestruturações no Código Florestal Brasileiro, desde 1934 até 2012, do apoio da Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988, da legislação ambiental, das premissas ambientais discutidas amplamente em encontros de interesses nacionais e internacionais e a

cobrança dos consumidores, ainda assim não vem sendo possível, “a priori”, reduzir consideravelmente os níveis de desmatamento e garantir a conservação das florestas naturais.

Dessa forma, um mecanismo de mercado, que permitisse rotular produtos originados de florestas bem manejadas, surgiu como alternativa a ser implementada em resposta a essas preocupações globais. Sistemas de avaliação independente e de certificação voluntária do manejo florestal foram criados em vários países como, por exemplo, o Forest Stewardship Council (FSC) em nível mundial e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (CERFLOR), em nível nacional. O objetivo dos sistemas de certificação é promover o “bom manejo” das florestas, por meio de práticas ambientalmente corretas, socialmente justas e economicamente viáveis.

Em geral, essas normas ou padrões de certificação cobrem alguns temas da conservação de florestas, incluindo a proibição da expansão da produção sobre florestas a partir de datas determinadas em suas normas, além de apresentarem mecanismos de incentivo explícito para a manutenção, restauração e para o aumento da conectividade entre remanescentes de vegetação nativa, sendo, assim, importantes aliadas no desafio da conservação das florestas naturais.

De acordo com este estudo, as seguintes considerações podem ser tecidas:

- O setor florestal brasileiro ocupa posição de destaque quanto a conservação das florestas naturais, quando comparado com outros setores do agronegócio;
- A certificação florestal contribui positivamente para a conservação das florestas naturais;
- Nas empresas florestais certificadas, observa-se em média 1 hectare preservado para cada hectare plantado;
- Nas empresas dos outros setores do agronegócio, além de não possuírem rígida certificação de seus produtos, observa-se que para cada 4 ha de área produtiva, apenas 1 ha é preservado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo SMVG (2011). Origem e principais elementos da legislação de proteção à biodiversidade no Brasil. Ganem RS (org.). Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas. Brasília: Câmara dos Deputados. 177-222.
- ABIMCI (2019). Estudo setorial 2019. Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Disponível em: <<https://abimci.com.br/publicacao/estudo-setorial-2019/>>. Acesso em: 15/09/2021.
- Basso VM et al. (2012). Contribuição da certificação florestal ao atendimento da legislação ambiental e social no Estado de Minas Gerais. Revista Árvore, 36(4): 747-757.


- Borges LAC et al. (2011). Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. *Ciência Rural*, 41(7): 1202-1210.
- Brown S, Lugo A (1990). Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6(1): 1-32.
- DETER (2018). Desmatamento nos municípios e unidades de conservação. Detecção de Desmatamento em Tempo Real. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter>>. Acesso em: 08/11/2018.
- Drummond JA (1999). A legislação ambiental brasileira de 1934 a 1988: comentários de um cientista ambiental simpático ao conservacionismo. *Ambiente & Sociedade*, 3(4): 127-149.
- FSC (2018). Princípios e critérios do FSC. Forest Stewardship Council. Disponível em: <<https://br.fsc.org/pt-br/politicas-e-padres/principios-e-critrios>>. Acesso em: 26/07/2018.
- IBÁ (2021). Relatório IBÁ 2021. São Paulo: Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas. *Indústria Brasileira de Árvores*, 93p.
- IMAZON (2018). O estado das áreas protegidas: degradação florestal. Instituto do Homem e Meio Ambiente da AMAZÔNIA. Disponível em: <<https://www.imazongeo.org.br/#/>>. Acesso em: 08/11/2018.
- IUCN (1994). *Guidelines for Protected Areas Management Categories*. Cambridge, United Kingdom and Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature. 29p.
- Lentini M et al. (2005). *Fatos florestais da Amazônia 2005*. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. 140 p.
- Maser C (1997). *Sustainable forestry: philosophy, science and economics*. Boca Raton: St. Lucie. 373 p.
- Medeiros RA (2003). *A proteção da natureza: das estratégias internacionais e nacionais às demandas locais*. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (Tese), Rio de Janeiro. 391 p.
- Medeiros R, Garay I (2006). Singularidades do sistema de áreas protegidas para a conservação e uso da biodiversidade brasileira. Garay I, Becker B (orgs.). *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI*. Petrópolis: Vozes. 159-184 p.
- Medina G, Pokorny B (2008). *Avaliação financeira do manejo florestal comunitário*. Brasília: ProManejo/IBAMA. 6 p.
- Pinto LFG et al. (2014). Incentivos para a conservação de florestas: a experiência da certificação no Brasil. *Sustentabilidade em debate*, Número 1. Piracicaba: IMAFLORA. 28 p.
- Praes EO (2012). *Código Florestal brasileiro: evolução histórica e discussões atuais sobre o novo código florestal*. Disponível em: <http://educonse.com.br/2012/eixo_19/PDF/20.pdf> Acesso em: 19/09/2019.
- Repórter Brasil (2011). *O avanço da soja e o Novo Código Florestal: uma análise dos impactos do projeto em debate no Congresso*. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/documentos/Soja2011.pdf>>. Acesso em: 19/11/2018.

- Sampaio R, Mancini M (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(1): 83-89.
- Schettino LF et al. (2018). O novo Código Florestal brasileiro e a reformulação da visão de sustentabilidade. *Agricultura Científica no Semi-Árido*, 14(3): 228-233.
- Silva DB (2012). Sustentabilidade no Agronegócio: dimensões econômica, social e ambiental. *Comunicação & Mercado*, 1(3): 23-34.
- Siqueira TV (2001). Desenvolvimento sustentável: Antecedentes históricos e propostas para a Agenda 21. *Revista do BNDES*, 8(15): 247-288.
- Spathelf P et al. (2004). Certificação florestal no Brasil – uma ferramenta eficaz para a conservação das florestas naturais? *Floresta*, 34(3): 373-379.
- UNICA (2016). Setor suco energético: mapa de produção 2016. União da Indústria de Cana de Açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/mapa-da-producao/>>. Acesso em: 22/10/2018.
- Upton C, Bass S (1996). *The forest certification handbook*. London: Earthscan. 219 p.
- Valadão MAO, Araújo PS (2013). A (dis)função socioambiental da propriedade no novo Código Florestal brasileiro: uma análise à luz da órbita econômica constitucional. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, 3(1): 139-172.
- Viana VM et al. (1996). *Certification of forest products: issues and perspectives*. Washington: Island. 261 p.
- Voivodic MA, Beduschi Filho LC (2011). Os desafios de legitimidade em sistemas multissetoriais de governança: uma análise do *Forest Stewardship Council*. *Ambiente & Sociedade*, 14(1): 115-132.


Tolerância do Pinhão-Manso à Toxicidade do Alumínio pelo Método do Papel-Solução


Recebido em: 15/02/2022

Aceito em: 18/02/2022

 10.46420/9786581460280cap3

Marceli Fernandes Pereira¹ 

Michele dos Santos Leite¹ 

Alan Mario Zuffo² 

Fábio Steiner^{3*} 

INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie nativa da América tropical e pertence à família Euphorbiaceae. É uma cultura que se encontra amplamente distribuída nas áreas áridas e semiáridas da América do Sul e em todas as regiões tropicais da América Central e América do Sul, África, Índia, Sudeste Asiático e Austrália (King et al., 2009). Nas últimas décadas, esta espécie perene tem recebido atenção especial devido ao seu elevado teor de óleo nas sementes, que pode ser utilizado na produção de biodiesel (Arruda et al., 2004; Kumar; Sharma, 2008).

Esta espécie tem sido relatada como uma planta rústica, que se desenvolve em áreas com condições limitante, como a deficiência hídrica e altas temperaturas, e condições de solo marginais de baixa fertilidade natural (Arruda et al., 2004; Saturnino et al., 2005), onde a maioria das culturas de interesse agrícola não são capazes de crescer de forma satisfatória (Francis et al., 2005). No entanto, para alcançar altos níveis de produtividade, a planta requer solos férteis e boas condições físicas e hídricas (Kumar; Sharma, 2008). De acordo com Arruda et al. (2004), em solos ácidos com pH abaixo de 4,5, as raízes de pinhão-manso não crescem. Assim, a correção da acidez e da fertilidade do solo são fundamentais para se obter sucesso e lucratividade com a exploração econômica desta cultura (Laviola; Dias, 2008; Souza et al., 2011). Esta constatação torna-se, ainda, mais relevante em decorrência das principais regiões produtoras de pinhão-manso no Brasil encontrarem-se localizadas em solos ácidos, caracterizados por baixa saturação por bases

¹ Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. Graziela Maciel Barroso, km 12, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil.

² Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Praça Gonçalves Dias, s/n, Centro, CEP 65800-000, Balsas, MA, Brasil.

³ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. MS 306, km 6.4, CEP 795400-000, Cassilândia, MS, Brasil.

* Autor correspondente: steiner@uems.br

e teores elevados de alumínio trocável (Al^{3+}), suficientes para alterar o crescimento normal de muitas espécies de plantas cultivadas.

No entanto, pouco se conhece sobre os efeitos da presença de alumínio (Al^{3+}) no processo de germinação das sementes e no crescimento inicial das plantas de pinhão manso. A toxicidade do Al é considerada um dos principais fatores que limitam o crescimento das plantas, por causar inibição do crescimento radicular (Giannakoula et al., 2008). No Brasil, o Al em níveis tóxicos está presente em 60% das áreas com potencial agrícola (Sanches; Salinas, 1981). Assim, o conhecimento e seleção de espécies menos sensíveis aos efeitos deletérios do Al é uma alternativa que oferece possibilidade de sucesso, para a implantação destas culturas nestas áreas agrícolas.

Diversos estudos têm sido realizados utilizando soluções nutritivas com o intuito de determinar a tolerância de espécies perenes ao Al (Braccini et al., 1998; Tecchio et al., 2006; Stolf et al., 2008; Mattiello et al., 2008; Naing et al., 2009; Macedo et al., 2011; Steiner et al., 2012; Lana et al., 2013). No entanto, não há estudos que avaliaram os efeitos do Al na germinação das sementes de pinhão-manso. A toxicidade provocada pelo alumínio manifesta-se, inicialmente, pela redução da taxa de alongação radicular após o contato com a solução contendo Al (Custódio et al., 2002) e drástica redução no crescimento da parte aérea (Beutler et al., 2001). Segundo Sivagura et al. (1992), os efeitos fitotóxicos do Al nas raízes incluem redução na massa de matéria seca, no número e no comprimento de raízes laterais e na área radicular, que frequentemente estão associados ao aumento no diâmetro das raízes e no volume radicular.

