

AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE MADEIRA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CAVACOS PARA OBTENÇÃO DA POLPA CELULÓSICA

Autor: Adriano Rocha Cafrus de Araújo¹

1 - Celulose Nipo-Brasileira S.A. (Cenibra)

RESUMO

No processo de obtenção da polpa celulósica, a madeira desempenha um papel fundamental, uma vez que é a matéria-prima mais utilizada, e por causa das suas características intrínsecas exercem influências em todo o processo industrial. Devido ao fato de ser um material de origem biológica e de ter a sua composição influenciada por fatores edafoclimáticos, a madeira apresenta variabilidade significativa em sua qualidade, considerando a conversão da mesma em polpa celulósica. Esse fato pode ocasionar prejuízos ao processo, tais como queda no rendimento fabril e na qualidade do produto final; elevação dos custos de produção, e consequente redução no faturamento industrial. Ao longo do seu processamento, até que a mesma esteja preparada para a etapa de cozimento, ocorrem perdas de madeira em maior ou menor proporção, mesmo sendo na forma de madeira danificada por intempéries, queimadas, quebras, resíduos de picagem ou variações do processo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar as perdas de madeira durante o processo de preparo de cavacos até a entrega dos mesmos selecionados para o cozimento, por meio de um estudo de caso realizado em uma empresa de produção de celulose. Os resultados levantados por este trabalho apontam que as perdas de madeira estão relacionadas às suas características intrínsecas, bem como às variáveis de processo, onde se observou que a madeira descascada no campo apresenta menor percentual de perda em relação à madeira descascada na fábrica. A perda de madeira observada foi de 4,98 a 12,87%.

Palavras-chaves: Perdas, Madeira, Cavaco.

INTRODUÇÃO

O segmento industrial de celulose e papel é de grande importância para o Brasil. Com grande participação nas

exportações, o crescimento deste setor se deu a partir do momento em que o eucalipto começou a ser utilizado como matéria-prima. Assim, hoje, o País é líder mundial na produção de polpa de celulose branqueada de fibra curta, não só pela quantidade produzida, mas também pela qualidade do produto fabricado. Para tornar o setor cada vez mais competitivo em termos de produtividade e de qualidade, se faz necessário analisar toda a cadeia produtiva indo desde a matéria-prima ao produto acabado, principalmente com ênfase no conhecimento e controle das perdas que acontecem durante o processo (COLODETTE e GOMES, 2015).

Ainda no que tange à madeira para a obtenção da polpa celulósica de eucalipto de alta qualidade, esta desempenha um papel fundamental, uma vez que é a matéria-prima básica, influenciando todo o processo industrial. Considerando a composição de custos para a obtenção da polpa celulósica, a madeira é a maior fração destes, chegando a alguns cenários a 60% do custo de produção (CARVALHO, 2000).

No cenário atual das fábricas nacionais de polpa de celulose, a madeira apresenta variabilidade significativa de qualidade, que pode ocasionar prejuízos, como queda no rendimento do processo, na qualidade do produto final, elevação dos custos de produção e redução no faturamento. A situação ideal almejada pelas fábricas não é somente a alta qualidade tecnológica da madeira que entra no processo, mas, também, um alto grau de uniformidade e produtividade florestal (FANTUZZI NETTO, 2012). A qualidade da madeira pode ser definida como a combinação de características físicas, químicas, anatômicas e estruturais da árvore que proporcionam o máximo de aproveitamento e melhor utilização para determinado fim. Vários fatores afetam a qualidade da madeira, entre os mais importantes podem ser destacadas a densidade básica e a constituição química (TRUGILHO *et al.*, 2005).

O preparo de cavacos é uma etapa fundamental no processo de obtenção da polpa celulósica. Esta etapa do processo consiste em transformar as toras de madeira em pequenos fragmentos denominados cavacos.

A área de preparo de cavacos é responsável pelo recebimento, mensuração, estocagem e processamento da madeira, além da classificação e estocagem dos cavacos para a obtenção da polpa celulósica. Na etapa de recebimento da madeira nas fábricas, é realizada mensuração do peso úmido (PU) e do volume da madeira em metro cúbico (m³) e estéreo (st), o peso é apurado por meio de balanças e o volume através de medição via régua e/ou Logmeter.

