

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDA ZACCARIAS GONÇALVES

IMPACTOS DO SISTEMA DE COLHEITA FLORESTAL NA QUALIDADE DA BIOMASSA PARA COMBUSTÍVEL NA GERAÇÃO DE VAPOR

CURITIBA

2023

FERNANDA ZACCARIAS GONÇALVES

IMPACTOS DO SISTEMA DE COLHEITA FLORESTAL NA QUALIDADE DA BIO-
MASSA PARA COMBUSTÍVEL NA GERAÇÃO DE VAPOR

Artigo apresentado à disciplina de conclusão de curso como requisito parcial à conclusão do Curso de MBA Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert.

CURITIBA

2023

Impactos do sistema de colheita florestal na qualidade da biomassa para combustível na geração de vapor

Fernanda Zaccarias Gonçalves

RESUMO

A ascendente demanda pelas fontes renováveis e economicamente competitivas de energia. O uso da biomassa de eucalipto como combustível, dada a sua excelente adaptabilidade ao solo e clima brasileiro, traz a necessidade do estabelecimento de padrões de qualidade para que se obtenha o melhor aproveitamento energético deste material durante sua utilização. O objetivo deste estudo foi reunir através de revisão da literatura os aspectos relacionados à etapa de colheita florestal que impactam na qualidade da madeira (biomassa), tais como escolha dos maquinários, umidade, presença de resíduos inorgânicos e processamento do material, cuja finalidade é a geração de energia (vapor) em caldeiras.

Palavras-chave: Biomassa, Eucalipto, Geração de Energia, Qualidade, Umidade.

ABSTRACT

The rising demand for renewable and economically competitive sources of energy. The use of eucalyptus biomass as fuel, given its excellent adaptability to Brazilian soil and climate, brings about the necessity of establishing quality standards to achieve the best energy utilization of this material during its use. The objective of this study was to gather, through literature review, the aspects related to the forest harvesting stage that impact the quality of the wood (biomass), such as choice of machinery, moisture content, presence of inorganic residues, and material processing, aimed at energy (steam) generation in boilers.

Keywords: Biomass, Eucalyptus, Energy Generation, Quality, Moisture.

1 INTRODUÇÃO

A constante busca pelo desenvolvimento sustentável desencadeia cada vez mais a necessidade de obtenção de fontes de energia renováveis e economicamente rentáveis.

De acordo com Mota (2021), dentre as fontes renováveis a energia gerada pela biomassa é a mais utilizada quando comparada às demais fontes renováveis. Nos últimos anos é considerável o aumento da demanda da biomassa florestal para geração de energia. Ao passo que a oferta não cresce na mesma proporção da demanda, ou seja, espera-se um déficit de abastecimento em curto período. Sendo assim, se faz cada vez mais necessário a adoção de práticas silviculturais, tais como a adubação, a irrigação e os tratamentos culturais com o objetivo de aumentar a produtividade em intervalos de tempo reduzidos, além de garantir a qualidade do material.

O eucalipto é uma biomassa que vem ganhando destaque no aproveitamento para geração de energia, uma vez que é uma planta adaptada ao solo brasileiro e apresenta quantidades consideráveis de celulose e um poder calorífico elevado devido sua constituição química, onde os teores de celuloses, hemiceluloses, lignina, extrativos e substâncias minerais variam de uma espécie para outra (ALMEIDA, 2014).

O gênero *Eucalyptus* possui diversas espécies com diferentes propriedades que permitem a escolha de utilização em função das condições climáticas do local a ser plantado e da eficiência de queima desejada.

Além da escolha da espécie para garantir uma boa eficiência de queima, as etapas de colheita também impactam na qualidade do combustível e consequentemente no rendimento.

A colheita florestal é uma sequência de operações que englobam desde a derrubada das árvores até o local de transporte com o objetivo de transformar a madeira em produto (MACHADO et al, 2014).

Para Souza, Pires e Silveira (2008), o sistema de colheita é formado pelas seguintes atividades: (1) corte: compreende as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento das árvores em toras e empilhamento da madeira; (2) descasque:

é uma atividade que depende da finalidade do produto , ou seja, é opcional e tem como objetivo separar a casca do tronco; (3) extração: transporte da madeira do local de corte até a beira da estrada, carreador ou pátio intermediário, para carregamento dos veículos que fazem o transporte final até as fontes consumidoras; (4) carregamento: representa a colocação da madeira extraída nos veículos de transporte até a unidade consumidora ou pátios intermediários; (5) transporte: consiste no transporte da madeira até a unidade de consumo; (6) descarregamento: transferência da madeira do veículo de transporte e colocação no pátio da empresa consumidora.