Uma melhor compreensão da tolerância do pinhão-manso ao Al é essencial, a fim de adotar estratégias competitivas para melhorar a produção agrícola. O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do alumínio na germinação das sementes e no crescimento inicial das plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) pelo método da papel-solução.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em condições de Laboratório no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) foram selecionadas e, em seguida, esterilizadas superficialmente durante 5 minutos com hipoclorito de sódio, contendo cloro ativo a 1,0%. Depois disso, as sementes foram lavadas com água destilada, para a retirada do hipoclorito. Em seguida, as sementes foram colocadas para germinar em água destilada (controle) ou em soluções com os seguintes níveis de Al: 20, 40, 60 e 80 mg L⁻¹, obtidas através de diluições de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ em água destilada. Neste estudo, a determinação da tolerância do pinhão-manso ao Al durante a fase de germinação e crescimento inicial foram avaliadas utilizando-se o método do papel-solução (Konzak et al., 1976).

O nível de tolerância das sementes de pinhão-mansão à toxicidade do Al foi avaliada pelos seguintes testes descritos a seguir:

Germinação (G): realizado com cinco repetições de 30 sementes, postas para germinar sobre três folhas de papel-toalha do tipo Germitest[®], previamente umedecidas com água destilada (nível zero) e com solução de Al nos referidos níveis de acidez em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. Em seguida, foram confeccionados rolos de papel, mantidos em temperatura constante de 25 °C (Brasil, 2009). As avaliações foram realizadas aos 7 e 14 dias após a instalação do teste, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009). Foram também avaliadas a porcentagem de plântulas anormais e de sementes mortas.

Primeira contagem da germinação (PCG): foi efetuada aos sete dias por ocasião do teste de germinação sendo contabilizadas as plântulas normais. Foram consideradas como plântulas normais, aquelas que apresentavam todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas e sadias (Brasil, 2009).

Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR): realizado aos 14 dias após a montagem do teste de germinação, sendo as plântulas escolhidas aleatoriamente (dez plântulas). Determinou-se o comprimento da parte aérea e da raiz principal das plântulas, com auxílio de régua graduada em milímetros. Os comprimentos médios da parte aérea e raiz foram obtidos somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas avaliadas, com os resultados expressos em centímetros.

Matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR): foram realizadas juntamente com o teste de germinação. A parte aérea e raiz foram previamente separadas, colocados em sacos de papel e levadas para secar em estufa com circulação a 65 °C, por 72 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, os resultados foram expressos em mg/plântula (Nakagawa, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas concentrações de alumínio no papel-solução de 0, 20, 40, 60 e 80 mg L⁻¹ de Al.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se a teste F a 5%, e, quando os efeitos dos níveis de Al foram significativos, os dados foram submetidos a análise de regressão ao nível de significância de 5%. As equações significativas com os maiores coeficientes de determinação (R²) foram ajustadas. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software SigmaPlot versão 11.0 para Windows (Systat Software, Inc., San Jose, CA, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira contagem da germinação e a germinação das sementes de pinhão-mansó foram afetadas negativamente pela presença de Al (Figura 1). O aumento da concentração de Al na solução reduziu linearmente os valores da primeira contagem de germinação e a germinação das sementes de pinhão-mansó. A primeira contagem de germinação reduziu de 43,2% para 36,4% na ausência e na presença de 80 mg L⁻¹ de Al (Figura 1A). A germinação reduziu de 73,4% para 7,6%, indicando que houve decréscimo de 65,8% comparando-se a germinação das sementes na ausência e na presença de 80 mg L⁻¹ de Al (Figura 1B).

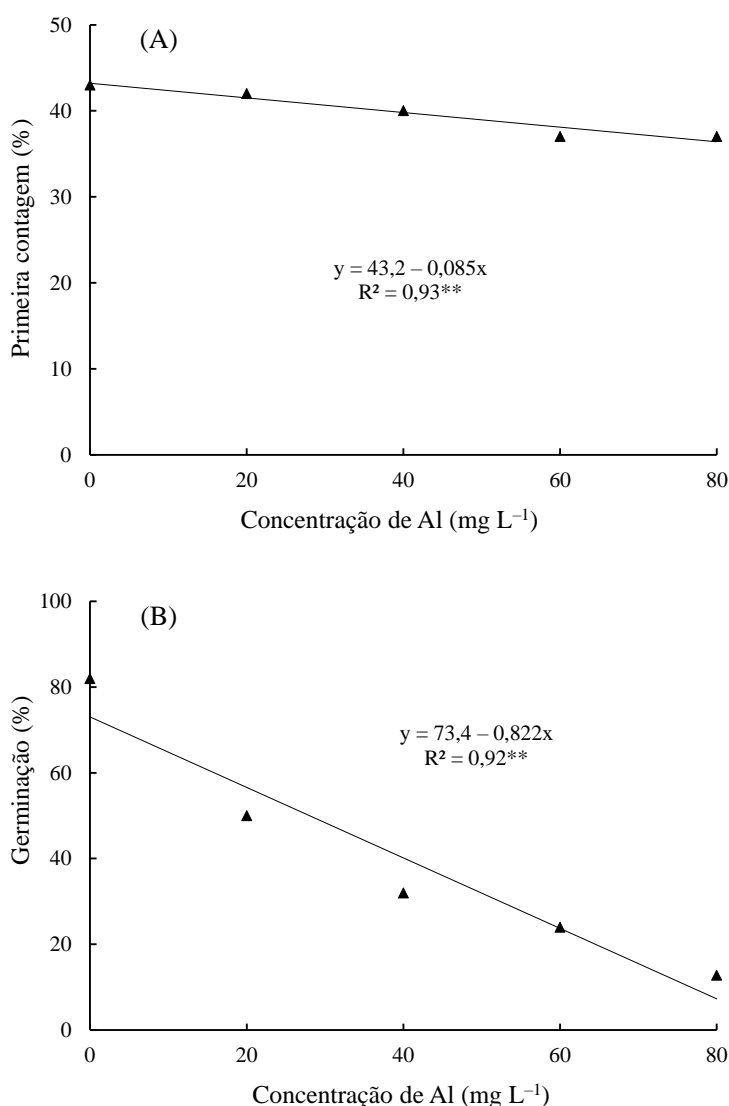


Figura 1. Primeira contagem de germinação (A) e porcentagem de germinação (B) de sementes de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) expostas à diferentes concentrações de alumínio pelo método papel-solução. Fonte: os autores.

Quando as plantas foram expostas a concentração de 80 mg L⁻¹ de Al, praticamente não houve germinação das sementes, como pode ser visualizado na Figura 2. Tal evidência sugere que o pinhão-

manso é uma espécie sensível aos efeitos deletérios do Al durante o processo de germinação das sementes. Portanto, a implantação destas culturas em áreas agrícolas com níveis elevados de acidez trocável deve ser evitada.

A toxicidade do Al é considerada um dos principais fatores que podem limitar o crescimento das plantas em solos ácidos, por causar inibição do crescimento radicular (Giannakoula et al., 2008). Inicialmente, a toxicidade do Al resulta na redução da taxa de alongação das raízes (Custódio et al., 2002), e a medida que o estresse aumenta resulta em drástica redução no crescimento da parte aérea das plantas (Beutler et al., 2001).



Figura 2. Ilustração da inibição do processo de germinação das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) quando expostas à concentração de 80 mg L^{-1} de Al pelo método papel-solução. Fonte: os autores.

O crescimento da parte aérea das plântulas de pinhão-manso foi afetado negativamente pela presença de Al (Figura 3). O aumento da concentração de Al no papel-solução reduziu linearmente o comprimento da parte aérea e a produção de matéria seca da parte aérea das plântulas de pinhão-manso. O comprimento da parte aérea das plântulas reduziu de 14,9 cm para 11,9 cm, indicando que houve redução de 20% comparando-se o comprimento das plântulas na ausência e na presença de 80 mg L^{-1} de Al (Figura 3A). A produção de matéria seca da parte aérea reduziu de 72,8 mg/plântula para 51,2 mg/plântula, indicando que houve redução de 30% comparando-se a matéria seca da parte aérea na ausência e na presença de 80 mg L^{-1} de Al (Figura 3B). A fitotoxicidade do Al no crescimento da planta refletiu no menor crescimento inicial da parte aérea, especialmente nos maiores níveis de Al na solução. De acordo com Beutler et al. (2001), dentre os efeitos causados na parte aérea pela toxicidade do Al está à redução da altura e da produção de matéria seca das plantas.

Em plantas de cafeeiro (Braccini et al., 1998) e de macieira (Dantas et al., 2001) foi constatado que um dos principais efeitos do Al na parte aérea das plantas é o encurtamento dos internódios, resultando em plantas de menor altura. Steiner et al. (2012) verificaram que a altura das plantas de pinhão-manso foi reduzida em 54% comparando-se com as plantas na ausência e na presença de 40 mg L⁻¹ de Al em solução nutritiva. Em porta-enxertos de macieira Tecchio et al. (2006), constataram decréscimos, aos 75 dias, na ordem de 81 e 85% para a altura das plantas e matéria seca da parte aérea, respectivamente, quando submetido à concentração de 30 mg L⁻¹ de Al em solução nutritiva.

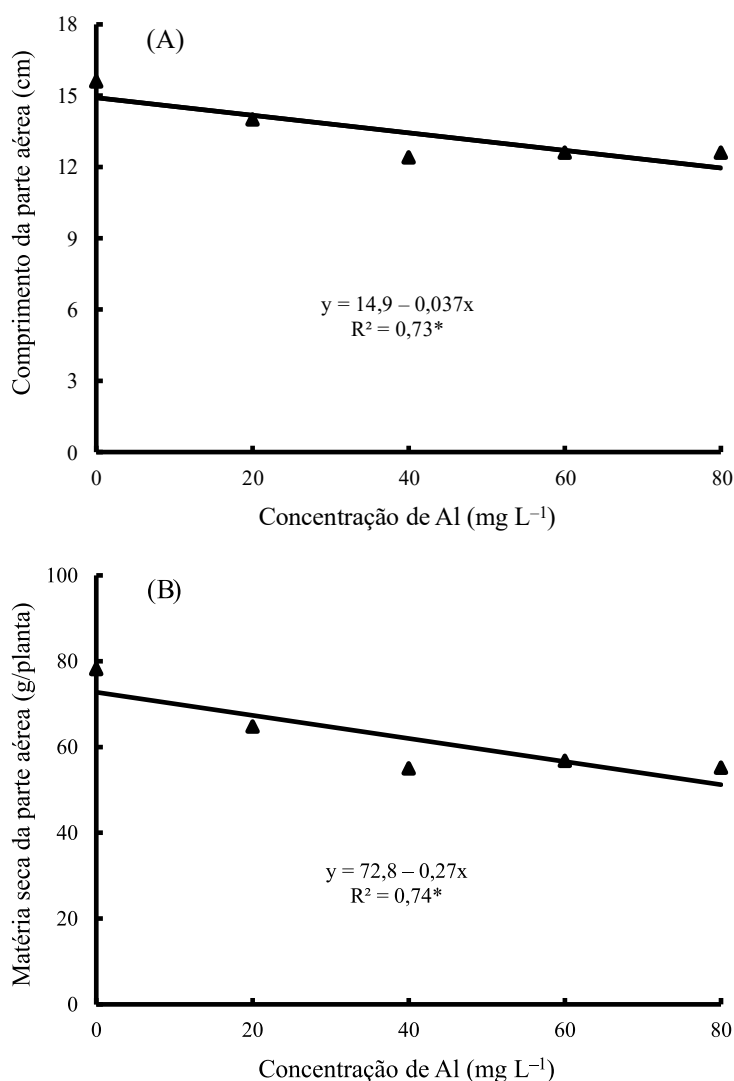


Figura 3. Comprimento da parte aérea (A) e matéria seca da parte aérea (B) das plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) expostas à diferentes concentrações de alumínio pelo método papel-solução. Fonte: os autores.

