

Investigação do tempo de secagem no teor de umidade e nas características físicas e químicas da madeira para produção de celulose

Fernando Palha Leite¹
Fernando José Borges Gomes²
Everton Souza¹
Jorge Luiz Colodette²
Antônio Marcos Rosado¹
Lucas Soares Amaral³

1. Celulose Nipo-Brasileira S.A. (Cenibra)
2. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais - Brasil.
3. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais - Brasil.

RESUMO

Vários estudos têm objetivado a busca por processos mais seletivos, que proporcionem maior rendimento e menor custo operacional do processo de fabricação da celulose, nesse contexto se enquadra a necessidade de conhecer os fatores que afetam a qualidade da madeira e o que influenciam esses fatores, como a secagem da mesma. A secagem da madeira é uma importante etapa no processamento da madeira pela indústria de celulose e papel, pois esta impacta diretamente nos custos de transporte da mesma. Este estudo objetivou investigar o efeito do tempo de secagem da madeira de *Eucalyptus spp.*, em dois locais distintos para dois clones com características distintas entre si, no teor de umidade e nas características físicas e químicas da mesma, relacionadas à sua qualidade para produção de celulose. Foi observado que o local de plantio exerce influência no teor de secagem e na estabilidade dimensional da madeira, porém não possui efeito significativo na sua densidade, composição química e rendimento da polpação Kraft.

Palavra-chave: Clone, *Eucalyptus spp.*, Kraft

ABSTRACT

Several studies look for more selective processes that improve efficiency and lower operational cost of the production process of cellulose. In this context there is the need to know the factors that affect the quality of wood and what influence these factors, such as drying. The drying of wood is an important step in the pulp and paper production, because it directly impacts the cost of transporting. This study investigated the effect of drying time for two clones of *Eucalyptus sp.* with

different characteristics and harvested in two different places. The wood samples were evaluated in the humidity content and the physical and chemical characteristics, relating to its capacity to pulp production. It was observed that the planting place has influence on the content of humidity and the dimensional stability of wood, but has no significant effect on their density, chemical composition and yield of kraft pulping.

Keywords: Clone, *Eucalyptus spp.*, Kraft.

1. INTRODUÇÃO

Hoje, o Brasil ocupa uma posição privilegiada no cenário internacional de produção de polpa celulósica, sendo o maior produtor de fibra curta do mundo (BRACELPA, 2009). Com esse crescente aumento da produção de celulose, as empresas devem ser cada vez mais eficientes, quanto aos seus empreendimentos florestais e processos industriais empregados, pois estes devem se basear na utilização de informações seguras, precisas e diretamente relacionadas ao produto final para continuarem sendo competitivas no mercado.

No Brasil, uma das principais fontes de matéria-prima para produção de celulose e papel é oriunda de reflorestamentos com os gêneros *Eucalyptus*. Sendo a madeira um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas à desempenharem funções específicas. As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, podem ocorrer dentro da mesma espécie, e elas são oriundas principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma espécie ocorrem variações significativas com a altura do tronco e na direção da medula até a casca (GOMIDE, 2004).

Uma das etapas do processamento da madeira na produção de polpa celulósica é a etapa de secagem, um dos métodos mais simples e econômicos de retirar água da madeira é a secagem natural, que acontece enquanto a madeira fica no campo, após ser cortada e aguardando o transporte para a fábrica. É importante que a madeira permaneça o tempo correto no campo, pois a secagem da mesma até um teor de umidade adequado à sua utilização é uma das operações mais importantes na utilização da madeira, afetando inclusive o custo desse transporte.

Uma observação fabril na Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA) relata uma diferença gravimétrica na produção de celulose com uma mesma quantidade de madeira, em estações chuvosas do ano, mostrando a importância em conhecer as variações que ocorrem nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus spp.* em consequência de sua estocagem no campo, e se isso influencia o rendimento na produção de celulose.