Quando o produto é o Cavaco existe a etapa adicional de picagem, que consiste passar as toras por um picador e transformar a madeira em chips de diferentes especificações e tamanhos.

Os sistemas de colheita são divididos em cinco classificações, de acordo com o comprimento das toras: 1) Sistema de toras curtas (*cut-to-length*): as árvores são cortadas e processadas no interior do talhão e extraídas na forma de toras de até 6 metros de comprimento para as margens da estrada ou pátio intermediário; 2) Sistema de toras compridas (*tree-length*): as árvores são cortadas, desganhadas e destopadas no local de derrubada, e o fuste, com mais de 6 metros, é levado até as margens das estradas, ou pátios intermediários; 3) Sistema de árvores inteiras (*full-tree*): as árvores são cortadas no interior do talhão e extraídas inteiras para as margens da estrada ou pátio intermediário para ser processada; 4) Sistema de árvores completas (*whole-tree*): as árvores são arrancadas com partes de suas raízes (toco) e levadas até as margens das estradas ou pátio intermediário para ocorrer o processamento e 5) Sistema de cavaqueamento (*chipping*): as árvores são cortadas no interior do talhão e extraídas inteiras (sem raízes) até margens das estradas ou pátios intermediários para serem transformadas em cavacos (MACHADO, 2014).

A mecanização das atividades de colheita advinda das tecnologias em maquinários traz como benefício a segurança dos operadores envolvidos na atividade, melhor rendimento operacional, redução do custo e mitigação dos impactos ambientais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Umidade da Biomassa

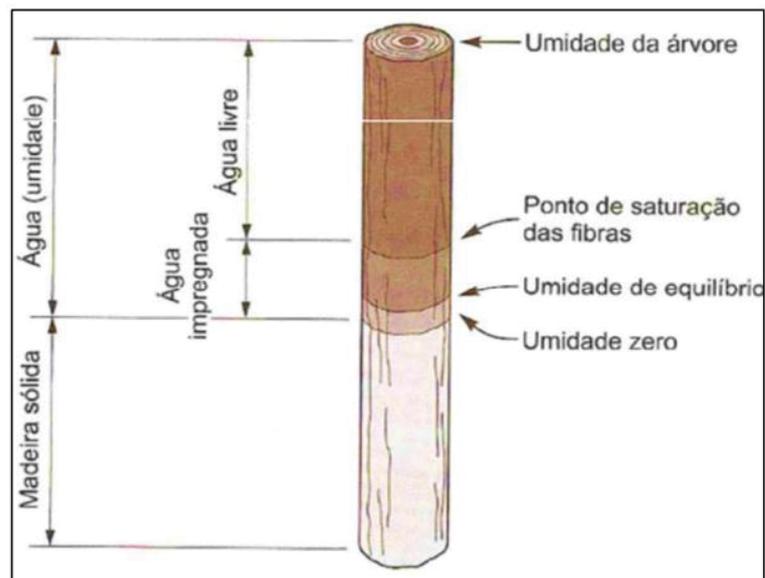
A umidade é definida como a quantidade de água presente em um material. A madeira absorve água do meio em que está, já que é um material higroscópico (PARIGOT, 2014).

A água na madeira pode ser classificada como: água livre, água de constituição e água de adesão (Pinheiro, 2013).

A quantidade de água livre presente na madeira é definida pela porosidade da mesma e durante o processo de secagem é a primeira forma de água a sair, pela evaporação (PARIGOT, 2014).

Após toda a evaporação da água livre a madeira encontra-se no ponto de saturação das fibras (PSF), que ocorre quando o teor de umidade está em torno de 28 a 32% na base úmida (PARIGOT, 2014).