O crescimento das raízes das plântulas de pinhão-manso foi afetado negativamente pela presença de Al (Figura 4). O aumento da concentração de Al no papel-solução reduziu linearmente o comprimento

da raiz principal e a produção de matéria seca das raízes das plântulas de pinhão-mansão. O comprimento da raiz principal reduziu de 15,4 cm para 11,7 cm, indicando que houve redução de 76% comparando-se o comprimento das plântulas na ausência e na presença de 80 mg L⁻¹ de Al (Figura 4A). A produção de matéria seca das raízes reduziu de 11,6 mg/plântula para 2,0 mg/plântula, indicando que houve redução de 83% comparando-se a matéria seca das raízes na ausência e na presença de 80 mg L⁻¹ de Al (Figura 4B). Quando as plantas foram expostas a concentração de 80 mg L⁻¹ de Al, praticamente não houve crescimento das raízes.

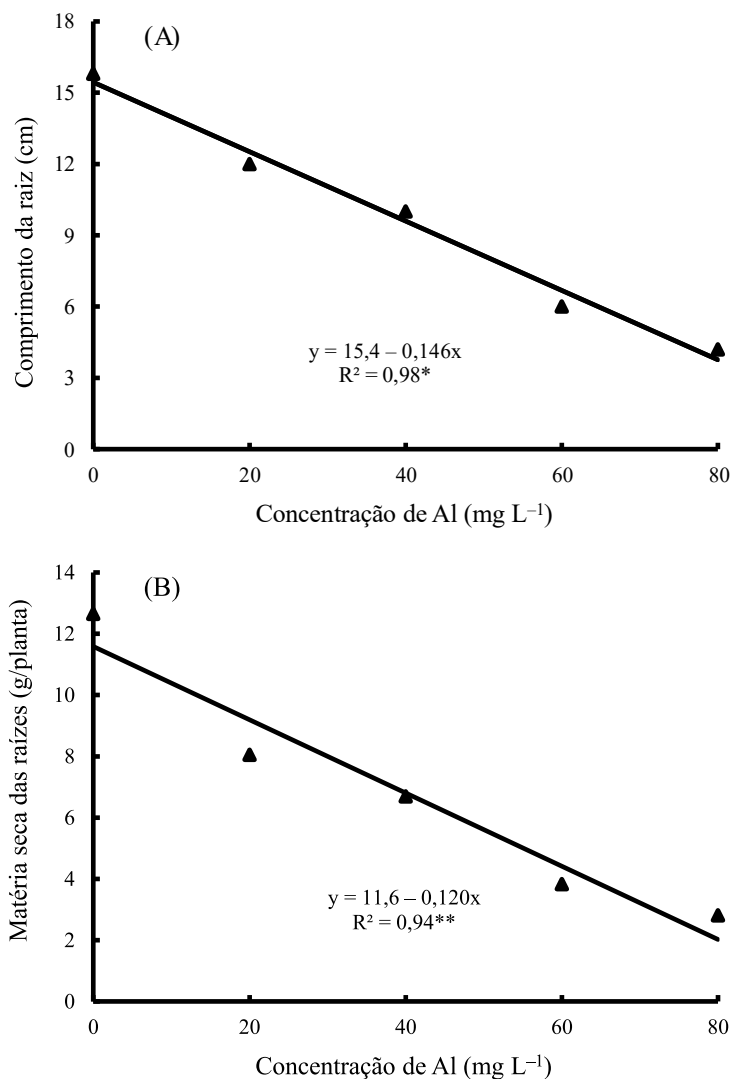


Figura 3. Comprimento da raiz principal (A) e matéria seca das raízes (B) de plântulas de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) expostas à diferentes concentrações de alumínio pelo método papel-solução. Fonte: os autores.

Steiner et al. (2012) verificaram que o percentual de redução para o comprimento da raiz principal e matéria seca das raízes de pinhão-mansão, aos 75 dias, foram de 75 e 54% ao se comparar o crescimento das plantas na ausência e na presença de 40 mg L⁻¹ de Al em solução nutritiva, respectivamente. Macedo

et al. (2011) verificaram que o comprimento e a produção de matéria fresca de raízes de pinhão-manso foram reduzidos, respectivamente, em 25 e 38 % quando expostos, por 7 dias, a concentração de 6 mg L^{-1} de Al em solução nutritiva.

Segundo Sivagura et al. (1992), os efeitos fitotóxicos do Al no sistema radicular incluem redução na massa de matéria seca, no número e no comprimento de raízes laterais e na área radicular, que frequentemente estão associados ao aumento no diâmetro das raízes e no volume radicular. Em consequência disso, a absorção de água e, principalmente, de nutrientes é prejudicada. A tolerância das espécies vegetais ao Al tem sido atribuída à capacidade das plantas manterem em suas raízes ou na parte aérea níveis adequados de nutrientes (Mendonça et al., 2003), especialmente, de fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Nas raízes, os sintomas de toxidez de Al foram bastante evidentes, manifestando-se por meio do engrossamento e amarelecimento das pontas das raízes. As raízes das plantas controle (sem alumínio) eram longas, de superfície externas e de coloração mais clara. Os sintomas de toxidez de Al nas raízes de pinhão-manso foram semelhantes aos reportados por Braccini et al. (1998), em cafeeiro.

Em geral, os efeitos deletérios decorrentes da presença de Al no papel-solução foram mais evidentes nas raízes e podem ser atribuídas a baixa mobilidade deste elemento na planta, conforme reportados por Giaveno et al. (2001). De acordo com Epstein; Bloom (2006), frequentemente, fatores nutricionais influenciam o crescimento e a morfologia de órgãos particulares das plantas, de maneira específica. Como as raízes são os órgãos em contato direto com a solução do solo estas são, especialmente, mais propensas a serem afetadas por alterações neste ambiente.

Os efeitos do Al nas raízes são bem documentados na literatura, e a redução da taxa de crescimento radicular de espécies sensíveis tem sido considerada o principal efeito de níveis tóxicos de Al que influi no alongamento e na divisão celular (Epstein; Bloom, 2006). De acordo com Samac e Tesfaye (2003) o sítio primário da ação tóxica do Al é a parte distal da zona de transição no ápice das raízes, onde as células estão entrando em fase de alongamento. A inibição do crescimento da raiz é o sintoma visível mais rápido da toxicidade do Al em plantas (Degenhardt et al., 1998; Samac; Tesfaye, 2003).

Segundo Barceló e Poschenrieder (2002) e Illés et al. (2006), o dano na formação da estrutura das raízes - engrossamento e diminuição da permeabilidade das células radiculares - contribui para acentuar os efeitos deletérios do Al no sistema radicular. Massot et al. (1992) consideram que um dos principais efeitos do Al reside na inibição do crescimento das raízes, que se tornam curtas e grossas. Essa característica, por sinal, serve como o melhor indicador para se avaliar o nível de tolerância ao Al, em solução nutritiva, para as espécies.

CONCLUSÕES

A germinação das sementes e o crescimento das plântulas de pinhão-mansão são reduzidos com o aumento da concentração de alumínio (Al) na solução.

Os efeitos fitotóxicos do alumínio são mais acentuados sobre o sistema radicular do que na parte aérea das plantas.

A concentração de 80 mg L⁻¹ de Al impossibilita a germinação das sementes e o crescimento inicial das plântulas de pinhão-mansão.

O pinhão-mansão é uma espécie sensível à alta concentração de alumínio na solução durante a fase de germinação e crescimento inicial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruda FP et al. (2004). Cultivo de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, 8(4): 789-799.
- Barceló J, Poschenrieder C (2002). Fast root growth responses, root exudates and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminum toxicity and resistance: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 48(1): 75-92.
- Beutler AN et al. (2001). Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(5): 923-928.
- Braccini M.C.L et al. (1998). Tolerância de genótipos de cafeeiro ao Al em solução nutritiva. I. Crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22(3): 435-442.
- Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 399p.
- Custódio CC et al. (2002). Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja. *Scientia Agricola*, 59(2): 145-153.
- Dantas ACM et al. (2001). Tolerância ao alumínio em porta-enxertos somaclonais de macieira cultivados em solução nutritiva. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(4): 615-623.
- Degenhardt J et al. (1998). Aluminum resistance in the *Arabidopsis* mutant alr-104 is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. *Plant Physiology*, 117(1): 19-27.
- Epstein E, Bloom AJ (2006). Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Trad. Maria Edna Tenório Nunes – Londrina: Editora Planta, 86p.
- Francis G et al. (2005). A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Nature Resources Forum*, 29(1): 12-24.


- Giannakoula A et al. (2008). Aluminum tolerance in maize is correlated with increased levels of mineral nutrients, carbohydrates and proline, and decreased levels of lipid peroxidation and Al accumulation. *Journal of Plant Physiology*, 165(3): 385-396.
- Giaveno GD et al. (2001). Inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Genetics & Breeding, Roma*, 55(1): 51-55.
- Illés P et al. (2006) Aluminum toxicity in plants: internalization of aluminium into cells of the transition zone in *Arabidopsis* root apices related to changes in plasma membrane potential, endosomal behaviour, and nitric oxide production. *Journal of Experimental Botany*, 57(6): 4201-4213.
- King AJ et al. (2009). Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. *Journal of Experimental Botany*, 60(10): 2897-2905.
- Konzak CF et al. (1976). Screening several crops for aluminum tolerance. In: *Workshop on Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils.*, 1976, Beltsville. Proceedings.... Ithaca: Cornell University Press, p.311-327.
- Kumar A, Sharma S (2008). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products*, 28(1): 1-10.
- Lana MC et al. (2013). Tolerance of physic nut plants to aluminum activity in nutrient solution. *Bioscience Journal*, 29(3): 582-589.
- Laviola BG, Dias LAS (2008). Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(6): 1969-1975.
- Macedo FL et al. (2011). Efeito do alumínio em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), cultivadas em solução nutritiva. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(1): 157-164.
- Massot N et al. (1992). Differential response of three bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars to aluminum. *Acta Botanica Neerlandica*, 41(2): 293-298.
- Mattiello EM et al. (2008). Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por *Coffea canephora* e *Coffea arabica* sob influência da atividade do alumínio em solução. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(4): 425-434.
- Mendonça RJ et al. (2003). Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(5): 843-848.
- Naing KW et al. (2009). Tolerance of mango (*Mangifera indica* L. Anacardiaceae) seedlings to different levels of aluminum. *Philippine Journal of Crop Science*, 9(1): 33-42.
- Nakagawa J (1999). Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski FC et al. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, Cap. 2, p.9-13.
- Samac DA, Tesfaye M (2003). Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soils: a review. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 75(1): 189-207.