Sendo assim, este estudo tem o objetivo de investigar o efeito do tempo de secagem da madeira de *Eucalyptus spp.*, em diferentes regiões, no teor de umidade e nas características físicas e químicas da mesma, relacionadas à sua qualidade para produção de celulose.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Foram utilizados dois clones de *Eucalyptus sp.*, provenientes de plantios comerciais de dois diferentes locais, no Estado de Minas Gerais, que recebem a denominação de 1 e 2, cujas descrições estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição do local de amostragem em valores médios e idade dos clones

Local	Clone	Altitude do local de plantio	Idade (anos)
A	1	280m	6,3
	2	280m	6,3
B	1	880m	6,8
	2	880m	6,8

2.2. Métodos

A primeira etapa desse trabalho constituiu da coleta de amostras e preparação das toras a serem avaliadas. Para estudo das características químicas da madeira, foram retiradas toras com 2,2 m de comprimento, em três posições na árvore sendo estas a base, o meio e o topo da mesma, da altura comercial da árvore (7 cm de diâmetro). Foram feitas quatro repetições, totalizando 96 toretes. Para avaliação das características físicas também foram retiradas toras com 2,2 m de comprimento, porém divididas em quatro classes de diâmetro: Classe I: 7,0 a 10 cm; Classe II: 10,1 a 13,0 cm; Classe III: 13,1 a 16,0 cm; Classe IV: 16,1 a 19,0 cm. Nesse caso foram realizadas 20 repetições, totalizando 480 toretes.

As análises foram realizadas, para os dois locais, 0, 24, 60, 99, 139 e 154 dias após o corte das árvores. As toras foram armazenadas (estocadas) em pilhas medindo aproximadamente 3,0 m de comprimento por 1,5 m de altura, em locais próximos ao local de corte. Nas pilhas, as toras estavam dispostas no mesmo sentido, na mesma altura e circundadas por outras, que não foram usadas nas análises.

Para avaliação das características químicas, as amostras foram processadas no picador do Laboratório de Solos e Qualidade da Madeira da CENIBRA, tendo sido picadas as toras separadamente por seção da árvore, depois de retiradas as amostras de cavacos para análises posteriores. Para avaliação das características físicas, as toras foram medidas periodicamente no comprimento e duas medidas de diâmetro, em pontos marcados nas extremidades, utilizando-se fita métrica. Para avaliação das características químicas, a digestão das amostras foi feita em digestor tipo "batch", com as condições de cozimento objetivando um número Kappa em $17 \pm 0,5$. A carga de

álcali foi variável para atingir o número Kappa desejado. Uma amostra composta e seca ao ar de cavacos foi moída em moinho Wiley. A serragem foi classificada em peneiras de 40 e 60 mesh e analisada para extrativos em álcool/tolueno (NBR 14853); lignina insolúvel (NBR 7989) e lignina solúvel (Tappi 250). A densidade básica foi determinada utilizando-se balança hidrostática.

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial, com dois fatores: clones e locais. Para a caracterização da madeira e da polpação, foram utilizadas quatro repetições (4 árvores-amostra). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e Teste Tukey ao nível de 95% de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na realização desse estudo mostram que entre os dois clones estudados os valores de densidade, extrativos, lignina solúvel, lignina insolúvel, lignina total e rendimento são diferentes estatisticamente independentes do local de plantio, porém dentro do mesmo clone não são observadas diferenças estatísticas significativas para as mesmas características independentes do local de plantio, isto a 95% de probabilidade pelo Teste Tukey.

A análise estatística dos dados obtidos mostra que o tempo de secagem não influenciou significativamente nos conteúdos de composição de química (extrativos e lignina), densidade e rendimento da polpação Kraft entre os clones (Tabelas 2 a 5). Estes resultados mostram que a maior demanda de madeira ao longo de períodos chuvosos para a produção de polpa celulósica, não são oriundas das características intrínsecas da madeira avaliadas nesse estudo.

Tabela 2. Valores médios da densidade, rendimento, extrativos, lignina insolúvel, lignina solúvel e lignina total, para os tempos de secagem da madeira avaliados para o clone 1 no local A

Dias	Densidade, kg/m ³	Rendimento, %	Extrativos, %	Lignina Insolúvel, %	Lignina Solúvel, %	Lignina Total %
0	512,60 a	51,7 a	1,9 a	24,8 ab	3,3 ab	28,1 a
24	499,43 a	51,6 a	1,7 a	24,3 b	3,3 ab	27,5 b
60	501,38 a	52,7 a	1,7 a	25,3 a	3,2 a	28,5 ab
99	505,14 a	52,5 a	1,8 a	25,3 a	3,1 b	28,4 ab
139	512,00 a	51,2 a	1,9 a	25,3 a	3,7 a	29,0 a
154	507,62 a	50,9 a	2,1 a	25,5 ab	3,7 b	29,2 a