O processamento da madeira compreende às seguintes etapas: abastecimento da madeira nas mesas receptoras, descascamento (no campo ou na fábrica), lavagem, picagem, peneiramento e estocagem dos cavacos e biomassa. Na mesa receptora, a madeira recebe pulverização de água para minimizar a dispersão de poeira e auxiliar no deslizamento das toras na transição entre estágios e, em seguida, é conduzida por meio de correntes arrastadoras para a mesa dosadora que tem a função de separar a madeira e garantir um fluxo contínuo na alimentação dos transportadores de correia que, por sua vez, conduzem a madeira para os tambores descascadores e/ou para a picagem direta no caso de processamento de madeira descascada no campo (AMARAL, 2002).

A madeira extraída da floresta sob a forma de toras, antes de ser utilizada na produção de celulose, deverá ser descascada uma vez que as cascas não possuem valor para o processo produtivo e trazem consigo alguns riscos para esse processo conforme mencionado por Foelkel (2009). O descascamento da madeira na fábrica é realizado com tambor descascador e o descascamento na floresta é realizado com o equipamento mecanizado conhecido como Harvester.

A picagem de toras e formação dos cavacos é realizada por meio dos picadores a disco, que possuem um disco rotativo de aço, munido com facas (lâminas de corte) distribuídas na área de uma de suas faces. A produtividade dos picadores depende das suas principais dimensões como diâmetro do disco, número de facas e velocidade de rotação.

Ao longo do seu processamento, em todas as fases do processo, ocorre à perda de madeira em maior ou menor proporção, quer seja na forma de madeira danificada por intempéries, queimadas, quebras ou resíduos de picagem (GOMIDE, 2012).

As perdas de madeira no processo de preparo de cavacos correspondem a toda madeira que entrou na fábrica e não se converteu em cavacos selecionados para obtenção da polpa

celulósica incluindo os seus contaminantes que são mensurados como madeira na entrada da fábrica. São consideradas perdas de madeira:

- Casca suja: Segundo Foelkel (s.d.) cascas úmidas e sujas, com contaminantes como terra, galhos e folhas de eucalipto, constituem um resíduo muito comum nas fábricas de celulose e este é denominado de casca suja, pelos inorgânicos que possui. Também são resíduos compostos por: cascas soltas, galhos, toretes, inorgânicos e demais materiais que vieram junto com a madeira, proveniente da colheita e baldeio. Geralmente são enviadas para a área de compostagem.
- Casca limpa: corresponde ao percentual de casca aderida à madeira que se desprende durante o processo de descascamento na fábrica, as mesmas têm um valor menor de inorgânicos. Na maioria das empresas são processadas em picadores de cascas e consumidas como combustível nas caldeiras de biomassa e/ou enviadas para a área de compostagem.
- Torettes: são pequenos pedaços de madeira, oriundos do processo de descascamento pelos tambores descascadores e/ou pelo baldeio de madeira no campo e na fábrica. As características da madeira, como: densidade, idade, diâmetro, entre outros, influenciam diretamente a geração de torettes.
- Resíduos de picagem (classificação de cavacos): segundo (GOMIDE, 2012) são lascas, cascas, *over size* (cavacos com tamanho acima do especificado), *over think* (cavacos com espessura acima do especificado) e pontas residuais da picagem inicial e final de cada torete. Estes materiais, não classificados, provenientes da picagem e retirados na etapa de peneiramento são enviados diretamente para o pátio de biomassa ou para os picadores de cascas, ambos os produtos são enviados para queima nas caldeiras de biomassa ou comercializados. Em algumas empresas, o *over size* é repicado e retorna ao processo de classificação.
- Dessa forma, após conhecer o processo de produção de uma empresa de Celulose, vislumbrou-se a possibilidade de realizar um estudo de caso, com a finalidade de identificar e avaliar as perdas de madeira no processo de preparo de cavacos e propor melhorias.

OBJETIVO

Avaliar as perdas de madeira durante o processo de preparo de cavacos até a entrega dos cavacos selecionados para

o cozimento e apresentar oportunidades de melhoria quanto à redução de perdas de madeira.

Problematização

Segundo Foelkel (2017), o consumo específico de madeira para fabricar uma tonelada de cavaco e, posteriormente, transformação em polpa de celulose é um dos principais indicadores de qualidade da matéria-prima florestal, porque ele tem fortes implicações com os custos de produção da celulose e com a área florestal que deve ser plantada para suprir e abastecer adequadamente uma fábrica de celulose.

Eliminar as perdas de um processo produtivo é sinônimo de aumento no potencial competitivo da empresa, visto que haverá redução em seus custos, conforme afirmam Calixto e Oliveira (2006). Tais perdas quando conhecidas e controladas tornam-se oportunidades de melhorias e ganhos e redução de custos.