Figura 1 – Perfil esquemático da umidade na madeira



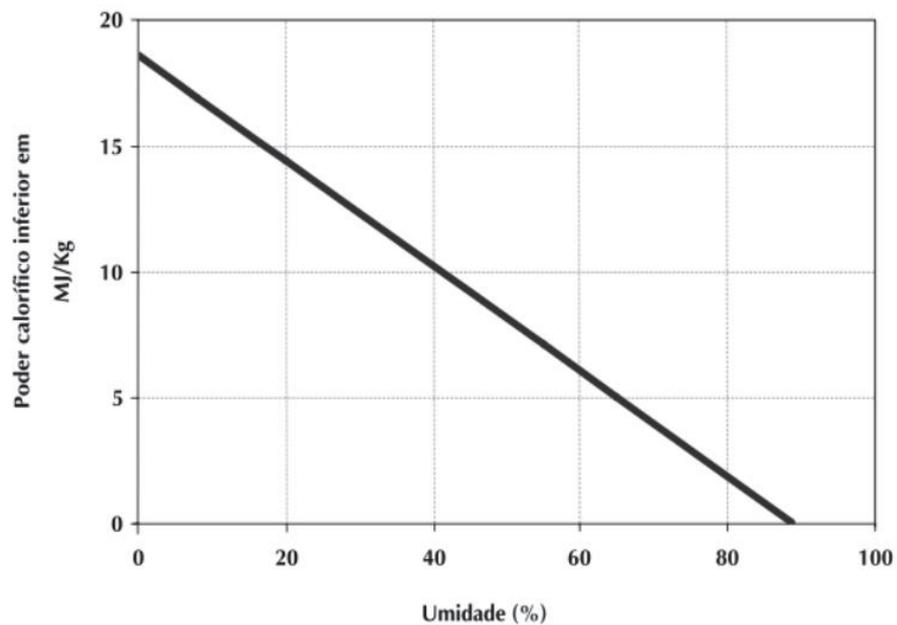
Fonte: Santos, 2020.

A utilização de “madeira verde” ou úmida é uma limitação em função da baixa disponibilidade do material e conseqüente alto custo de aquisição. As desvantagens desta utilização são alto custo com transporte e baixo rendimento energético (MORAIS, 2022).

O baixo aproveitamento energético está relacionado ao impacto que a umidade tem no poder calorífico do combustível, conforme pode ser observado na Figura 2.

O poder calorífico é definido como a quantidade de calor por unidade de massa (ou volume) liberada durante a combustão de um combustível. Pode ser classificado como poder calorífico superior (PCS) ou poder calorífico inferior (PCI) (FUNTECG¹, 2005 citado por MOTA, 2020).

Figura 2 – Umidade x Poder Calorífico



Fonte: BNDES², 2011 citado por Neiva, 2018

A garantia da qualidade da madeira está relacionada ao processo de secagem uma vez que para geração de energia as madeiras mais úmidas tendem a ter um poder calorífico menor, uma vez que a energia liberada é utilizada para evaporar a água que está contida na lenha (NEIVA, 2018). Por sua vez as madeiras secas

possuem maior poder calorífico, conseqüentemente maior energia no momento da queima (BRITO, 1979; MORAIS, 2022).

Outro importante fator que interfere no processo de secagem é a densidade da madeira, já que menores densidades possuem mais espaços vazios, representado pelos lumes dos vasos e fibras. Durante a etapa de árvore viva haverá maior acúmulo de água no tronco e conseqüente elevado teor de água na árvore recém-colhida. No entanto, a baixa densidade associada à alta permeabilidade da madeira apresentará elevada taxa de saída de água, reduzindo o tempo de secagem (OLIVEIRA, 2015).

Ainda de acordo com Oliveira (2015) durante a secagem ao ar livre as pilhas de eucalipto em campo são posicionadas próximas às áreas de colheita, sofrendo interferência de intempéries, tais como: temperatura, umidade relativa do ar e circulação do ar. Portanto, embora seja um método de secagem de baixo custo, faz-se necessário grandes áreas e longo período para atingir os teores ideais de umidade.

Figura 3 – Pilha de Secagem de Toras de Eucalipto



Fonte: Autora, 2023.