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não possuem diferença estatística significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores médios da densidade, rendimento, extrativos, lignina insolúvel, lignina solúvel e lignina total, para os tempos de secagem da madeira avaliados para o clone 1 no local B

Dias	Densidade, kg/m ³	Rendimento, %	Extrativos, %	Lignina Insolúvel, %	Lignina Solúvel, %	Lignina Total %
0	504,6 a	52,7 ab	1,6 a	24,3 a	3,7 ab	28,0 ab
24	524,0 a	49,8 b	2,1 a	24,9 ab	3,1 ab	28,0 ab
60	520,5 a	53,2 a	1,6 a	24,5 a	3,2 a	27,7 a
99	516,7 a	52,6 ab	1,9 a	25,6 b	3,1 b	28,7 b
139	516,4 a	51,3 ab	1,6 a	23,6 a	3,8 a	27,4 a
154	516,3 a	53,8 a	1,9 a	25,5 b	3,2 b	28,7 b

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não possuem diferença estatística significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Valores médios da densidade, rendimento, extrativos, lignina insolúvel, lignina solúvel e lignina total, para os tempos de secagem da madeira avaliados para o clone 2 no local A.

Dias	Densidade, kg/m ³	Rendimento, %	Extrativos, %	Lignina Insolúvel, %	Lignina Solúvel, %	Lignina Total %
0	474,2 ab	48,8 a	1,3 a	25,0 a	3,4 a	28,4 a
24	489,4 ab	50,4 a	1,9 ab	26,1 ab	3,4 a	29,4 ab
60	500,5 a	50,8 a	2,0 b	25,7 ab	3,6 ab	29,2 ab
99	471,2 b	50,3 a	1,5 ab	26,1 ab	3,6 ab	29,7 b
139	477,1 ab	50,4 a	1,8 ab	25,9 ab	4,1 c	30,0 b
154	474,1 ab	49,1 a	1,6 ab	26,3 b	3,9 bc	30,2 b

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não possuem diferença estatística significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios da densidade, rendimento, extrativos, lignina insolúvel, lignina solúvel e lignina total, para os tempos de secagem da madeira avaliados para o clone 2 no local B

Dias	Densidade, kg/m ³	Rendimento, %	Extrativos, %	Lignina Insolúvel, %	Lignina Solúvel, %	Lignina Total %
0	489,6 a	51,3 a	1,5 a	24,7 a	4,1 a	28,8 ab
24	504,5 a	50,9 a	1,7 a	25,0 ab	3,4 b	28,3 a
60	490,5 a	51,6 a	1,8 a	25,6 ab	3,3 b	28,9 ab
99	498,2 a	51,2 a	1,7 a	25,7 bc	3,7 ab	29,4 bc
139	496,0 a	51,1 a	1,5 a	25,1 ab	4,1 a	29,2 abc
154	494,4 a	48,0 b	1,9 a	26,5 c	3,4 b	29,9 c

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não possuem diferença estatística significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para as características físicas, não se observou variação no comprimento das toras amostradas, já para o diâmetro das extremidades houve uma retração das dimensões, o que implicou em uma contração volumétrica. Comportamento este da madeira que pode implicar em ganhos no que tange o transporte da madeira. É importante ressaltar que as características edafoclimáticas de cada um dos locais de plantio parece ter influência na estabilidade dimensional da madeira, sendo que no Local A a contração foi maior quando comparada ao Local B (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios da contração volumétrica calculada a partir das medições realizadas nas quatro classes de diâmetro encontradas por local para os dois clones avaliados

Local A	
	Contração Volumétrica, %
Clone 1	-1,7
Clone 2	-1,9
Local B	
	Contração Volumétrica, %
Clone 1	-0,9
Clone 2	-0,2

Já o teor de umidade apresentou o comportamento normal de diminuição do seu valor com o aumento do tempo de estocagem da madeira no campo, o que era o esperado (Figura 1). Com esses

valores foi possível criar curvas de secagem com os dois clones estudados, para o Local A (até 300 m de altitude) e Local B (acima de 800 m de altitude), sendo que o Local A apresentou uma maior tendência em diminuir a umidade da madeira (Figura 2). Comparando com a curva de secagem utilizada por VALVERDE *et. al* (2008) na determinação dos tempos ótimos de secagem da madeira para transporte, verificou-se uma diferença entre as curvas, principalmente para o Local A (Figura 3). Esses resultados mostram que é necessário o estudo de curvas de secagem distintas para cada local de plantio e por clones utilizados para que se faça uma determinação do tempo ótimo de secagem mais próxima realidade operacional de uma empresa.