MÉTODOS

Para a avaliação das perdas de madeira durante o processo de preparo de cavacos para a produção de celulose foi escolhida uma fábrica de celulose localizada no Brasil, no leste de Minas Gerais e a madeira utilizada no experimento desse trabalho foi extraída da plantação de eucalipto proveniente de plantios comerciais dessa empresa.

Para apuração dos valores de casca suja foram realizados testes (Figura 1) na madeira descascada no campo e na madeira descascada na fábrica. E, então, conseguiu-se medir o percentual de contaminantes de cada tipo de madeira separadamente. Para tal, foram utilizados os seguintes métodos:

- Separação do valor estimado de 200 toneladas úmidas de madeira, aguardando início do teste, conforme Figura 1.



Figura 1 – Chegada e separação de madeira para o teste de casca suja

- Finalização do processamento da madeira existente nas linhas de picagem e removido todos os contaminantes, preparando a linha de picagem para receber a madeira de teste.

- Realização da limpeza das baias para receber o resíduo denominado casca suja.
- Solicitação para a equipe de movimentação interna de logística o apoio com pás carregadeiras, caminhões e guas para abastecimento da madeira nas mesas (Figura 2), coleta e pesagem dos resíduos gerados durante o teste (Figuras 3 e 4).



Figura 2 – Abastecimento das mesas com a utilização de guas



Figura 3 – Coleta da casca suja gerada



Figura 4 – Transporte da casca suja gerada para pesagem

Durante o processamento da madeira para teste, foi solicitado o não abastecimento de outros tipos de madeira, exceto a selecionada para o teste. Os dados da medição da madeira e resíduos foram apurados em peso úmido, em

seguida foi calculado percentual de casca suja por meio da equação abaixo:

$$\% \text{ Casca Suja} = \frac{(\text{Peso da casca suja} \cdot 0,965)}{(\text{Peso da madeira processada})} \cdot 100$$

O fator de 0,965 foi aplicado na fórmula para descontar o percentual de 3,5 referentes à aspersão de água sobre a madeira durante o processo de preparo de cavacos, conforme apurado em análise laboratorial (Tabela 1).

Para apuração do percentual de quebra da madeira descascada na fábrica, foram realizados testes (Figuras 5a e 5b) nas linhas de picagem que possuem tambor descascador, conforme etapas abaixo.

Durante 60 minutos foram realizadas três amostras nas correias sob os tambores descascadores, com intervalo de 10 minutos cada, em que foram contabilizados todos os toretes no referido intervalo de tempo e realizado a coleta de um torete a cada um minuto para apuração do volume médio da amostra – foram medidos o comprimento (L) e o diâmetro (2r) dos toretes coletados.

Realizado levantamento do tempo de operação da linha de produção no referido dia do teste, bem como volume em peso seco de madeira processada no dia.

O percentual do teste de quebra foi apurado com a produção de 24 horas.

Para apuração do percentual de quebra é utilizado a seguinte fórmula.

$$\% \text{ Quebra} = \left[\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{10} V \left(\frac{\pi r^2 \cdot L}{1.000.000} \right)}{10} \right) \cdot q \cdot 0,495 \cdot 6}{\frac{\text{Produção do dia}}{\text{Tempo de Operação}} \cdot 24} \right] \cdot 100$$

Onde,

q = quantidade total de toretes gerados e m 10 minutos (unidade);

0,495 = densidade média da madeira (Kg/m³);

6 = projeção da amostra em uma hora.

Produção do dia (Peso Seco)

Tempo de Operação (horas)

V = volume (m³)

L = largura e r = raio (cm)

Tabela 1 – Teste de umidade da casca suja

| Amostra | Com Chuveiro | | Sem chuveiro | | Diferença entre os teores de umidade (%) |
|---------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|--|
| | Teor seco (%) | Teor de umidade (%) | Teor seco (%) | Teor de umidade (%) | |
| 01 | 47,40 | 53,40 | 50,30 | 49,70 | 3,7 |
| 02 | 48,00 | 52,00 | 51,30 | 48,70 | 3,3 |
| | Média | | | | 3,5% |

Fonte: Arquivo do autor



Figura 5 – Separação (a) e medição do diâmetro (b) dos toretes gerados durante o teste



Figura 6 – Separação da madeira (a) e medição do diâmetro com e sem casca (b)

A apuração do percentual de casca limpa (Figuras 6a e 6b), é realizado conforme etapas abaixo.