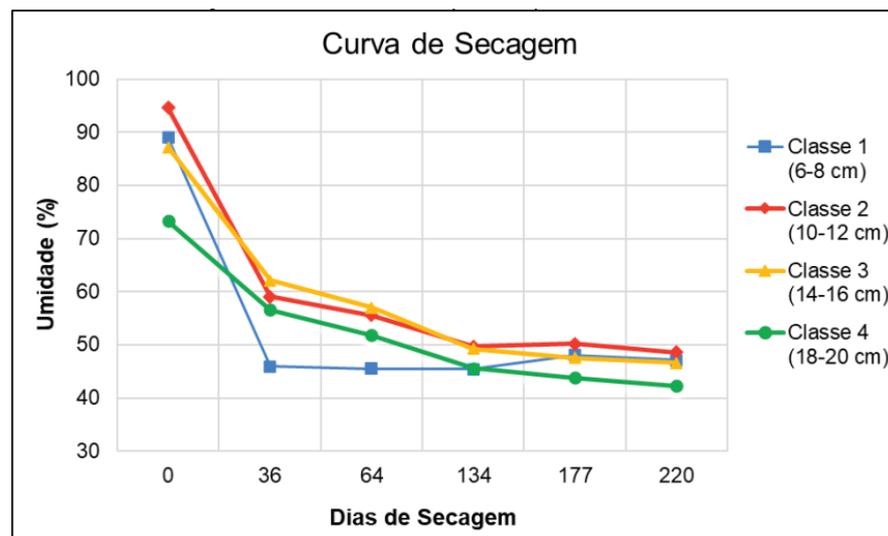
A secagem da madeira consiste em dois fluxos simultâneos de saída de água. No primeiro momento a redução da umidade ocorre através do movimento capilar,

isso significa saída de água livre ou capilar até o ponto de saturação das fibras (PSF) e, na sequência ocorre a saída da água higroscópica ou de impregnação (adsorvida às paredes celulares) pelo movimento de difusão. A presença do cerne é um dificultador para o processo de secagem principalmente devido à obstrução dos vasos por tilos (EUFRADE-JUNIOR, 2021).

Nos primeiros dias de secagem ao ar livre tendem a ser rápidos já que o material perde água livre. No entanto o método de secagem ao ar livre é mais demorado quando comparado aos demais para que se atinja o teor de umidade desejado. A montagem da pilha sobre uma base de 50 cm acima do nível do solo, proporcionando boa ventilação, mostra-se uma boa alternativa para melhoria do desempenho do método (TALGATTI et al, 2018).

Na Imagem abaixo pode-se observar a curva de secagem ao ar livre de amostras de *E. urophylla*, divididas nas seguintes classes: Classe 01 – Diâmetro de 6 a 8 cm, Classe 02 – Diâmetro 10 a 12 cm, Classe 03 – 14 a 16 cm e Classe 04 – 18 a 20 cm (OLIVEIRA, 2015).

Figura 4 – Caracterização da curva de secagem das amostras de *E. urophylla* após as mensurações durante os 220 dias, para as quatro classes de diâmetro.



Fonte: Morais (2022)

Conforme ressaltado por Morais (2022) a grande perda de água ocorreu nos primeiros dias de secagem para todas as classes, com destaque para a classe 1 que

obteve maior perda de água nos primeiros trinta e seis dias de secagem. Esse fato se justifica, pois toretes de madeira com diâmetros menores tem rápida queda de umidade nos primeiros cinco dias de secagem em comparação com os de maior diâmetro.

2.2 RESÍDUOS PRESENTES NA BIOMASSA

A presença de resíduos inorgânicos tais como areia e terra na biomassa, são responsáveis por problemas operacionais nas caldeiras, podendo desqualificar o combustível em termos de qualidade (SILVA, 2014).

Para Bolzani³ (2016 citado por CORRADI, 2021) a homogeneidade dos combustíveis e a estabilidade das condições operacionais são imprescindíveis para a estabilidade da operação e manutenção da segurança e eficiência do processo, principalmente quando se tratar equipamentos de maiores capacidades (toneladas/hora) e pressão (bar) de vapor.

Além do comprometimento da combustão e consequente eficiência da caldeira os compostos inorgânicos presentes na biomassa tais como óxidos alcalinos e sais causam problemas de deposição, aglomeração e corrosão nas superfícies de transferência de calor da caldeira (BRAND *et al*, 2021).

