

## **Efeito de diferentes tempos de estocagem da biomassa na qualidade física dos pellets**

Lucas de Lima Ribeiro<sup>1</sup>; Martha Andreia Brand<sup>1</sup>; Jean Alberto Sampietro<sup>1</sup>; Luís Henrique Ferrari<sup>1</sup>; Natalia Durigon Melo<sup>1</sup>; Taíse Mariano Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Lages/SC, Brasil – [lucas.ribeiro@edu.udesc.br](mailto:lucas.ribeiro@edu.udesc.br)

**Resumo:** A busca por alternativas de obtenção de energia por meios renováveis vem crescendo, e com os avanços tecnológicos, materiais residuais lignocelulósicos apresentam grande potencial para a produção de pellets e briquetes. A utilização de resíduo de colheita florestal de *Pinus sp.* mostra-se promissor, pois apresenta montantes significativos durante o processo de colheita florestal, sendo suficientes para suprir a demanda com abastecimento contínuo. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física dos pellets produzidos a partir de biomassa residual de colheita de *Pinus taeda* L. estocada em campo em diferentes tempos de estocagem (0, 40, 80, 109, 138, 186 e 200 dias). As variáveis analisadas foram: umidade de peletização, densidade a granel, durabilidade e finos. A estocagem influenciou significativamente o teor de umidade da peletização e a qualidade física dos pellets. O período de 80 dias foi o mais indicado para uso da biomassa para peletização.

**Palavras-chave:** Resíduo, Compactados, Biocombustível.

### **Effect of different biomass storage times on the physical quality of pellets.**

**Abstract:** The search for alternative ways of obtaining energy through renewable means has been growing, and with technological advancements, lignocellulosic residual materials show great potential for producing pellets and briquettes. Using forest harvest residue from *Pinus sp.* appears promising, as it generates significant amounts during the forest harvesting process, sufficient to meet demand with continuous supply. Thus, this study aimed to evaluate the physical quality of pellets produced from residual biomass of *Pinus taeda* L. harvested and stored in the field for different storage periods (0, 40, 80, 109, 138, 186, and 200 days). The analyzed variables were: pelletization moisture, bulk density, durability, and fines. Storage significantly affected the pelletization moisture content and the physical quality of the pellets. The 80-day period was the most suitable for using the biomass for pelletization

**Keywords:** Residue, Compacted, Biofuel.

#### **1. INTRODUÇÃO**



Engenharia  
Industrial  
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

Atualmente, a busca por alternativas para obtenção de energia por meios

renováveis está crescendo. No entanto, a utilização de fontes não renováveis ainda é predominante no mercado, com o petróleo e seus derivados representando o maior percentual da matriz energética mundial (29,5%), seguido do carvão mineral (27,2%) e gás natural (23,6%) (IEA,2023).

Com o avanço da tecnologia, diversas áreas de pesquisa estão explorando novas fontes energéticas como, por exemplo, na geração de energia termelétrica, em que resíduos lignocelulósicos e urbanos, podas de arborização urbana, restos de construção civil e resíduos de cultivos agrícolas têm mostrado grande potencial, especialmente na forma de pellets e briquetes (PEDROSO et al., 2018).

A biomassa residual florestal demonstra-se promissora para a produção energética, com as florestas de Pinus e Eucalyptus gerando quantidades significativas de resíduos, principalmente durante o processo de colheita florestal, garantindo a disponibilidade necessária para atender à demanda de abastecimento contínuo das usinas termelétricas (CARDOSO et al., 2021).

Considerando que um dos maiores desafios econômicos do setor industrial é a etapa de transporte, carregar a maior quantidade de material possível por unidade de volume tende a ampliar as alternativas de viabilização da operação. A compactação da biomassa, por meio da sua transformação em materiais como pellets e briquetes pode ser uma alternativa eficaz para otimizar a logística de transporte.

Oliveira et al. (2017) identificaram que os resíduos de biomassa de Pinus sp. provenientes do processamento da madeira são adequados para a confecção de briquetes. Considerando esse potencial, o trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física dos pellets produzidos a partir de biomassa residual oriunda da colheita de Pinus taeda L. que foram submetidas a diferentes tempos de estocagem em campo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta do material

O material utilizado para a produção dos pellets foi a biomassa residual do processo de colheita florestal de povoamentos de *Pinus taeda* L. Estes

povoamentos estavam localizados na serra catarinense, possuíam uma densidade inicial de plantio 1.666 árvores/ha, com ciclo produtivo de 15 a 18 anos, sendo conduzidos em regime de manejo pulpwood sem intervenções de poda e desbaste, destinados a produção de celulose e papel.