- Foram colhidos ao acaso 10 feixes de cada produto (madeira descascada na fábrica e no campo).
- Foram escolhidos ao acaso 10 toras de cada feixe, totalizando 10 amostras de cada produto.
- As 10 toras (de cada produto) foram pesadas e cubadas rigorosamente para determinação do peso úmido e volume da amostra.
- A casca presente (de cada produto) foi retirada e pesada.
- A relação entre o peso da casca e o peso das toras resultou na percentagem de casca em peso da amostra.
- Foi retirada uma amostra de casca e enviada para o laboratório para determinação da densidade básica e do teor seco.
- A relação entre a densidade básica da casca e o peso da casca resultou no volume de casca da amostra.

$$V = \frac{(PU \times Ts)}{Db}$$

Onde,

PU = Peso úmido (kg);

Ts = Teor seco (%);

Db = Densidade básica (Kg/m³); e

V= Volume (m³).

- A relação do volume de casca e o volume das toras resultaram em percentagem de casca em volume da amostra;
- A média das 10 amostras (de cada produto) resultou na percentagem de casca.

Para apuração do percentual de resíduos de picagem no processo de peneiramento, o volume de cavacos produzidos durante um período de 24 horas foi consumido diretamente pelos peneiramentos, sem ir para o estoque. Todo o resíduo desclassificado durante o teste foi pesado e apurado percentual em relação à madeira processada. E foi apurado o percentual de 1,21 de resíduos de picagem conforme equação abaixo:

$$\% \text{ Resíduos Picagem} = \frac{\text{Peso resíduos de picagem}}{\text{Peso madeira processada}} * 100$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados do teste de casca suja

Os resultados dos testes de casca suja, da madeira descascada no campo, teve um resultado médio de 3,07%, conforme Figura 4, e a madeira descascada na fábrica retornou média de 2,91%, conforme Figura 5. Observou-se que a variação entre os resultados obtidos para cada tipo de madeira se dá pela maior presença de casca solta junto à madeira descascada no campo, proveniente do processo de corte, descascamento, traçamento e baldeio.

Evidenciado que a variação dos resultados percentuais em cada tipo de madeira tem comportamento influenciado por diversos fatores, inerentes ao processo que se inicia desde a colheita até o processamento final na fábrica, além das características intrínsecas da própria madeira.

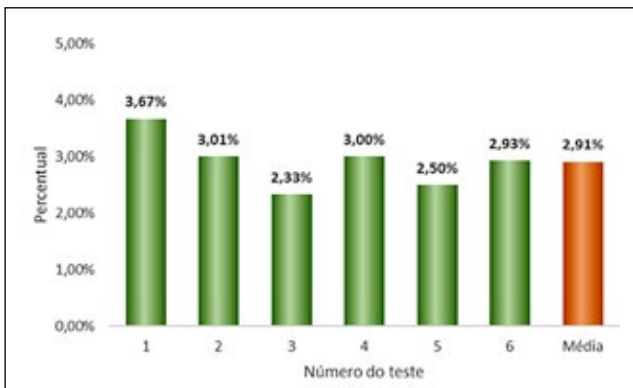


Figura 7 – Resultados do teste de casca suja na madeira descascada na fábrica

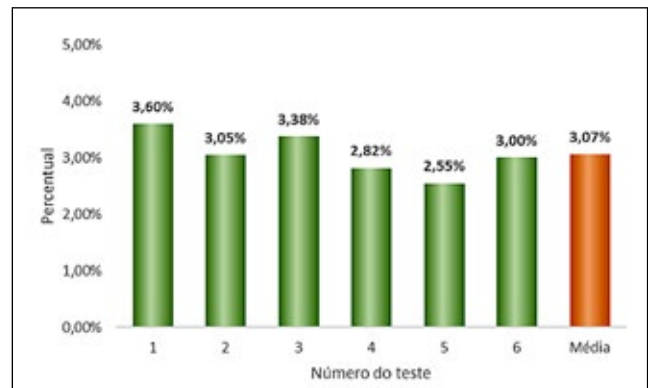


Figura 8 – Resultados do teste de casca suja na madeira descascada no campo

Tabela 2 – Aplicação da ANOVA nas amostras de casca suja em madeira descascada no campo e na fábrica

| RESUMO | | | | |
|--|----------|--------|--------|-----------|
| Grupo | Contagem | Soma | Média | Variância |
| Casca suja madeira descascada na fábrica | 6 | 0,1744 | 0,0291 | 0,0000 |
| Casca suja madeira descascada no campo | 6 | 0,1840 | 0,0307 | 0,0000 |

| ANOVA | | | | | | | |
|-------------------|----------|----|----------|----------|----------|-----------|--|
| Fonte da variação | SQ | GL | MQ | F | valor-P | F crítico | |
| Entre grupos | 7,68E-06 | 1 | 7,68E-06 | 0,422985 | 0,530109 | 4,964603 | |
| Dentro dos grupos | 0,000182 | 10 | 1,82E-05 | | | | |
| Total | 0,000189 | 11 | | | | | |