- Sanchez PA, Salinas JG (1981). Low-input technologies for managing Oxisols and Ultisols in tropical América. *Advances in Agronomy*, 34(2): 279-406.
- Saturnino HM et al. (2005). Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). *Informe Agropecuário*, 26(2): 44-78.
- Sivaguru M et al. (1992). Characterization of differential aluminum tolerance among rice genotypes cultivated in South India. *Journal of Plant Nutrition*, 15(3): 233-246.
- Souza PT et al. (2011). NPK fertilization on initial growth of physic nut seedlings in Quartzarenic Neossol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(3): 559-566.
- Steiner F et al. (2012). Effects of aluminum on plant growth and nutrient uptake in young physic nut plants. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(5): 1779-1788.
- Stolf EC et al. (2008). Estabelecimento de critérios para selecionar porta-enxertos de macieira tolerantes ao alumínio em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(1): 476-471.
- Tecchio MA et al. (2006). Tolerância de porta-enxertos de videira cultivados, em solução nutritiva, ao alumínio. *Revista Ceres*, 53: 243-250.


Tolerância de Plântulas de Pinhão-Manso ao Estresse Salino


Recebido em: 15/02/2022

Aceito em: 18/02/2022

 10.46420/9786581460280cap4

Michele dos Santos Leite¹ 

Marceli Fernandes Pereira¹ 

Alan Mario Zuffo² 

Fábio Steiner^{3*} 

INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie nativa da América tropical e pertence à família Euphorbiaceae. É uma cultura que se encontra amplamente distribuída nas áreas áridas e semiáridas da América do Sul e em todas as regiões tropicais do mundo (King et al., 2009). No Brasil, o pinhão-manso encontra-se distribuído por toda a região Nordeste estendendo até o Estado de São Paulo e Paraná. Esta espécie tem sido relatada na literatura como sendo uma planta rústica, que cresce em áreas com condições adversas e limitantes, tais como restrição hídrica, elevadas temperaturas e condições de solo marginais de baixa fertilidade natural, ácidos e salinos (Arruda et al., 2004; Saturnino et al., 2005). No entanto, para alcançar altos níveis de produtividade, a planta requer solos com adequadas condições químicas, físicas e hídricas (Kumar; Sharma, 2008).

Dentre os fatores abióticos que podem limitar o crescimento das plantas e a produtividade da cultura destaca-se a salinização dos solos. A salinidade provocada pelo excesso de sais dissolvidos na solução do solo, ou mesmo na água de irrigação, é um dos estresses abióticos que mais limitam o crescimento e a produtividade agrícola (Zhu, 2001). Este fator é mais expressivo nas regiões áridas e semiáridas as quais apresentam grandes contrastes ambientais (Parida; Das, 2004). Atualmente, estima-se que cerca de 20% das terras cultivadas e aproximadamente metade das áreas irrigadas no mundo sejam afetadas por sais. No Brasil, existem cerca de 4,5 milhões de hectares salinizados, localizados principalmente na Região Nordeste, onde se concentram a maioria dos perímetros irrigados (Gomes et al., 2000). Em geral, os solos que apresentam valores de condutividade elétrica maior que 4 dS m⁻¹ ou 40

¹ Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. Graziela Maciel Barroso, km 12, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil.

² Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Praça Gonçalves Dias, s/n, Centro, CEP 65800-000, Balsas, MA, Brasil.

³ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. MS 306, km 6.4, CEP 795400-000, Cassilândia, MS, Brasil.

* Autor correspondente: steiner@uems.br

mmol L⁻¹ de NaCl ou potencial osmótico menor que 0,117 MPa são definidos como solos salinos (Brunes et al., 2013).

A redução do crescimento causada pela salinidade é decorrente de seus efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais (Munns, 2002), causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (Debouba et al., 2006; Munns; Tester, 2008). O excesso de sais na solução do solo altera a capacidade das plantas em absorver, transportar e utilizar os íons necessários para o seu crescimento e desenvolvimento (Feijão et al., 2011; Parida; Das, 2005). O desequilíbrio nutricional causado pela salinidade decorre, principalmente, da redução na absorção de nutrientes essenciais à planta, devido à competição na absorção e transporte, às alterações estruturais na membrana, bem como à inibição da atividade de várias enzimas-chave do metabolismo (Aragão et al., 2010; Mansour; Salama, 2004; Parida; Das, 2005; Zhu, 2001).

Alguns estudos têm sido realizados utilizando soluções nutritivas com o intuito de avaliar os efeitos deletérios da salinidade no crescimento das espécies perenes, como reportado para as culturas do cajueiro (Freitas et al., 2013), pinhão-manso (Silva et al., 2010; Oliveira et al., 2016), oliveira (Tabatabaei, 2006), amoreira (Surabhi et al., 2008) e goiabeira (Ebert et al., 2002). No entanto, não se tem conhecimento sobre os efeitos prejudiciais da salinidade na germinação e crescimento inicial do pinhão-manso.

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da salinidade na germinação das sementes e no crescimento inicial das plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) pelo método da papel-solução.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em condições de Laboratório no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), foram selecionadas e, em seguida, esterilizadas superficialmente durante 5 minutos com hipoclorito de sódio, contendo cloro ativo a 1,0%. Depois disso, as sementes foram lavadas com água destilada, para a retirada do hipoclorito. Em seguida, as sementes foram colocadas para germinar em água destilada (controle) ou em soluções com os seguintes níveis de salinidade: 25, 50, 75 e 100 mmol L⁻¹ de NaCl, obtidas através de diluições de NaCl em água destilada.

O nível de tolerância das sementes de pinhão-manso à salinidade foi avaliada pelos seguintes testes descritos a seguir:

Germinação (G): realizado com cinco repetições de 30 sementes, postas para germinar sobre três folhas de papel-toalha do tipo Germitest[®], previamente umedecidas com água destilada (nível zero) e com solução salina nos referidos níveis de salinidade em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. Em seguida, foram confeccionados rolos de papel, mantidos em temperatura constante de 25 °C (Brasil, 2009). As avaliações foram realizadas aos sete e quatorze dias após a instalação do teste, e os

resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009).

Primeira contagem da germinação (PCG): foi efetuada aos sete dias por ocasião do teste de germinação sendo contabilizadas as plântulas normais. Foram consideradas como plântulas normais, aquelas que apresentavam todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas e sadias (Brasil, 2009).

Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR): realizado aos quatorze dias após a montagem do teste de germinação, sendo as plântulas escolhidas aleatoriamente (dez plântulas). Determinou-se o comprimento da parte aérea e da raiz principal das plântulas, com auxílio de régua graduada em milímetros. Os comprimentos médios da parte aérea e da raiz foram obtidos somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas avaliadas, com os resultados expressos em centímetros.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR): foram realizadas juntamente com o teste de germinação. A parte aérea e raiz foram separadas com auxílio de bisturi, colocados em sacos de papel e levados para secar em estufa com circulação a 60 °C, durante 72 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, os resultados foram expressos em mg/plântula (Nakagawa, 1999). Foram também avaliadas a porcentagem de plântulas anormais e de sementes mortas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos cinco níveis de salinidade (0, 25, 50, 75 e 100 mmol L⁻¹ de NaCl) do papel-solução.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se a teste F a 5%, e, quando os efeitos dos níveis de salinidade foram significativos, os dados foram submetidos a análise de regressão ao nível de significância de 5%. As equações significativas com os maiores coeficientes de determinação (R²) foram ajustadas. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software SigmaPlot versão 11.0 para Windows (Systat Software, Inc., San Jose, CA, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira contagem da germinação e a germinação das sementes de pinhão-mansão foram afetadas negativamente pela salinidade (Figura 1). O aumento da concentração de NaCl reduziu linearmente a porcentagem da primeira contagem de germinação e a germinação das sementes de pinhão-mansão. A primeira contagem de germinação reduziu de 54,6% para 35,0%, indicando que houve decréscimo de 36% comparando-se a primeira contagem na ausência e na presença de 100 mmol L⁻¹ de NaCl (Figura 1A). A germinação reduziu de 81,0% para 43,4%, indicando que houve decréscimo de 46% comparando-se a germinação das sementes na ausência e na presença de 100 mmol L⁻¹ de NaCl (Figura 1B). Estes dados

sugerem que o pinhão-mansó é uma espécie sensível aos efeitos deletérios do estresse salino durante o processo de germinação das sementes. Resultados semelhantes foram reportados por Duarte et al. (2006), em que o aumento da concentração de NaCl até 60 mmol L^{-1} de NaCl reduziu a porcentagem de sementes de trigo germinadas durante a primeira contagem da germinação. Em estudo com sementes de arroz expostas a solução salina, Almeida et al. (2001) também verificaram que a primeira contagem da germinação foi negativamente afetada pela concentração de NaCl.

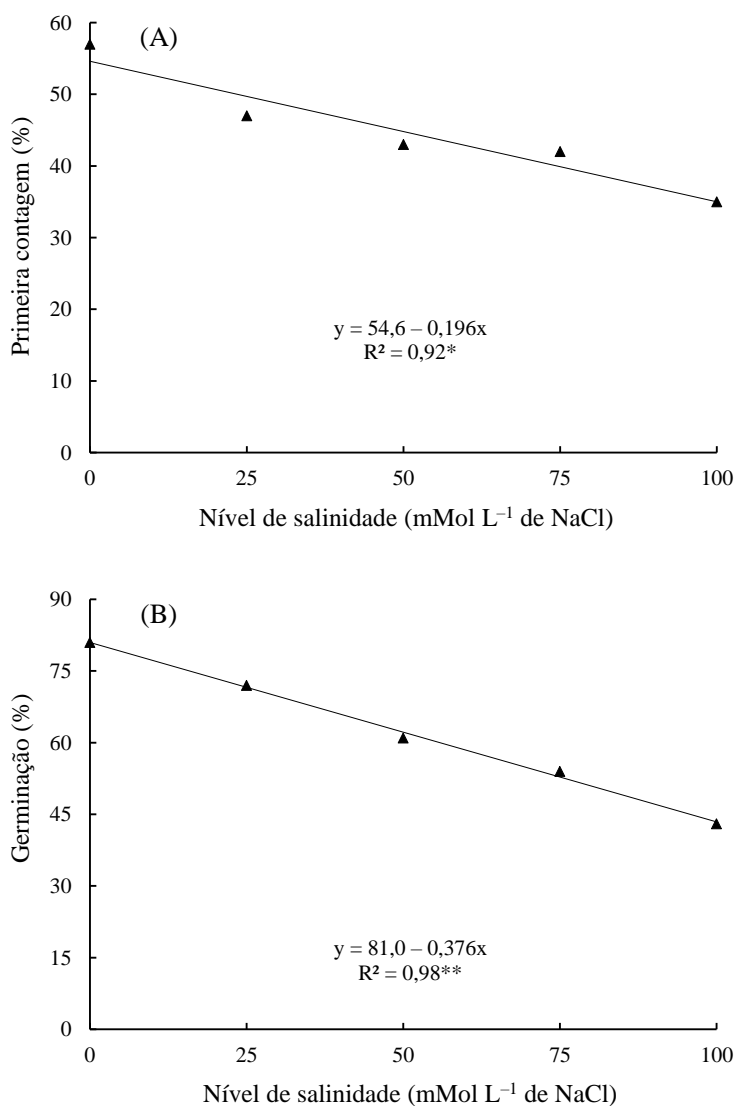


Figura 1. Primeira contagem da germinação (A) e germinação (B) das sementes de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) submetidas a diferentes níveis de salinidade pelo método papel-solução. Fonte: os autores.