O clima da região é classificado por Köeppen como Cfb. O clima Cfb, (clima temperado, com verão ameno) é caracterizado por não haver uma estação seca, com precipitação de 1100 a 2000 mm, com chuvas distribuídas de maneira uniforme e temperatura média do mês mais quente é inferior a 22° C (EPAGRI, 1998).

Para a obtenção do material de estudo, após o processo de colheita florestal, a biomassa residual foi espalhada no campo e estocada por períodos distintos, sendo 0, 40, 80, 109, 138, 186 e 200 dias. Quando terminado o período de estocagem, a biomassa passou pela operação de enleiramento (Figura 1) e, em seguida, foi processada em um cavaqueador móvel horizontal Vermeer HG6800TX equipado com um tambor rotativo de martelos.

**Figura 1.** Biomassa residual após o processo de enleiramento.



Fonte: Autores (2020).

Ao final do processo, a biomassa foi descarregada diretamente sobre caminhões-caçamba e encaminhada para os laboratórios da Universidade do Estado de Santa Catarina para a produção e análise dos pellets.

## 2.2 Peletização



Engenharia  
Industrial  
Madeireira



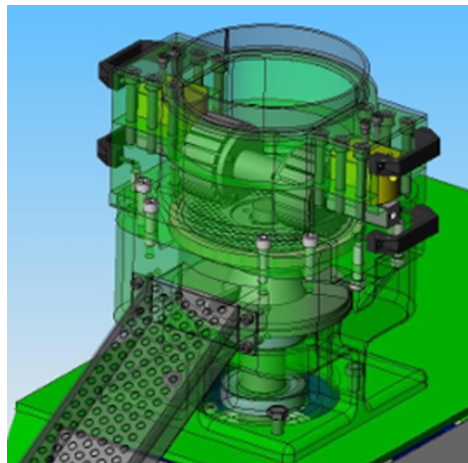
SOCIETUDE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

A biomassa foi inicialmente colocada em câmara climatizada para a redução do teor de umidade até o teor médio de 12% e posteriormente moída em moinho de

martelo com abertura da peneira de 10 mm. Na sequência, a produção dos pellets foi realizada em uma peletizadora piloto de matriz plana horizontal (Figura 2) com capacidade máxima de produção de 400 kg/h.

Para obter pellets com qualidade adequada foi necessário aspergir água durante o processo de peletização até que os pellets saíssem da peletizadora sem se desintegrar, mantendo a consistência após o resfriamento. A adição de água no processo ocorreu em proporções diferentes para cada tratamento. Este processo se fez necessário pois a biomassa que estava mais seca produzia poeira em excesso e os pellets não se formavam e, quando umedecidos demais, os pellets ficavam deformados. Dessa forma, durante o processo de peletização foram anotadas as características dos pellets e retiradas amostras para determinar a umidade ideal da biomassa para a peletização.

**Figura 2.** Peletizadora piloto de matriz plana horizontal.



Fonte: Lippel Metal Mecânica Ltda. (2016)

### 2.3 Análises laboratoriais e tratamento dos dados

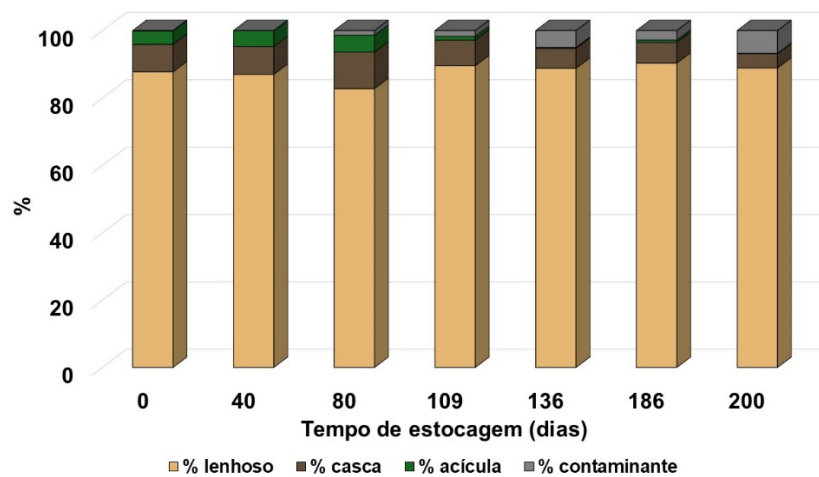
Foi realizada a caracterização física do material, separando entre casca, acícula, material lenhoso e contaminantes (Figura 3).