Ainda de acordo com Brand *et al* (2021), os principais problemas relacionados à presença de resíduos inorgânicos (areia e terra) na biomassa são:

1. Formação de pedras (readler): formação de pedras em grandes quantidades e tamanhos que impedem o fechamento das grelhas, ocasionando paradas por manutenção, esta situação ocorre no momento da limpeza das grelhas, quando são abertas para a passagem das cinzas e sua extração.
2. Entupimento (tremonha): O entupimento ocorre por incrustações e deposição de cinzas na saída da fornalha (altura da tremonha) e nos superaquecedores onde são formadas. Como solução pode-se citar o aumento do diâmetro do duto para facilitar a passagem das cinzas.
3. Redução da espessura das paredes dos tubos de fora para dentro (economizador) da caldeira;

4. Corrosão: são detectados pontos de corrosão nas paredes da caldeira e nos dutos.

Ademais, conforme salientado por Deboni (2017), a biomassa com alto teor de cinzas geradas pela contaminação dos resíduos de areia e terra é menos adequada para utilização para ser utilizada como combustível, pois após a queima faz-se necessário a correta destinação dos resíduos (cinzas), que está associada a custos com transporte para tratamento ou deposição.

Figura 5 – Pedra retirada da caldeira à biomassa com sujidade.



Fonte: Autora, 2022.

Tendo em vista que a casca da biomassa tem grande contribuição para o acúmulo de areia e terra, a escolha dos maquinários de colheita pode ser considerados um mitigador para esse problema.

Figura 6 – Pilha de lenha com sujidade – colheita sistema *Full Tree*



Fonte: Autora, 2023.

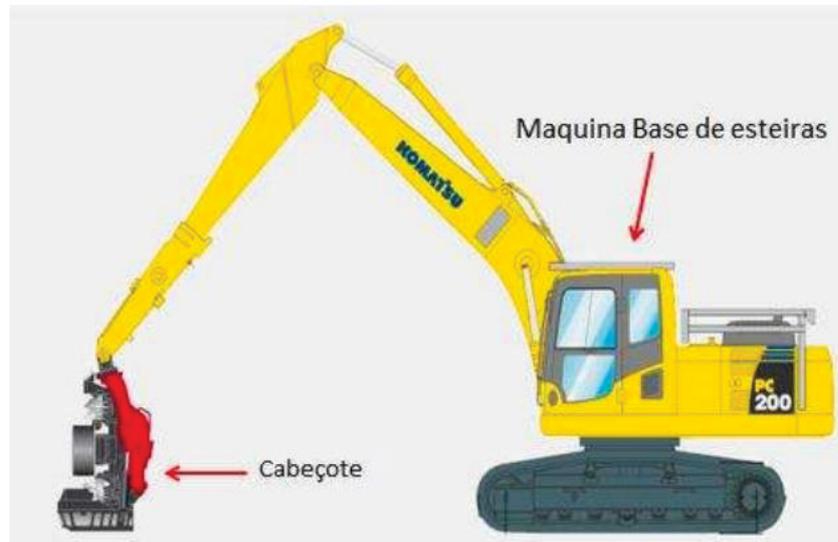
Figura 7 – Presença de terra misturada na casca do eucalipto.



Fonte: Autora, 2023.

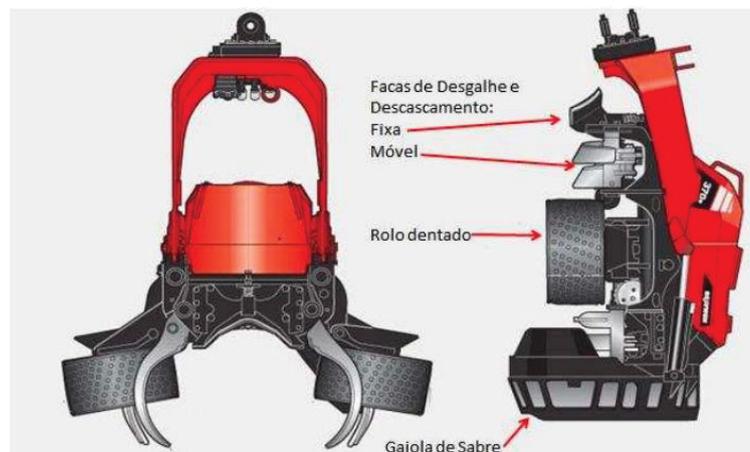
De acordo com Silva (2014) o *Harvester*, para o corte e processamento, e Forwarder para baldeio são os maquinários mais utilizados para a madeira descascada.

