

## DESIGNIFICAÇÃO KRAFT DA MADEIRA DE *Eucalyptus cloeziana* PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE

**DANIELA SILVEIRA PINHEIRO<sup>1</sup>; ÁVILA FERREIRA DE SOUSA<sup>2</sup>; KALLINE RODRIGUES MORAES DE LEON<sup>2</sup>; VINÍCIUS SILVEIRA OLIVEIRA<sup>2</sup>; RAFAEL BELTRAME<sup>2</sup>; GABRIEL VALIM CARDOSO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [pinheirodaniela215@gmail.com](mailto:pinheirodaniela215@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [viniciussilveira56@gmail.com](mailto:viniciussilveira56@gmail.com); [leonkalline@gmail.com](mailto:leonkalline@gmail.com); [avilaferreira128@gmail.com](mailto:avilaferreira128@gmail.com); [beltrame.rafael@yahoo.com.br](mailto:beltrame.rafael@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [gabriel.valim.cardoso@gmail.com](mailto:gabriel.valim.cardoso@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Reconhecido mundialmente como um dos principais produtores e exportadores de celulose, o Brasil se destaca na produção de fibras curtas branqueadas de florestas plantadas de eucaliptos, representando mais de 70% das áreas plantadas no país. Em 2023, a produção nacional atingiu 24,3 milhões de toneladas, com mais de 75% desse volume voltado para exportação (IBÁ, 2024).

A espécie *Eucalyptus cloeziana* não apresenta grandes áreas de plantio devido ao crescimento inicial mais lento quando comparada a outras espécies comerciais de eucaliptos e dificuldade na produção de mudas seminais e clonais, entretanto, as propriedades tecnológicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana* são apropriadas para diversos usos, contudo, há poucos estudos sobre a qualidade da madeira da espécie para a produção de celulose (REIS *et al.*, 2017).

A produção da polpa celulósica pelo processo kraft envolve a aplicação de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio para solubilizar a lignina da madeira em equipamentos pressurizados e aquecidos, conhecidos como digestores. O material resultante, denominado polpa marrom, é submetido a sucessivos tratamentos químicos para aprimorar a separação das fibras e garantir uma deslignificação completa, essencial para o rendimento do processo produtivo (PAULA, 2017).

O presente trabalho teve como objetivo investigar as etapas do processo de deslignificação kraft aplicadas à madeira de *Eucalyptus cloeziana*, por meio da comparação entre duas abordagens distintas: uma utilizando cavacos classificados e outra com cavacos não classificados. A análise buscou avaliar possíveis diferenças no desempenho do processo em função da qualidade da matéria-prima, contribuindo para a compreensão dos efeitos da qualidade dos cavacos sobre os parâmetros operacionais e a eficiência da deslignificação kraft para produção de celulose.

### 2. METODOLOGIA

Neste estudo, utilizou-se cavacos de madeira de *Eucalyptus cloeziana* de árvores abatidas com 8 anos de idade. Os cavacos foram classificados manualmente e separados em dois lotes distintos para avaliar o impacto da qualidade da distribuição das dimensões dos cavacos nos processos subsequentes. No tratamento 1, os cavacos foram manualmente selecionados por tamanho, removendo-se os maiores como lascas e os menores como palitos, garantindo uma distribuição homogênea das dimensões. Já no tratamento 2, os cavacos foram utilizados sem qualquer seleção prévia, mantendo-se a distribuição de diferentes tamanhos tal qual quando foram picados (Figura 1).



Figura 1 – Cavacos de *Eucalyptus cloeziana* utilizados no estudo: (a) tratamento 1 - cavacos com seleção granulométrica, (b) tratamento 2 - cavacos sem seleção granulométrica.

Antes da etapa de deslignificação, foi realizada a determinação do teor de umidade das amostras de cavacos de cada tratamento, conforme o método descrito na norma TAPPI T264 cm-97.

Posteriormente, procedeu-se à deslignificação kraft dos cavacos por meio de tratamento químico destinado à remoção de componentes não celulósicos da madeira. O processo envolveu a adição de soluções de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), reagentes fundamentais para a ruptura das ligações lignocelulósicas.

Todo o estudo foi realizado no laboratório de Celulose e Papel da UFPel e conduzido utilizando um digestor convencional com capacidade de deslignificar até quatro amostras simultaneamente. Os tratamentos foram analisados em duplicata utilizando 100g de cavacos em base seca. As condições descritas na Tabela 1 foram utilizadas com objetivo de obtenção da polpa celulósica em valores de número kappa próximos de 18.

Tabela 1 – Condições operacionais da deslignificação kraft.

Álcali ativo	Sulfidez	Relação licor:madeira	Temperatura máxima	Tempo até a temperatura máxima	Tempo à temperatura máxima
23%	30%	4:1	158°C	60 min	120 min

Após a deslignificação, a polpa marrom foi retirada das células e lavada para retirar o licor negro residual, então as fibras foram individualizadas com auxílio de um desagregador de escala laboratorial, utilizando 20 mil revoluções. Após as polpas serem desagregadas, elas foram depuradas utilizando um depurador laboratorial do tipo Somerville com peneira de fendas. As fibras celulósicas que passaram pela peneira do depurador foram utilizadas para determinar o rendimento depurado e os feixes de fibras não deslignificadas que ficaram retidos na peneira foram classificados como rejeitos.