Foi realizado a ANOVA (Tabela 2) com o resultado das duas amostras referentes ao percentual de casca suja proveniente da madeira descascada na fábrica e a madeira descascada no campo.

Como o valor de F (0,422985) é menor que o F crítico (4,964603), não existe diferença significativa entre as médias.

Os testes de quebra de madeira no tambor descascador tiveram um resultado médio de 3,08%, conforme Figura 9.

Observou-se que a variação do percentual de quebra se deu em função de algumas variáveis de processo: volume de madeira no interior do tambor descascador, fluxo de abastecimento de madeira, rotação e tempo de retenção da madeira no interior do tambor descascador; e da matéria-prima, como: diâmetro médio da madeira, densidade, tempo pós corte e comprimento.

Os resultados apurados demonstram variabilidade do percentual de casca aderida em função do tipo de colheita (*Harvester* – HV ou convencional - CONV) variando tam-

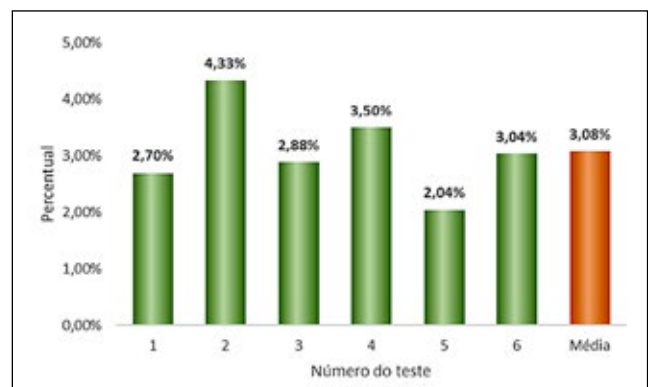


Figura 9 – Resultados do teste de quebra da madeira

Tabela 3 – Resultados teste de casca aderida

| Produto | Tipo | Casca | Bitola | % de casca aderida | Colheita (mil m ³ cc) | Colheita (%) |
|---------------------------------|------------|-------|--------|--------------------|----------------------------------|--------------|
| Celulose | Sistema HV | cc | 3,3 | 2,17 | 130 | 3 |
| | CONV | cc | 2,2 | 6,14 | 970 | 19 |
| | Sistema HV | sc | 6,3 | 0,70 | 3.887 | 78 |
| Total | | | | | 4.987 | 100 |
| % Madeira descascada na fábrica | | | | 5,67 | 1.100 | 22 |
| % Madeira descascada no campo | | | | 0,7 | 3887 | 78 |

HV: *Harvester*; CONV: convencional; SC: madeira descascada no campo, e CC: madeira descascada na fábrica.

Fonte: Arquivo do autor

Tabela 4 – Composição das perdas de madeira

| Cálculo das Perdas de Madeira | Madeira | |
|--|--------------|-------------|
| | CC | SC |
| % Casca aderida na madeira | 5,67 | 0,7 |
| % Resíduos de picagem / peneiramento | 1,21 | 1,21 |
| % Quebra tambor descascador | 3,08 | |
| % Resíduos Casca suja = orgânicos (toretos, casca solta, galhos...) + inorgânicos (terra, areia) | 2,91 | 3,07 |
| Total | 12,87 | 4,98 |
| Geral | 6,87 | |

| Produto | Sortimento |
|------------------------|------------|
| Madeira processada CCC | 24% |
| Madeira processada CSC | 76% |

Fonte: Arquivo do autor

bém pelo produto (Madeira descascada no campo, SC, e madeira descascada na fábrica, CC). Onde foi realizada uma média ponderada dos resultados obtidos nos testes pelo volume planejado pela colheita para cada tipo de colheita e produto, obtendo os percentuais de 5,67 de casca aderida na madeira descascada na fábrica de 0,70 de casca aderida na madeira descascada no campo (Tabela 3).

