

# **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 Argenteo-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](mailto: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

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

# Aproveitamento de resíduos de colheita florestal: uma revisão

Recebido em: 08/12/2021

Aceito em: 18/12/2021

 10.46420/9786581460280cap1

Clarice Ribeiro Cardoso<sup>1\*</sup> 

Alexandre Santos Pimenta<sup>1</sup> 

Juliana Lorensi de Canto<sup>1</sup> 

## 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

<sup>1</sup> 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<sup>-1</sup> 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 m<sup>3</sup>/ha.ano nos plantios de *Eucalyptus*. Com relação ao plantio de *Pinus*, a produtividade aumentou para 31,3 m<sup>3</sup>/ha.ano (Ibá, 2020), quando comparado ao ano anterior (30,1 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>.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 m<sup>3</sup>). 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).

<b>Tipo</b>	<b>Frequência (N)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>.ha)</b>
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
<b>Média</b>		<b>78,03</b>

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 m<sup>3</sup>.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<sup>-1</sup> e o de *Pinus taeda* 14,9 t.ha<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> e 144,4 t. ha<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup> e 144,4 t. ha<sup>-1</sup>), tendo sido quantificado um total de 12,74 kg. árv<sup>-1</sup> e 17,03 t. ha<sup>-1</sup>.

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).

<b>Diferenças</b>	<b>Briquetes</b>	<b>Pellets</b>
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 <sup>3</sup>	600 kg.m <sup>3</sup>

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).

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
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<sup>-1</sup> e o segundo maior foi o nitrogênio, com 175,5 kg.ha<sup>-1</sup>. 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 <sup>-1</sup>					
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
<b>Total</b>	<b>175,5</b>	<b>18,2</b>	<b>170,1</b>	<b>278,1</b>	<b>69,1</b>	<b>21,5</b>

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](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.

## 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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)