Em sementes de aveia, Brunet et al. (2013) constataram que níveis de salinidade superiores a 50 mmol L^{-1} de NaCl não promoveu a germinação das sementes durante o teste de primeira contagem de germinação. Estes autores constataram que as duas cultivares de aveia testadas são suscetíveis ao estresse

salina. Neste estudo, a porcentagem de sementes germinadas no teste de primeira contagem na presença 100 mmol L^{-1} de NaCl foi de 35%, podendo se inferir que o genótipo de pinhão-manso utilizado é moderadamente suscetível ao estresse salino.

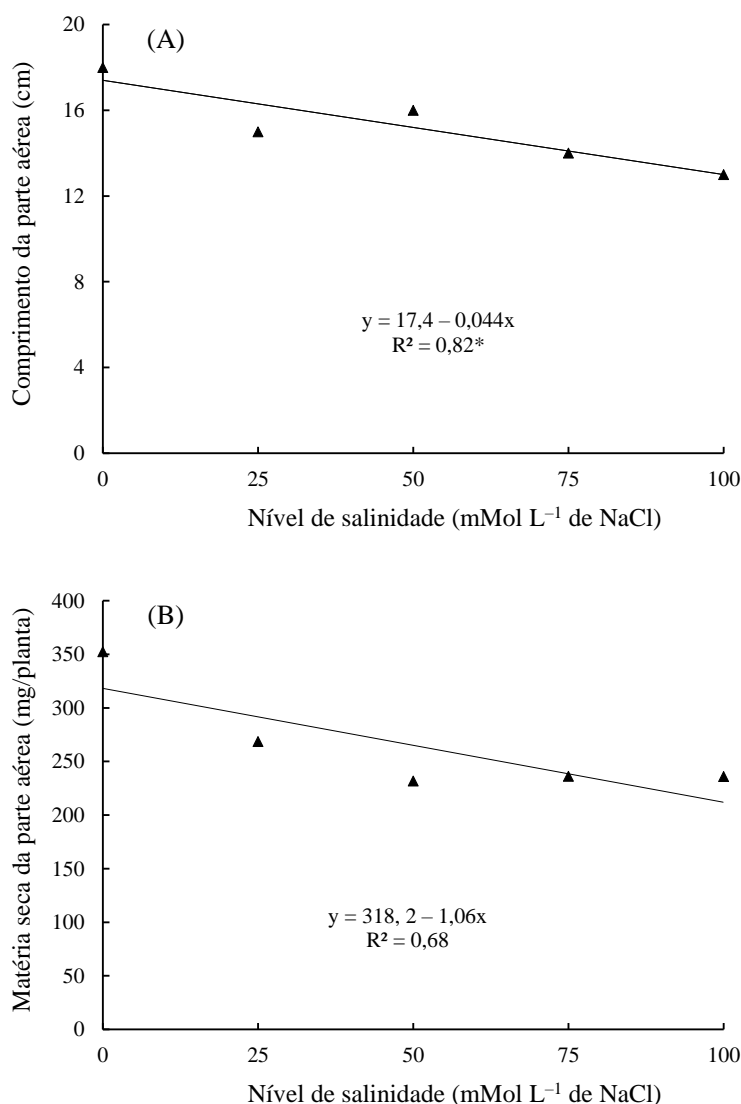


Figura 2. Comprimento da parte aérea (A) e matéria seca da parte aérea (B) das plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) submetidas a diferentes níveis de salinidade pelo método papel-solução. Fonte: os autores.

O crescimento da parte aérea das plântulas de pinhão-manso foi afetado negativamente pela salinidade (Figura 2). O aumento da concentração de NaCl reduziu linearmente o comprimento da parte aérea e a produção de matéria seca da parte aérea das plântulas de pinhão-manso. O comprimento da parte aérea das plântulas reduziu de 17,4 cm para 13,0 cm, indicando que houve redução de 25% comparando-se o comprimento das plântulas na ausência e na presença de 100 mmol L^{-1} de NaCl (Figura 2A). A produção de matéria seca da parte aérea reduziu de 318,6 mg/plântula para 212,2 mg/plântula, indicando

que houve redução de 33% comparando-se a matéria seca da parte aérea na ausência e na presença de 100 mmol L⁻¹ de NaCl (Figura 2B).

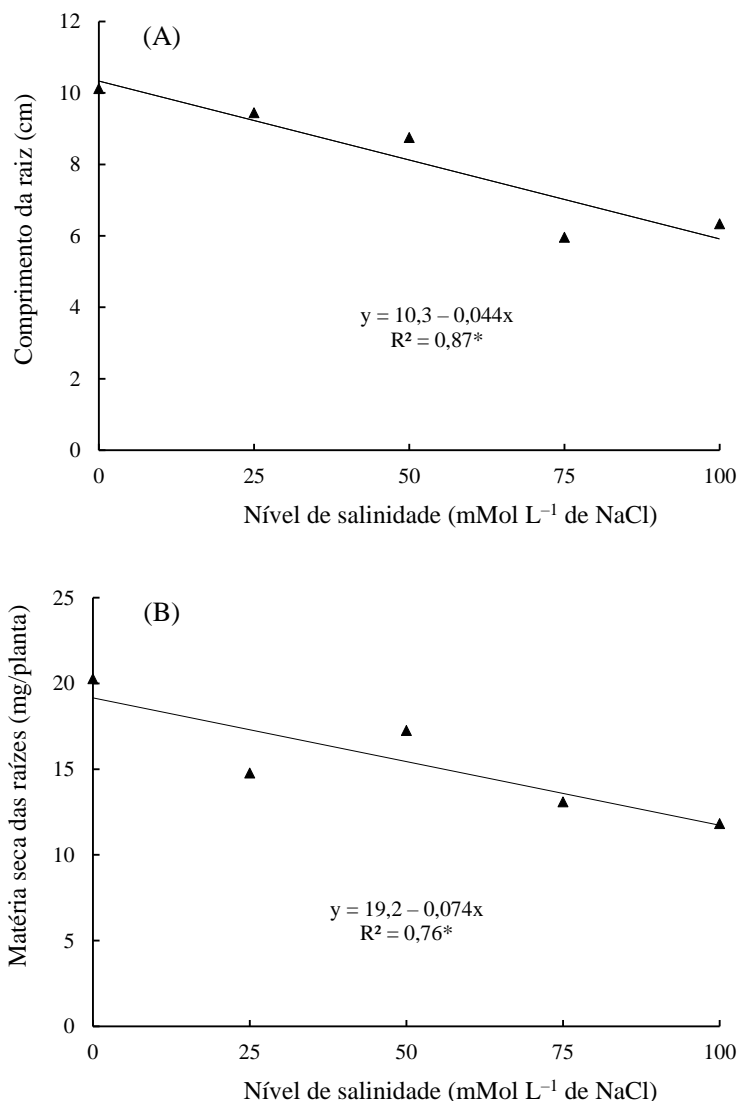


Figura 2. Comprimento da raiz principal (A) e matéria seca das raízes (B) das plântulas de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) submetidas a diferentes níveis de salinidade pelo método papel-solução. Fonte: os autores.

O crescimento do sistema radicular das plântulas de pinhão-mansão foi afetado negativamente pela salinidade (Figura 3). O aumento da concentração de NaCl reduziu linearmente o comprimento da raiz principal e a produção de matéria seca das raízes das plântulas de pinhão-mansão. O comprimento da raiz principal reduziu de 10,3 cm para 5,9 cm, indicando que houve redução de 43% comparando-se o comprimento da raiz na ausência e na presença de 100 mmol L⁻¹ de NaCl (Figura 3A). A produção de matéria seca das raízes reduziu de 19,2 mg/plântula para 11,8 mg/plântula, indicando que houve redução de 38% comparando-se a matéria seca das raízes na ausência e na presença de 100 mmol L⁻¹ de NaCl (Figura 3B). De acordo com Munns e Tester (2008), as altas concentrações de sais no solo, além de reduzir

o potencial hídrico, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo.

Em geral, os resultados obtidos confirmam os relatados por Daniel et al. (2011), os quais avaliando o crescimento inicial de plântulas de algodão em diferentes níveis de salinidade, constataram que o comprimento da parte aérea e da raiz principal foram negativamente afetadas em todas as cultivares estudadas.

CONCLUSÕES

A germinação das sementes e o crescimento das plântulas de pinhão-manso são reduzidos com o aumento da salinidade, indicando que o pinhão-manso é uma espécie moderadamente sensível à alta concentração de NaCl na solução durante a fase de germinação e crescimento inicial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Almeida FA et al. (2001). Comportamento da germinação de sementes de arroz em meios salinos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 3(1): 47-51.
- Aragão RM et al. (2010). Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, 41(1): 100-106.
- Arruda FP et al. (2004). Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras*, 8(4): 789-799.
- Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 399p.
- Brunes AP et al. (2013). Crescimento de plântulas de aveia branca submetidas ao estresse salino. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(6): 3455-3462.
- Daniel VC et al. (2011). Germinação e crescimento de plântulas de algodão colorido sob condições de estresse salino. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, 4(2): 321-333.
- Debouba M et al. (2006). Salinity-induced tissue-specific diurnal changes in nitrogen assimilatory enzymes in tomato seedlings grown under high or low nitrate medium. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(3): 409-419.
- Duarte LG et al. (2006). Physiological quality of wheat seeds submitted to saline stress. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(1): 122-126.
- Ebert G. et al. (2002). Ameliorating effects of Ca(NO₃)₂ on growth, mineral uptake and photosynthesis of NaCl-stressed guava seedlings (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, 93(2): 125-135.
- Feijão AR et al. (2011). Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, 42(3): 675-683.