Na tabela 1 estão apresentadas as análises e as normativas adotadas para a condução do experimento. Foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e a análise estatística aplicada para a comparação das médias foi Teste Tukey a 5% de significância.

**Tabela 1.** Normativas para a caracterização dos pellets.

Análises	Normativas
Teor de umidade	EN 14774 (CEN, 2009)
Densidade a granel	EN 15103 (CEN, 2009)
Durabilidade	EN 15210-1 (CEN, 2010)
Finos	ISO 18846 (2016)

**Figura 3.** Gráfico da composição física da biomassa estocada.



Fonte: Autores (2024).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de umidade necessário para a obtenção de pellets com qualidade visivelmente aceitável durante a peletização variou em função do tempo de estocagem da biomassa (Tabela 2). A partir dos 138 dias de estocagem foi necessário a adição de água até atingir teores de umidade superiores a 20%, podendo chegar a valores próximos a 30% para que a compactação ocorresse de forma adequada e os pellets se mantivessem íntegros após a saída da matriz peletizadora.

Embora a faixa de umidade entre 10 e 15% seja considerada ideal para um processo típico de peletização de biomassa, alguns autores relatam processos de peletização ocorrendo com biomassas com teores de umidade mais elevados, podendo chegar a 35%. Porém, é importante ressaltar que normalmente altos teores de umidade comprometem a qualidade física dos pellets (PRADHAN et al.,

2018).

De forma geral, a quantidade de água na matéria-prima controla a qualidade do pellet e a economia geral do processo. Portanto, mais estudos são necessários para verificar a peletização em materiais de alta umidade como uma técnica alternativa para reduzir o custo geral do processo (PRADHAN et al., 2018).

**Tabela 2.** Variáveis para determinação da qualidade física dos pellets.

Tratamento	TU pl (%)	TU dg (%) *	DG (Kg/m <sup>3</sup> )	DB (%)	FN (%)
0 Dias	12,23 b	13,71	519,259 f	90,54 bcd	1,60 c
40 Dias	13,55 b	11,18	563,259 e	87,68 d	3,82 a
80 Dias	13,28 b	9,43	676,889 b	95,70 a	0,79 d
109 Dias	13,28 b	10,01	628,741 cd	89,79 cd	1,51 c
138 Dias	28,19 a	6,61	724,296 a	94,15 ab	0,40 e
186 Dias	24,54 a	10,62	597,482 de	94,80 a	1,52 c
200 Dias	29,18 a	7,76	658,667 bc	91,95 abd	2,00 b
<b>CV (%)</b>	28,13	0,89	2,45	2,03	7,67

Onde: CV – Coeficiente de variação; TU pl – Teor de umidade da peletização; TU dg – Teor de umidade da densidade a granel; DG – Densidade a granel; DB – Durabilidade e FN – Finos.

\* Segundo a norma EN 15103 o teor de umidade para a realização da análise de granulometria deve ser de 20% ou menos.

A densidade a granel dos pellets sofreu influência do tempo de estocagem da biomassa em campo. A biomassa com 0 dia de estocagem foi a que apresentou a menor densidade a granel dos pellets e a de 138 dias foi a que apresentou o maior valor para essa variável. Essa propriedade provavelmente sofreu alteração devido a composição física do material (Figura 3), onde os primeiros períodos de estocagem apresentavam elevado percentual de acícula, enquanto os últimos períodos apresentavam uma presença considerável de contaminantes.

Brand et al. (2018) ao analisarem a qualidade de pellets produzidos a partir de misturas entre grimpá de *Araucaria angustifolia* e maravalha de *Pinus* spp., obtiveram a densidade a granel de 654 kg/m<sup>3</sup> para pellets 100% maravalha de *Pinus* spp. Fazendo um comparativo com os resultados de densidade a granel obtidos neste trabalho, os tratamentos de 80, 109 e 200 dias possuem valores próximos aos pellets produzidos com uma matéria convencional.