Após apuração individual das perdas de madeira, foi composto um valor total das perdas de madeira no processo de preparo de cavacos para cada tipo de produto e uma média ponderada em relação ao sortimento de madeira processada pela fábrica (Tabela 4).

Os valores de perdas de madeira são utilizados para mensuração dos estoques contábeis disponíveis de cavacos para obtenção da polpa celulósica e consumos específicos de cavacos e madeira por tonelada de celulose produzida em função dos custos de produção.

CONCLUSÕES

As perdas na área de manuseio de madeira têm variações relacionadas à matéria-prima e ao processo: umidade, densidade, diâmetro médio, índice de resíduos, percentual de quebras nos descascadores e resíduos de picagem (desclassificação nos peneiramentos). Essas variações impactam no fator de perda de madeira apurado, pois, quanto maior for esse fator, maior será o consumo específico de madeira para obtenção da polpa celulósica, contribuindo para o aumento do custo de produção.

Adicionalmente, observou-se que a realidade diária da fábrica de celulose mostrou outra série de parâmetros que pode afetar significativamente os cálculos de perda e consumo específico de madeira, porque nem tudo que se mede como entrada de toras de madeira na fábrica consiste em madeira, sempre existem contaminações de galhos finos, ponteiros, folhas, terra, areia, cascas, pedras etc. inerentes

ao processo, dessa forma, os valores referidos como carga de madeira ingressando na fábrica na verdade incluem também pesos e volumes equivalentes desses tipos de contaminantes.

Entre os aspectos analisados neste trabalho, concluiu-se que a madeira descascada no campo possui um fator de perda menor que a madeira descascada na fábrica, sendo uma alternativa economicamente sustentável para as empresas que não precisarem de grande geração de biomassa para compor a sua matriz energética.

O modelo de análise das perdas apresentado neste estudo torna-se mais um fator preponderante para o processo de melhoria contínua do sistema de produção de celulose, bem como para a resolução de problemas ou desvios do comportamento ideal do processo, além de uma fácil visualização dos fatores que estão interferindo no consumo específico de madeira.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que as empresas:

1. Manterem ao máximo o monitoramento da qualidade da matéria-prima, atentando para o índice de resíduos (casca suja) e perdas durante os variados processos até a entrega do cavaco classificado para o cozimento.
2. Avaliem a possibilidade de se estabelecer mecanismos de controle envolvendo instrumentos de aferição em cada etapa do processo de produção, tanto para cavacos quanto para resíduos a partir do abastecimento de madeira nas mesas.
3. Manterem uma rotina de realização de testes referentes às perdas de madeira com o objetivo de se estabelecer indicadores visando à redução das mesmas e, conseqüentemente, redução do consumo específico de madeira. ■

REFERÊNCIAS

AMARAL, E. J. *Perdas de madeira no processo de preparo de cavacos na Cenibra S.A.* Monografia de conclusão de curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Tecnologia de Celulose e Papel. 2002. 76 p.

CALIXTO, R; OLIVEIRA, O. *Gestão da Qualidade: tópicos avançados*. 2 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

CARVALHO, A. M. *Valorização da madeira do híbrido Eucaliptos grandis x Eucaliptos urophylla através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 2000. 128 p.

COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B. *Branqueamento de Polpa Celulósica: da produção de polpa marrom ao produto acabado*. 1 ed. Editora UFV, Viçosa-MG, 2015.

FANTUZZI NETO, H. *Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft* (Tese de doutorado - Universidade Federal de Viçosa [UFV]), 2012. 105 p.

FOELKEL, C. *A madeira de Eucalipto para a produção de celulose*. [s.l.]: Eucalyptus Online Book & Newsletter, 2017.

FOELKEL, C. *O Processo de Impregnação dos Cavacos de Madeira de Eucalipto pelo Licor kraft de Cozimento*. [s.l.]: Eucalyptus Online Book & Newsletter, 2009.

FOELKEL, C. *Casca da árvore de Eucalipto*. [s.l.]: Eucalyptus Online Book & Newsletter, [s.d.]. Disponível em <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_casca.pdf> Acesso em: 01 jul. 2018.

GOMIDE, J. L. *Qualidade da madeira para produção de Celulose S.A.* Aula da Pós-Graduação Lato Sensu em Tecnologia de Celulose e Papel. 2012. 172 p.

TRUGILHO, P. F., et al. Clones de Eucalyptus Versus a produção de Polpa Celulósica. *Ciência florestal*, v. 15, n. 2, 2005. pp. 145-155.