- Freitas VS et al. (2013). Crescimento e acúmulo de íons em plantas de cajueiro anão precoce em diferentes tempos de exposição à salinidade. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(6): 3341-3352.
- Gomes EM et al. (2000). Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(3): 355-361.
- King AJ et al. (2009). Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. *Journal of Experimental Botany*, 60(10): 2897-2905.
- Kumar A, Sharma S (2008). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products*, 28(1): 1-10.
- Munns R (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25(2): 239-250.
- Munns R, Tester M (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(3): 651-681.
- Nakagawa J (1999). Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski FC et al. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, Cap. 2, p.9-13.
- Oliveira BLN et al. (2016). Seed germination and early growth of physic nut seedlings under salinity stress. *Scientia Agraria Paranaensis*, 15(4): 416-420.
- Parida AK, Das AB (2004). Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove *Bruguiera parviflora* grown under hydroponic culture. *Journal of Plant Physiology*, 161(8): 921-928.
- Parida AK, Das AB (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environment Safety*, 60(3): 324-349.
- Silva EN et al. (2010) Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Arid Environments*, 74(5): 1130-1137.
- Surabhi GK et al. (2008). Modulations in key enzymes of nitrogen metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with differential sensitivity to salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 64(1): 171-179.
- Tabatabaei SJ (2006). Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae*, 108(2): 432-438.
- Zhu JK (2001). Plant salt tolerance. *Trends Plant Science*, 6(2): 66-71.

Alterações morfológicas das mudas de graviola induzidas pela restrição da luminosidade

Recebido em: 15/02/2022


Aceito em: 18/02/2022

 10.46420/9786581460280cap5

Joel Carlos Fávoro da Costa¹ 

Marceli Fernandes Pereira² 

Michele dos Santos Leite² 

Alan Mario Zuffo³ 

Fábio Steiner^{1*} 

INTRODUÇÃO

A gravioleira (*Annona muricata* L.) é uma frutífera tropical pertencente à família Annonaceae, originária da América Tropical e Central, América do Sul, e toda a faixa equatorial. Esta espécie foi introduzida no Brasil pelos portugueses no início do século XVI (Sobrinho, 2010), e é considerada a fruta mais tropical das anonáceas. No Brasil, a graviola tem sido amplamente cultivada nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (Junqueira et al., 1996), destacando-se os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraíba e Pernambuco como grandes produtores (Sacramento et al., 2009). A fruteira se adapta e desenvolve com maior facilidade em regiões semiárida e tropical, é considerada uma das principais frutas tropicais brasileiras de excelente aceitação comercial, destaca-se no mercado da América do Sul, Central, Caribe e continente Asiático (Sobrinho, 2010).

Apesar da importância da graviola para o Brasil, são poucas as pesquisas desenvolvidas para subsidiar informações sobre as técnicas de produção de mudas e conservação das sementes. No entanto, a grande diversidade de espécies frutíferas que compõem a região do Cerrado brasileiro indica que há um enorme campo de pesquisa a ser explorado. Portanto, o conhecimento dos aspectos fisiológicos e morfológicos das plantas podem contribuir com informações básicas a respeito das melhores técnicas agrônômicas a serem utilizadas nos diversos sistemas de produção de mudas desta frutífera.

A obtenção de mudas de diversas espécies do ambiente regional em quantidade suficiente para o plantio é um dos principais pontos de estrangulamento dos programas de restauração de determinada área de preservação (Fonseca et al., 2001; Santarelli, 2004). Isso se deve ao déficit de sementes e à ausência de

¹ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. MS 306, km 6.4, CEP 795400-000, Cassilândia, MS, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. Graziela Maciel Barroso, km 12, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil.

³ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Praça Gonçalves Dias, s/n, Centro, CEP 65800-000, Balsas, MA, Brasil.

* Autor correspondente: steiner@uems.br

tecnologia específica para produção de mudas de muitas das espécies frutíferas e florestais (Zamith e Scarano, 2004).

A etapa de produção de mudas é de fundamental importância para obtenção de mudas vigorosas e de qualidade. Durante a etapa de produção de mudas, o tipo de substrato, tipo do telado do viveiro de produção, o volume do recipiente, a irrigação, a adubação e o manejo correto das operações de produção propiciam condições para obtenção de mudas de qualidade, para garantir o sucesso no crescimento e desenvolvimento em condições de campo. Segundo Mota et al. (2012), para o plantio ou replantio de espécies em florestas naturais ou em reflorestamento, assim como na produção de mudas de qualidade, o conhecimento da ecofisiologia da germinação, emergência e crescimento inicial das espécies são requisitos fundamentais para o sucesso da atividade.

Dentre os fatores importantes para obtenção de mudas de alto vigor, o ambiente de crescimento das plantas é um dos principais componentes que podem alterar o crescimento e as características morfológicas das mudas (Yao et al., 2008). A quantidade de radiação luminosa é um fator que altera o crescimento das plantas. Portanto, atenção especial deve ser dada para a escolha do adequado ambiente de produção das mudas. Dependendo da espécie frutífera, os níveis de intensidade luminosa podem influenciar na produção das mudas. Carvalho et al. (2006) reportaram que as alterações nos níveis de luminosidade correspondem a diferentes respostas em suas características fisiológicas, bioquímicas, anatômicas e de crescimento. O uso de materiais como telas e/ou malhas de sombreamento são considerados uns dos principais componentes no controle do manejo da radiação luminosa, pois além de proteger as plantas das intempéries agroclimáticas tais como dos ventos excessivos, granizo e chuvas fortes, pode alterar a qualidade espectral da radiação luminosa.

Engel e Poggiani (1990) avaliando a produção de mudas de cerejeira [*Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C.Sm.], ipê-felpudo [*Zeyhera tuberculosa* (Vell) Bur.], ipê-roxo [*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex. Grisebach] e suinã [*Erythrina speciosa* Andr.] em viveiros construídos com telas de 0, 41, 68 e 82% de sombreamento, concluíram que as espécies vegetais toleraram à restrição luminosa na seguinte sequência: suinã < ipê-felpudo < ipê-roxo < cerejeira. Moura et al. (2015) verificaram maior taxa de crescimento das mudas de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.] em telados com malhas de 50% de restrição da intensidade luminosa, e estas mudas apresentaram maior taxa de sobrevivência das mudas no campo. Costa et al. (2012) também constataram que os telados construídos com tela de 50% de sombreamento são os mais indicados para a produção das mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). As espécies frutíferas e florestais possuem respostas distintas quando expostas à distintos níveis de luminosidade. Portanto, novos estudos são necessários para avaliar e recomendar o nível de luminosidade mais adequado para o crescimento das plantas frutíferas.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito dos níveis de restrição da intensidade luminosa nas características morfológicas das mudas de graviola (*Annona muricata* L.) produzidas durante o período da primavera e verão em região de clima tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em diferentes viveiros de produção de mudas construídos com telas de sombreamento de 18%, 35% e 50%, localizados na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia, MS, Brasil (19°05'30" de latitude Sul; 51°48'50" de longitude Oeste e altitude média de 540 m), no período de setembro de 2015 a janeiro de 2016. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como clima tropical, verões quentes com tendência de concentração das chuvas entre os meses de novembro e março e estação seca no inverno entre os meses de maio e setembro. A temperatura média anual é de 24,1 °C, com temperatura mínima de 16,4 °C em julho e máxima de 28,6 °C no mês de janeiro, e precipitação média anual de 1.240 a 1.520 mm. A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente durante todo o período de experimento com o auxílio de um Data Logger modelo ITLOG-80 (Instrutemp Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP, BRA) instalado dentro de cada um dos viveiros de produção de mudas. Durante a condução do experimento, a densidade de fluxo de fótons fotossintético também foi diariamente mensurada no período da manhã ($\pm 11:00$ h) com o auxílio de um medidor de radiação fotossinteticamente ativa (410 a 655 nm), da marca Apogee, modelo APG-MQ-100 (Apogee Instruments Ltda., Piracicaba, SP, BRA). Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e fluência de luz coletados durante a condução do experimento são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios, mínimos e máximos mensais de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e fluência de luz ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em pleno sol e no interior dos viveiros de produção de mudas construídos com telas com 18%, 35% e 50% de restrição da luminosidade, durante os meses de setembro de 2015 a janeiro de 2016. UEMS. Cassilândia-MS, 2015/2016.

Mês	Externo			Telado 18%			Telado 35%			Telado 50%		
	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.
Temperatura (°C)												
Setembro	25,9	20,2	35,6	25,9	20,2	36,3	25,9	20,1	36,9	25,8	20,3	36,8
Outubro	26,2	20,7	37,2	26,2	20,8	37,2	26,4	20,8	37,1	26,1	20,7	37,7
Novembro	25,9	21,2	36,2	25,8	21,0	36,3	25,9	20,8	36,9	25,8	21,0	36,8
Dezembro	26,0	19,8	36,2	26,1	19,6	36,9	26,1	19,3	37,8	26,0	19,7	36,6
Janeiro	25,9	20,7	37,2	26,0	20,8	37,2	26,1	20,8	37,1	25,9	20,7	37,7

Umidade relativa do ar (%)												
Setembro	71	33	96	70	32	96	70	34	97	71	31	97
Outubro	63	30	95	62	28	94	62	30	96	62	27	93
Novembro	63	31	85	62	31	85	62	33	85	62	29	84
Dezembro	74	31	97	74	31	98	73	33	98	75	29	98
Janeiro	82	35	97	81	35	97	79	35	97	81	34	96
Fluência de luz ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)												
Setembro	1.573	680	1.900	1.266	490	1.580	942	375	1.210	638	255	830
Outubro	1.530	435	2.270	1.201	350	1.680	878	260	1.300	608	175	840
Novembro	1.285	305	2.310	993	295	1.680	734	220	1.220	491	120	820
Dezembro	1.357	300	2.290	1.047	285	1.820	768	155	1.340	510	120	900
Janeiro	1.307	570	2.220	1.003	390	1.890	735	240	1.360	465	180	820

Fonte: Os autores.

Frutos maduros de graviola (*Annona muricata* L.) foram coletados, no mês de julho de 2015, em árvores matrizes localizadas em uma área de vegetação natural do Cerrado, equidistante cerca de 12 km do centro da cidade de Cassilândia (MS), cidade localizada na Mesorregião do Leste de Mato Grosso do Sul. Após a coleta dos frutos, as sementes foram manualmente extraídas, lavadas em água corrente e colocadas para secar à sombra por um período de 2 dias. Em seguida, as sementes de graviola foram colocadas em sacos plásticos, e armazenadas em local seco e arejado por 12 dias.

Antes da sementeira, as sementes foram previamente submetidas ao condicionamento fisiológico por meio da imersão das sementes em uma solução de ácido giberélico diluída em hidróxido de sódio e água na concentração de $1,0 \text{ g L}^{-1}$ e mantidas sob temperatura ambiente ($\approx 25 \text{ }^\circ\text{C}$) por 24 horas. Em seguida, as sementes foram semeadas em canteiros de 1,20 m de largura por 0,20 m de altura, contendo solo esterilizado, na profundidade de 2,0 cm e na posição horizontal no leito de sementeira, como recomendado por Ledo e Cabanela (1996). A emergência das plântulas de graviola iniciou-se a partir do 21º dia após a sementeira e se encerrou aos 38 dias após a sementeira.