O *Harvester* é uma máquina de pneus ou de esteira pertencente à operação de corte e processamento, cuja função é realizar o corte da árvore, desganhamento, desdobro e descascamento. Existem ainda adaptações feitas em escavadoras de esteiras como por exemplo a inserção de cabeçote processador (SEIXAS; BATISTA, 2014).

Figura 8 – *Harvester* de Esteira

Fonte: Silva (2014)

Figura 9 – Cabeçote para colheita florestal



Fonte: Silva (2014)

Por sua vez o *Forwarder*, é um trator florestal que tem como objetivo realizar o transporte da madeira do local de derrubada até o pátio de secagem. A vantagem dessa máquina é que o transporte ocorre longe do solo, reduzindo os impactos ambientais e a sujidade da biomassa (LIMA, 2021).

Figura 10 – Forwarder



Fonte: BROWN; DINIZ 2017.

2.3 PROCESSAMENTO DA BIOMASSA

Para a efetiva utilização da biomassa como combustível na geração de vapor faz-se necessária a etapa de processamento, ou seja, de transformação do material final (lenha, cavaco, chip etc.) para que se tenha o melhor aproveitamento de acordo com o equipamento a ser utilizado.

Figura 11 – Cavaco de Eucalipto.



Fonte: Autora, 2023.

Pedaços menores de madeira possuem maiores eficiências de queima do que os maiores. Como exemplo pode-se citar o uso de fogões domésticos a lenha, cujo combustível ideal são madeiras com diâmetro de 4 a 5 cm. O tamanho dos pedaços de lenha tem impacto na transferência de calor, visto que pedaços mais finos, o aquecimento e a liberação de voláteis são mais rápidos, ao passo que pedaços mais grossos tornam o processo mais lento (MOTA, 2020).

Segundo Corradi (2021) cavacos de tamanhos grandes causam entupimento no sistema de alimentação, uma vez que impedem o fluxo de material no mesmo.

Por sua vez, partículas muito finas proporcionam rápida queima durante a combustão, ocasionando variação de calor e formação de cinzas (GRUNKRAUT⁴, 2012 citado por CORRADI, 2021).

De acordo com Nogueira⁵ (2000, citado por CORRADI, 2021) “A maior superfície específica e a maior reatividade da madeira picada em cavacos, em comparação às toras de lenha, podem aumentar a eficiência de diferentes sistemas de utilização de biomassa.”

Embora a variação de tamanhos do material propiciar uma melhor acomodação de carga, a homogeneidade é prioridade para o alcance do melhor aproveitamento energético numa caldeira (CERAGIOLI, 2013).

3 CONCLUSÃO

Tabela 1: Síntese dos impactos gerados durante as etapas de colheita na qualidade da biomassa.

Etapa do Processo de Colheita	Impacto na Qualidade da Biomassa	Ação de Mitigação do Impacto
Secagem	Altos teores de umidade geram: - Redução do poder calorífico; - Baixo aproveitamento energético; - Aumento custos com transporte; - Aumento custo com geração de vapor.	Conhecer a faixa de umidade que a caldeira trabalha e planejar de forma assertiva o tempo de secagem ideal de acordo com o clima da região e espécie escolhida para que se obtenha a umidade desejada.
Colheita	Presença de Resíduos na Biomassa ocasionam: - Redução de eficiência de queima; - Problemas operacionais tais como corrosão, entupimento e formação de pedras; - Aumento frequência e custo com limpeza das caldeiras; - Aumento dos eventos de manutenção das caldeiras; - Custo com destinação de resíduos (cinzas).	A utilização do Harvester para remoção das cascas é um fator que ajuda na mitigação destes resíduos.
Processamento (transformação do material final (lenha, cavaco, chip etc.))	- Baixo aproveitamento energético caso a especificação do material não esteja de acordo com a necessidade da caldeira; - Aumento custo com geração de vapor.	Planejamento da colheita de acordo com os requisitos do equipamento (caldeira).

Fonte: Autora, 2023.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.M. Aproveitamento Energético da Biomassa Eucalipto a partir da Gaseificação para Utilização na Produção de Energia Elétrica. 2014. 65f. Monografia (Graduação em Química Tecnológica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/9506/1/2014_CarolaneMacedoAlmeida.pdf. Acesso em: 25.jun.2023.