De acordo com a ISO 17225-2 (ISO,2014), norma internacional utilizada para a categorização de qualidade dos pellets para uso doméstico, comercial e industrial, a densidade a granel para todas as categorias de uso deve ser superior a 600 kg/m<sup>3</sup>. Desta forma, não atendem a este critério os tratamentos de 0, 40 e 186 dias.

Para a durabilidade mecânica, os tratamentos de 80, 138, 186 e 200 dias tiveram as melhores médias para esta variável, com destaque para a biomassa com 80 dias de estocagem. Porém, considerando os critérios de qualidade da ISO 17225-2 (ISO, 2014), nenhum dos tratamentos atenderam o valor mínimo exigido de durabilidade mecânica (96,5%).

Para o teor de finos, a biomassa com o tempo de estocagem de 40 dias teve o maior valor em relação aos demais tratamentos. Da mesma forma, a biomassa estocada por 138 dias teve o menor teor de finos. Essa variação também pode estar relacionada a composição física do material (Figura 3), onde a quantidade elevada de acículas ou de contaminantes nesses períodos, pode ter atrapalhado o processo de compactação da biomassa. Porém, considerando a ISO 17225-2 (ISO, 2014), todos os tratamentos poderiam ser utilizados para a aplicação industrial (<4%).

Avaliando-se todas as propriedades avaliadas de forma conjunta, a biomassa com 80 dias de estocagem foi peletizada com teores de umidade dentro do adequado para peletização e qualidade física dos pellets. Neste tempo de estocagem, foram obtidos ainda valores de densidade a granel e teor de finos adequados ao uso industrial dos pellets, além da maior durabilidade mecânica entre os tratamentos testados.

#### 4. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que é possível a produção de pellets tendo como matéria-prima a biomassa residual de colheita florestal de *Pinus taeda* L. estocada em campo por diferentes períodos, porém, a estocagem afetou significativamente o teor de umidade da biomassa para a produção de pellets e as propriedades físicas dos pellets.

A biomassa residual estocada por um período de 80 dias foi a que apresentou o melhor desempenho durante a peletização, resultando em pellets com características físicas adequadas para o uso industrial.

## 5. REFERÊNCIAS

BRAND, M. A; JACINTO, R. C. CUNHA, A. B. **Qualidade de pellets de galhos secos de araucária e partículas de pinus**. Energ. Agric., Botucatu, vol. 33, n.4, p.303-312, outubro-dezembro, 2018.

CARDOSO, C. R; PIMENTA, A. S; CANTO, J. L. **Aproveitamento de resíduos de colheita florestal: uma revisão**. Avanços nas Ciências Florestais [livro eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 6p.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1998.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION; **CEN. EN 14774 Solid Biofuels – Determination of moisture content – oven dry method**. 2009.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION; **CEN. EN 15149 - 2 Determinación de la distribución de tamaño de partícula**. Parte 2: **Método del tamiz vibrante com abertura de malla inferior o igual 3,15 mm**. Madri, Espanha. 2011.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION; **CEN. EN 15149-1, Solid Biofuels e Determination of Particle Size Distribution e Part 1: Oscillating Screen Method Using Sieve Apertures of 1 Mm and above**. Brussels, 2010b.13 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Statistics Data Browser**. IEA. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION-ISO. **ISO 17225-2: Solid Biofuels – Fuel Specifications and classes –Part 2: Graded wood péletes**. Genebra, 2014. 9p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION-ISO. **ISO 18846: Solid biofuels — Determination of fines content in quantities of pellets**. Genebra, 2016. 4p.

OLIVEIRA, L. H. et al. **Aproveitamento De Resíduos Madeireiros De Pinus Sp. Com Diferentes Granulometrias Para A Produção De Briquetes**. Revista de Ciências Agrárias, 2017,40(3): 683-691.

PEDROSO et al. **Demandas atuais e futuras da biomassa e da energia renovável no Brasil e no mundo**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 1980-1996, ago.2018. ISSN 2525-876.



PRADHAN, P., MAHAJANI, S. M., & ARORA, A. **Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review.** Fuel processing technology, v. 181, p. 215-232, 2018.