Aos 40 dias após a sementeira, quando as mudas possuíam de 8 a 10 cm de altura e de 2,4 a 2,8 mm de diâmetro do caule realizou-se a repicagem das mudas para sacos plásticos de 20,0 x 25,0 cm e capacidade para 2,5 L de substrato. Foram transplantadas uma muda por saco plástico, os quais foram preenchidos com substrato composto da combinação de esterco bovino, solo, areia e vermiculita na proporção de 2:1:1:1 (v/v), respectivamente.

Após o transplante das plântulas de graviola, os recipientes foram colocados nos seguintes viveiros de produção de mudas construídos com diferentes níveis de restrição da intensidade luminosa: i) campo aberto, com 0% de sombreamento, a pleno sol (A1); ii) viveiro de mudas, possuindo 6,0 m de largura por 6,0 m de comprimento e 2,5 m de altura, e construído com tela de monofilamento de cor preta com 18% de sombreamento (Sombrite®) (Telado preto com 18% de sombreamento – A2); iii) viveiro de mudas, possuindo 6,0 m de largura por 6,0 m de comprimento e 2,5 m de altura, construído com tela de monofilamento de cor preta com 35% de sombreamento (Sombrite®) (Telado preto com 35% de sombreamento – A3); e iv) viveiro de mudas, possuindo 8,0 m de largura por 18,0 m de comprimento e 3,5 m de altura, construído com tela de monofilamento de cor preta com 50% de sombreamento (Sombrite®) (Telado preto com 50% de sombreamento – A4).

As mudas de graviola foram mantidas nos diferentes viveiros de produção por um período de 120 dias. Durante o período de condução do experimento foram realizadas duas regas diárias, uma pela manhã e outra ao final da tarde.



Figura 1. Ilustração das mudas de graviola (*Annona muricata* L.) cultivadas no ambiente pelo sol (A), em nos viveiros construídos com telados de 18% (B), 35% (C) e 50% de restrição da luminosidade (D). Fotos: J. C. F. da Costa, 2016.

Decorridos 120 dias após o transplante das mudas de graviola, foram avaliadas as seguintes características morfológicas das mudas: número de folhas (NF), contando o número de folhas desenvolvidas presentes na planta; diâmetro do coleto (DC), mensurado com auxílio de paquímetro digital, precisão de 0,01 mm; altura de planta (AP), medindo-se do colo até o meristema apical com o auxílio de régua graduada em centímetro (cm); comprimento da raiz principal (CR), medindo-se do colo até o ápice da raiz mais longa com o auxílio de régua graduada em centímetro (cm). O volume radicular (VR) foi determinado pelo método de deslocamento de água, utilizando uma proveta de 100 mL graduada em mililitros (mL), portanto, com precisão de $\pm 1,0 \text{ cm}^3$.

A área foliar (AF) foi determinada seguindo metodologia proposta por Benincasa (2003), com modificações. Após a separação de todas as folhas das duas mudas por repetição, foram retirados 10 discos foliares de área conhecida ($24,0 \text{ cm}^2$), que foi considerada a área foliar da amostra (AF_{Amostra}). Em seguida, após a secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$), até atingirem massa constante, foi determinada a massa seca da amostra (MS_{Amostra}) e a massa seca das folhas (MSF). A área foliar total (AF) foi calculada por meio da seguinte equação: $AF = [(AF_{\text{Amostra}} \times MSF) / MS_{\text{Amostra}}]$.

Para a mensuração da massa de matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST), as plantas foram seccionadas em folha, caule e raízes e, em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 65°C ($\pm 1,0$) até obter massa constante e, posteriormente, pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001g. A massa seca da parte aérea foi obtida com a soma da massa seca das folhas com a massa seca do caule, e a massa seca total foi obtida com a somatória de todas as partes da planta (folhas, caule e raízes).

Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial, seguindo o modelo para o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. As equações significativas com os maiores coeficientes de determinação (teste F, $p < 0,05$) foram ajustadas. As análises de regressão foram realizadas usando o software SigmaPlot 11.0 para Windows (Systat Software, Inc., San José, CA, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de restrição da intensidade luminosa afetaram significativamente ($p < 0,05$) a altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, volume radicular e a densidades das raízes das mudas de graviola (Figura 2). O aumento do nível da restrição luminosa resultou no aumento na altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e volume radicular, ao passo que a densidade das raízes reduziu com o aumento do nível da restrição luminosa. A altura das plantas aumentou de 25,5 cm para 61,0 cm quando comparado as mudas cultivadas no ambiente a pleno solo (sem restrição de luz) e as mudas cultivadas no ambiente com 50% de restrição da luminosidade, respectivamente (Figura 2A). Os

valores máximos de diâmetro do caule, número de folhas e área foliar, estimados pelo modelo de regressão quadrática foram, respectivamente de 7,95 mm, 26 folhas e 8,42 dm², obtidos com 38%, 43% e 47% de restrição da intensidade luminosa (Figuras 2B, 2C e 2D).

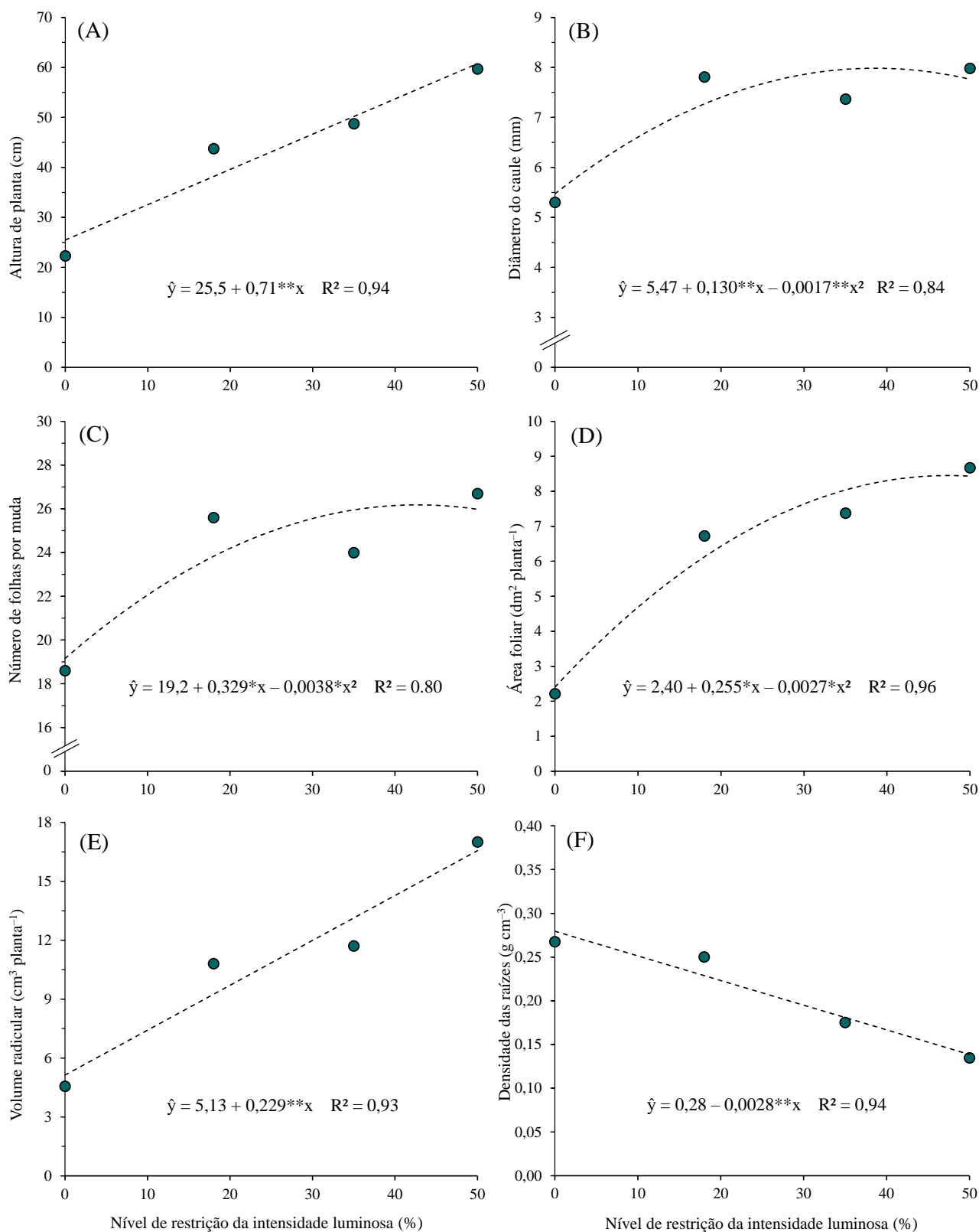


Figura 2. Efeito dos níveis de restrição da intensidade luminosa na altura de planta (A), diâmetro do caule (B), número de folhas por planta (C), área foliar (D), volume radicular (E) e na densidade das raízes (F)

das mudas de graviola (*Annona muricata* L.) cultivadas durante o período da primavera e verão em região de clima tropical. * e **: significativo a 5% e 1% pelo teste t, respectivamente. UEMS. Cassilândia-MS, 2015/2016. Fonte: os autores.

O volume radicular das mudas aumentou de 5,13 cm³ para 16,58 cm³ quando comparado as mudas cultivadas no ambiente à pleno solo (sem restrição de luz) e as mudas cultivadas no ambiente com 50% de restrição da luminosidade, respectivamente (Figura 2E). Por sua vez, a densidade das raízes reduziu de 0,28 g cm⁻³ para 0,14 g cm⁻³ quando comparado as mudas cultivadas no ambiente à pleno solo (sem restrição de luz) e as mudas cultivadas no ambiente com 50% de restrição da luminosidade, respectivamente (Figura 2F).

Em regiões ou épocas do ano que possuem elevados níveis de incidência de luz, como é o caso de Cassilândia (MS), a utilização de viveiros de produção com telas de sombreamento mostra-se eficientes por propiciar em um viveiro mais adequado para o crescimento e desenvolvimentos das plantas e, conseqüentemente, melhorar a qualidade das mudas produzidas (Oliveira, 2008). Mota e Mussury (2013) avaliando a produção de mudas de angico-do-cerrado (*Anadenanthera falcata* Benth. Speg) em diferentes viveiros, verificaram que os viveiros de mudas com telados pretos de 50% de sombreamento induziram o maior crescimento das mudas. De modo similar, Mota et al. (2012) avaliando a produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog) em viveiros com níveis de restrição luminosa de 0%, 50% e 70% verificaram que o melhor crescimento das plantas foi constatado no telado de 50% de sombreamento.