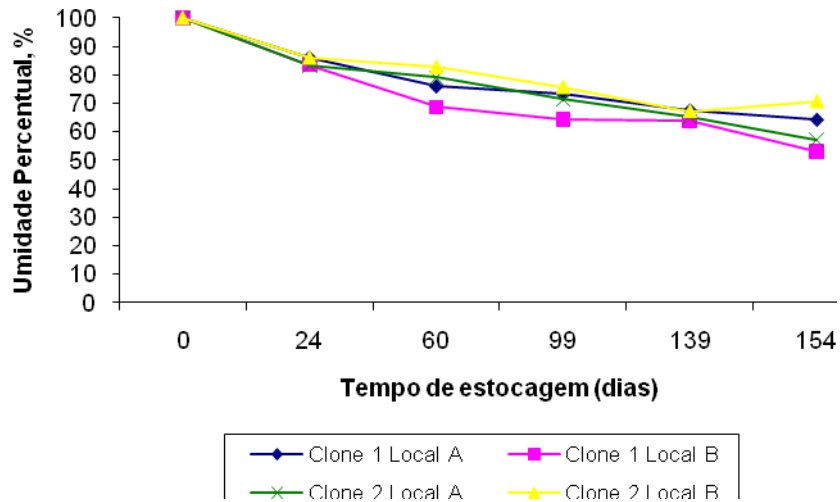


Figura 2. Variação média da umidade percentual dos clones 1 e 2 em função do tempo de estocagem, para madeira dos locais A e B.

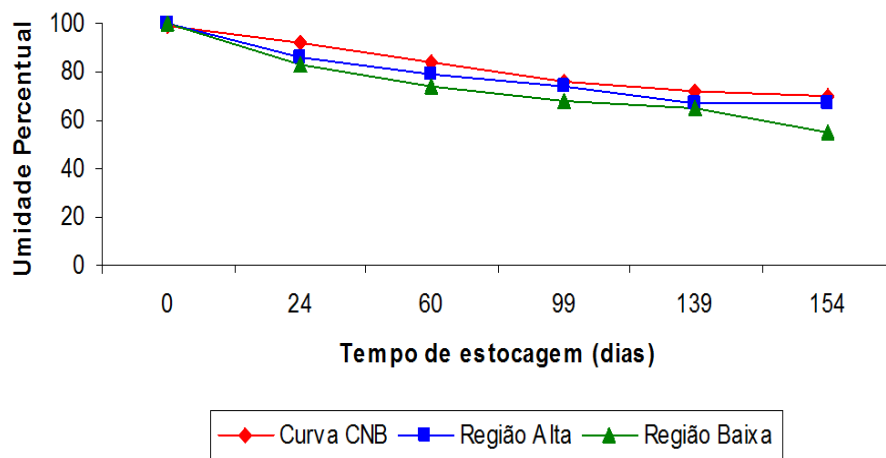


Figura 3. Perda percentual de umidade em função do tempo de estocagem nos Locais A e B, em comparação com a curva de secagem utilizada por VALVERDE *et. al* (2008), designada no gráfico como CNB.

CONCLUSÃO

A prática de secagem da madeira não afetou significativamente as características de densidade, de composição química da madeira e do rendimento de polpa celulósica.

Houve efeito das características edafoclimáticas inerente a cada local na secagem e na contração volumétrica da madeira, indicando a necessidade de redefinição do tempo ótimo de secagem para cada local de plantio, pois isso reduz o custo do transporte da madeira a fábrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7989: Pasta celulósica e madeira Determinação de lignina insolúvel em ácido**, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14853: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona**, 2010.

ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. Disponível em: <<http://www.bracelpa.com.br>>. Acesso em: 17 abr. 2010.

QUEIROZ S. C. S., GOMIDE J. L., COLODETTE J. L. e OLIVEIRA R. C..influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *eucalyptus grandis* w. Hill ex maiden x *eucalyptus urophylla* s.t. Blake. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.901-909, 2004

Technical association of the pulp and paper industry. **Tappi standard methods**. Atlanta: TAPPI, 2000

VALVERDE, S. R., MÁXIMO, P. S., VESCOVI, L. B., ALMEIDA, V.F., Diagnóstico Técnico e Gerencial para Otimização da Logística Florestal da Cenibra. **Sociedade de Investigações Florestais**. Viçosa, 2008.