Para determinar o rendimento depurado foi calculada a relação entre massa seca de polpa celulósica obtida e a massa seca de cavacos utilizados, enquanto os rejeitos foram determinados a partir da relação entre massa seca de rejeitos e a massa seca de cavacos. O número kappa foi determinado seguindo a norma TAPPI T 236 (2006).

Os resultados foram submetidos à análise de variância – ANOVA e teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de deslignificação kraft das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* permitiu a análise comparativa entre cavacos com e sem seleção granulométrica. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da deslignificação kraft de madeira de *Eucalyptus cloeziana*.

Tratamento	Tipo de cavaco	Rendimento bruto (%)	Teor de rejeitos (%)	Rendimento depurado (%)	Número kappa
1	Selecionado	52,6 a	0,1 a	52,5 a	16,6 a
2	Não selecionado	50,9 b	0,6 b	50,3 b	19,0 b

Em que: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste de Tukey, com  $p < 0,05$ .

O rendimento bruto do processo de deslignificação representa a quantidade de massa seca de polpa celulósica resultante em relação à quantidade de massa de cavacos secos deslignificados. O tratamento 1, contendo cavacos de *Eucalyptus cloeziana* selecionados manualmente, apresentou rendimento bruto de 52,6%, sendo 1,7% maior que o rendimento bruto do tratamento 2, composto de cavacos não selecionados (50,9%).

Os cavacos não selecionados geraram um maior teor de rejeitos (0,6%), contra 0,1% de teor de rejeitos dos cavacos selecionados.

Assim, o rendimento depurado dos cavacos selecionados de *Eucalyptus cloeziana* submetidos a deslignificação kraft foi 2,2% maior do que o rendimento dos cavacos que não foram selecionados, condizente com a afirmação de Wastowski (2009), que no processo de deslignificação kraft para produção de celulose, dimensões de cavacos homogêneas propiciam um cozimento uniforme e polpas de maior qualidade.

O número kappa também refletiu esse comportamento, tendo a polpa marrom do tratamento 1 apresentado número kappa de 16,6, enquanto para o tratamento 2 o número kappa foi 2,4 pontos maior (19,0). O maior valor obtido no tratamento 2 indica maior presença de lignina residual, confirmando menor eficiência do processo de deslignificação na madeira composta de cavacos não selecionados. Segundo CORREIA et al. (2019), as indústrias brasileiras de celulose kraft que utilizam madeira de *Eucalyptus* estão produzindo polpas com número kappa variando entre 14,5 e 18,5 na saída do digestor.

### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade da obtenção de fibras celulósicas a partir de madeira de *Eucalyptus cloeziana*, por meio de um processo controlado de deslignificação kraft.

O processo foi eficiente na remoção de componentes não celulósicos, e a análise do número kappa permitiu avaliar o teor residual de lignina nas amostras. As variações observadas entre os tratamentos indicam que a classificação e homogeneização das dimensões dos cavacos exerce influência positiva nos resultados, especialmente no rendimento e na quantidade de rejeitos.

De modo geral, ambos os tratamentos resultaram em polpas celulósicas viáveis, porém o tratamento com cavacos selecionados de *Eucalyptus cloeziana* apresentou melhor desempenho, com menor número kappa, maior rendimento e menor teor de rejeitos. Esses resultados evidenciam a importância da qualidade dos cavacos para garantir maior eficiência no processo de deslignificação Kraft.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indústria Brasileira de Árvores (Ibá). **Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores 2024.** 2024. Acesso em: 26 julho 2025. Disponível em: <https://iba.org/relatorio2024.pdf>.

ALVES, R.C.; OLIVEIRA, A.L.C.; CARRASCO E.V.M. **Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** 2017. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil.

CORREIA, F.M.; et al. Revisitando o número kappa: conceitos e aplicações na indústria de celulose. **O Papel**, São Paulo, v. 80, p. 77-89, 2019.

PAULA, Kauana Rafael de. **Análise da sulfidez no processo kraft em uma indústria de celulose.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

REIS, C.A.F.; ASSIS, T.F.; MELO, L.A.; SANTOS, A.M. ***Eucalyptus cloeziana*: estado da arte de pesquisas no Brasil.** Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 42p.

SANTOS, R.; MELO JUNIOR, A. J.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G.; PEREIRA, F. A. **KRAFT AND KRAFT/AQ PULPING FROM PREHIDROLYZED WOOD OF HYBRID *Eucalyptus urophylla x grandis*.** Ciência florestal, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1281-1290, out.-dez 2016.

TAPPI T 264 cm-97. **Preparation of wood for chemical analysis.** 1997.

TAPPI T 236. **Número kappa da polpa.** 2006.

WASTOWSKI, A.E. **Química da madeira – Celulose e papel.** Ed. 1. Rio de Janeiro: Editora Interciênciac, 2009.