Os níveis de restrição luminosa afetaram significativamente ($p < 0,05$) a produção de matéria seca das mudas de graviola (Figura 3). O aumento do nível da restrição luminosa resultou no aumento na produção de matéria seca dos diferentes órgãos das plantas (folhas, caule, raízes). Os valores máximos de matéria seca de folhas, da parte aérea, das raízes e total, estimados pelo modelo de regressão quadrática foram, respectivamente, de 4,15 g, 6,79 g, 2,43 g e 9,34 g, obtidos com 42%, 42%, 35% e 40% de restrição da intensidade luminosa (Figura 3). Estes resultados evidenciam que os viveiros construídos com malhas de 35% a 42% de restrição da intensidade luminosa são os mais adequados para otimizar o crescimento das plantas, e devem ser recomendados para a produção de mudas de graviola. Os viveiros construídos com malhas de 35% e 50% de restrição luminosa, possuíam intensidade luminosa média variando de 500 a 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 1), e estes valores de intensidade luminosa são adequados para o processo fotossintético das plantas de ciclo C₃ (Taiz et al., 2017), como é o caso das mudas de graviola.

O maior acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos das plantas foi obtido quando as mudas foram cultivadas em condições de viveiros com algum nível de restrição da luminosidade (18% a 50% de sombreamento), ao passo que o menor acúmulo de matéria seca das plantas foi obtido nas mudas cultivadas em pleno sol (Figura 3 e Figura 4). A produção de mudas em viveiros resulta no maior crescimento e desenvolvimento das plantas e pode melhorar a sobrevivência das mudas após o transplante

em condições de campo (Cavalcante et al., 2008). Costa et al. (2012) verificaram que os viveiros de mudas construídos com telados de 50% de restrição luminosa, são mais indicados para a produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog), quando comparado as mudas produzidas em condições de casa-de-vegetação e coberta com filme de polietileno de baixa densidade. Ajalla et al. (2012) verificaram que o maior acúmulo de matéria seca das raízes das mudas de baru foi obtido no viveiro construído com telado de 50% de restrição da luminosa quando comparado aos viveiros com telado de 30% de restrição luminosa. Moura et al. (2015) verificaram maior crescimento das mudas de cupuaçu em telados com malha de 50% de restrição luminosidade, e este viveiro de produção resultou na melhor formação de mudas, contribuindo com maior homogeneidade, sanidade e redução da mortalidade de mudas no campo. Engel e Poggiani (1990) avaliaram a produção de mudas de cerejeira, ipê-felpudo, ipê-roxo e suinã em viveiros construídos com telas de 41, 68 e 82% de restrição luminosa em comparação a produção de mudas em condições à pleno sol, e concluíram que as espécies toleram à sombra na seguinte sequência: suinã < ipê-felpudo < ipê-roxo < cerejeira.

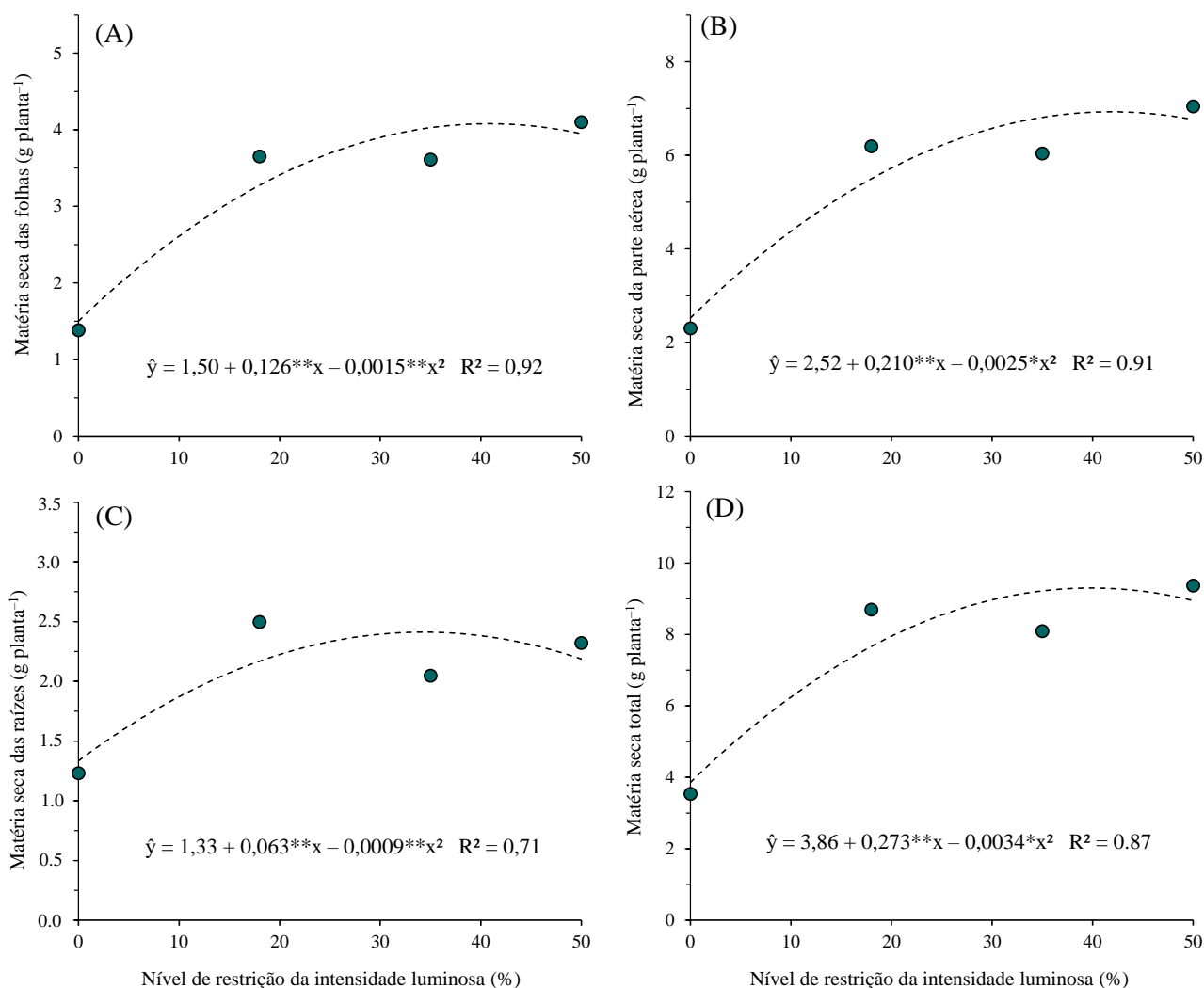


Figura 3. Efeito dos níveis de restrição da intensidade luminosa na produção de matéria seca de folhas (A), matéria seca da parte aérea (B), matéria seca das raízes (C), e matéria seca total (D) das mudas de graviola (*Annona muricata* L.) cultivadas durante o período da primavera e verão em região de clima tropical. * e **: significativo a 5% e 1% pelo teste t, respectivamente. UEMS. Cassilândia-MS, 2015/2016. Fonte: os autores.



Figura 4. Ilustração das mudas de graviola (*Annona muricata* L.) aos 120 dias cultivadas em condições de pleno sol (à esquerda) e nos viveiros construídos com telados de 18%, 35% e 50% de restrição da luminosidade (da esquerda para a direita). UEMS. Cassilândia-MS, 2015/2016. Foto: J. C. F. da Costa, 2016.

O uso de materiais com telas, malhas e plástico coloridos são considerados uns dos principais componentes no controle do manejo da radiação luminosa, pois além de proteger as plantas contra intempéries agroclimáticas tais como os ventos excessivos, granizo e chuvas fortes, estes materiais alteram a qualidade espectral da radiação (Nomura et al., 2009). Yao et al. (2008) relataram que o emprego de viveiros protegidos também favorece a proteção contra a radiação ultravioleta, que é maléfica as plantas. Portanto, os viveiros agrícolas construídos com telas de sombreamento também proporcionam a possibilidade de ter produção de mudas durante todo o ano, mesmo em condições climáticas adversas.

CONCLUSÃO

Os viveiros de produção de mudas construídos com telados de 35% a 42% de restrição de intensidade luminosa são os mais adequados para a produção de mudas de graviola durante o período da

primavera e verão em região de clima tropical com alta incidência de radiação solar. As mudas de graviola produzidas em telados com 50% de restrição luminosa requerem período de aclimação em viveiro com menor nível de restrição de luz, antes de serem transplantadas no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajalla ACA et al. (2012) Produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. Revista Brasileira de Fruticultura, 34(3): 888-896.
- Benincasa MMP (2003). Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep. 42p.
- Carvalho NOS et al. (2006). Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. Revista Árvore, 30(3): 351-357.
- Cavalcante TRM et al. (2008). Diferentes ambientes e substratos na formação de mudas de araticum. Revista Brasileira de fruticultura, 30(1): 235-240.
- Costa E et al. (2012). Production of baruzeiro seedling in different protecte denvironments and substrates. Engenharia Agrícola 2012; 32(4): 633-641.
- Engel VL, Poggiani F (1990). Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. IPEF, 43(4): 1-10.
- Fonseca CEL et al. (2001). Recuperação da vegetação de matas de galeria: estudos de caso no Distrito Federal e entorno. In: Ribeiro JF et al. (Eds.). Caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa Cerrados. 815-870p.
- Junqueira NTV et al. (1996). Graviola para exportação: aspectos fitossanitários. Brasília: Embrapa, 67p. (Publicações Técnicas Frupep, 22).
- Mota LHS et al. (2012). Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. Ciência Florestal, 22(3): 423-431.
- Moura EA (2015). Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de cupuaçu cultivadas sob diferentes substratos e condições de sombreamento. Revista Agro@ambiente On-line, 9(4): 405-413.
- Sacramento CK et al. (2009). Graviola. In: Santos-Serejo, JA et al. (eds.). Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 95-132p.
- Santarelli EG (2004). Produção de mudas de espécies nativas. In: Rodrigues RR, Leitão-Filho HF (Eds.). Matas ciliares: conservação e recuperação. 3. ed. São Paulo: Edusp/Fapesp. 313-318p.
- Sobrinho RB (2010). Potencial de exploração de anonáceas no Nordeste do Brasil. In: Semana da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria, 17, 2010, Fortaleza: Anais...Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.
- Yao X et al. (2008) Growth and photosynthetic responses of *Picea asperata* seedlings to enhanced ultraviolet-B and to nitrogen supply. Brazilian Journal of Plant Physiology, 20(1): 11-18.

Zamith LR, Scarano FR (2004). Produção de mudas de espécies das restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 18(1): 161-176.

Índice Remissivo

A

Annona muricata, 50, 52, 53, 54, 57, 59

B

Biomassa residual, 3

C

Colheita Florestal, 3

J



Jatropha curcas, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 42, 43, 45,
46, 47

T

Toxicidade, 31

Sobre o organizador



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br