DEBONI, T.L. Qualidade da biomassa florestal utilizada para geração de energia por uma unidade cogeneradora em Lages-SC. 2017.82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00003c/00003cb0.pdf>. Acesso em 23. nov. 2023.

BRAND, M.A.; HENNE, R.A.; SCHEIN, V.A.S.; PEREIRA, E.R. Mapeamento dos problemas associados à geração e tratamento das cinzas na combustão da biomassa florestal em caldeira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1167-1192, jul./set. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/k4MXXd6qpLJ588RRWPnn-Fsw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 11. ago.2023.

BROWN, R. O.; DINIZ, C. C. C. Colheita florestal e manutenção de equipamentos móveis.: SEAFLO - Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 01-41, 2017. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/59470.pdf>. Acesso em: 30.ago.2023.

CERAGIOLI, N. S. Qualidade de cavacos produzidos em sistemas florestais de curta rotação de eucalipto para fins energéticos. 2013. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90647/000756934.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 ago. 2023.

CORRADI, G. M. Qualidade energética de diferentes biomassas florestais utilizadas no Oeste paranaense. 2021. 32f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2021. Disponível em: <https://www5.unioeste.br/portaunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao.Giordano.Corradi.pdf>. Acesso em 22.ago.2023.

Eufrade-Junior, H. J., RODRIGUES, S. A., SPADIM, E. R., GUERRA, S. P. S., BALLARIN, A. W. Predição do teor de umidade de toras longas de madeira de *Eucalyptus urophylla* estocadas em pilhas ao ar livre. *Scientia Forestalis*, v. 49, n 130, p.1-11.

2021 Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr130/2318-1222-scifor-49-130-e3461.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2023.

LIMA, P.G.M.S. Produtividade e custos da colheita florestal mecanizada no Brasil: Uma revisão sistemática (2001- 2021).2021.50f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/30150>. Acesso em: 25.jun.2023.

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C.C. Colheita Florestal. 3 ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2014.

MORAIS, W. T. Curva de secagem natural em toras de *Eucalyptus urophylla* sob condições locais do município de Apodi. 2022. 44F. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Macaíba, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/48761/2/CurvaDeSecagemNatural_Morais_2022.pdf. Acesso em: 05.ago.2023.

MOTA, M.M. Aumento de geração de vapor em uma caldeira de biomassa: estudo em função de estabilidade operacional.2020. 32f.Monografia (Especialização em Industria 4.0) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25954>. Acesso em: 25.jun.2023.

NEIVA, P.S. Capacidade térmica e poder calorífico de biomassa. 2018. 91f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2018. Disponível em: <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/1091>. Acesso em: 28.jun.2023.

PARIGOT, P. Relação entre a umidade e o poder calorífico da biomassa utilizada na COCELPA. 2014. 34f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/45620>. Acesso em: 26.jun.2023.

PINHEIRO, M. A. Influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3127/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2023.

SANTOS, L. M. A. Madeiras. 2020. 35 f. Dissertação (Pós – Graduação em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em:

https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_madeiras_lara_monalisa.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Comparação técnica e econômica entre harvesters de pneus e com máquina base de esteiras. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 1, p. 185–191, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/13335>. Acesso em: 29 ago. 2023.

SILVA, D. A. V. Redução em campo da sujidade em toras de madeira de eucalipto para produção de celulose. 2014. 40f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Disponível em: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/5950>. Acesso: 11.ago.2023.

SOUZA, M.A.S.; PIRES, C.B.; SILVEIRA, Colheita florestal: mensuração e análise dos efeitos das variáveis controláveis e não controláveis no custo das atividades de corte e descasque mecanizado. *RCO – Revista de Contabilidade e Organizações*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 73 - 99 mai./ago. 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34714/37452>. Acesso em: 11.ago.2023.

TALGATTI, M.; SILVEIRA, A.G.; BALDIN, T.; SOUZA, J.T.; SANTINI, E.J. Secagem ao ar livre e qualidade de serrados de clones de *Eucalyptus grandis*. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 17, n. 2, p. 197-204, abr./jun. 2018. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/download/19299/13213/74940>. Acesso em: 29 ago. 2023.