**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Avaliação do processo *Compact Cooking*TM com o uso de aditivos
para a polpação kraft de eucalipto**

Laura Sabbatini Trebbi

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos
Florestais.

**Piracicaba
2015**

Laura Sabbatini Trebbi
Engenheira Florestal

**Avaliação do processo *Compact Cooking*TM com o uso de aditivos para a
polpação kraft de eucalipto**

Orientador:
Prof. Dr. **FRANCIDES GOMES DA SILVA JÚNIOR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos
Florestais

Piracicaba
2015

RESUMO

Avaliação do processo *Compact Cooking*TM com o uso de aditivos para a polpação kraft de eucalipto

O Brasil ocupa a quarta colocação no ranking mundial de produção de celulose, sendo que quase 90% da matéria prima é madeira de fibra curta, especificamente do gênero *Eucalyptus*. O processo de produção de celulose mais utilizado pela grande maioria das indústrias do mundo todo é o químico e, entre os processos químicos modificados está o *Compact Cooking*TM, que é reconhecido por gerar polpas de alta resistência físico-mecânica e boa branqueabilidade. Aditivos de cozimento são amplamente utilizados no processo de fabricação da celulose, pois permitem melhores rendimento e qualidade do produto obtido. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de quatro aditivos na polpação kraft de eucalipto através do processo *Compact Cooking*TM, buscando melhorias no rendimento do processo e ganho na qualidade da polpa produzida. Os cozimentos foram conduzidos em digestor laboratorial da marca TSI com bomba dosadora acoplada. O tempo total de cozimento foi de 457 minutos, com temperatura máxima de 165° C, resultando em um perfil de cozimento com fator H de 2100. Os aditivos testados foram antraquinona, aditivo 2, aditivo 3 e xilenossulfonato de sódio. A antraquinona e os aditivos 2 e 3 foram aplicados em carga de 0,05% (base madeira) e o xilenossulfonato de sódio foi testado em três cargas: 2, 4 e 8 kg.ton⁻¹ (base madeira). Os resultados obtidos mostraram que o uso do xilenossulfonato de sódio como aditivo na polpação kraft, levando em consideração as especificidades desta pesquisa, não gerou benefícios ao processo e, por isso, o mesmo não foi utilizado nos passos seguintes deste estudo. A antraquinona possibilitou a redução de um ponto percentual de álcali ativo aplicado e consequente ganho de rendimento de 1,6% em relação ao tratamento sem aditivo. Tanto para o aditivo 2 quanto para o aditivo 3 foi possível alcançar o mesmo grau de deslignificação (número kappa 17 ± 05) com redução de cinco pontos percentuais de álcali ativo aplicado em relação ao tratamento testemunha, gerando ganho de 2,3 e 2,4% em rendimento. A viscosidade das polpas com a antraquinona e com os aditivos 2 e 3 também aumentou de maneira significativa se comparada à polpa sem aditivo, sendo os melhores resultados alcançados nos tratamentos com os aditivos 2 e 3; tais aditivos também possibilitaram a maior queda nos valores de consumo específico de madeira e teor de sólidos gerados. Quando testadas em relação a propriedades físico-mecânicas, as polpas produzidas com a utilização dos aditivos 2 e 3 apresentaram as melhores performances, com benefícios na tração, estouro e resistência à passagem de ar. É possível concluir que, para a madeira e processo de polpação utilizados neste trabalho, os aditivos 2 e 3 se mostraram bastante superiores à antraquinona. Assim, fica a sugestão para que mais trabalhos e estudos sejam desenvolvidos com estes produtos, buscando o melhor conhecimento dos mesmos e a comprovação de tal desempenho para a produção de polpa celulósica.

Palavras-chave: Celulose; Processo modificado; Fibra curta; Qualidade da polpa

ABSTRACT

Evaluation of *Compact Cooking*TM process with additives for kraft pulping of Eucalyptus

Brazil occupies the fourth place in global pulp production ranking and almost 90% of the raw material used for the national production is hardwood, specifically Eucalyptus. The most used process for pulp production by industries worldwide is the chemical pulping and among the modified chemical processes, there is *Compact Cooking*TM. This one is recognized for producing pulps with high resistance and good bleachability. Additives are widely used in the pulp production process, as they allow better yield and quality of the final product. This study aimed at evaluating the effectiveness of four additives in Eucalyptus kraft pulping, by using *Compact Cooking*TM process, seeking for improvements in process yield and in the pulp quality. The pulp simulation was conducted in laboratory digester that had a pump coupled in it. The total cooking time was 457 minutes, with maximum temperature of 165° C, resulting in a cooking profile with H factor value equal to 2100. The additives used were anthraquinone, additive 2, additive 3 and sodium xylenesulphonate. The anthraquinone and additives 2 and 3 were applied in 0.05% wood base and sodium xylenesulphonate was tested in three loads: 2, 4 and 8 kg.ton⁻¹ (wood base). The results showed that the use of sodium xylenesulphonate as an additive in kraft pulping, considering the specific case of this research, didn't generated benefits in the process and, because of this, it was eliminated from the next steps of this research project. Anthraquinone allowed the reduction of 1% in alkali applied and consequent 1.6% yield gain compared to treatment without additive. For both additives 2 and 3, it was possible to achieve the same delignification level (kappa number 17 ± 0.5) by reducing 5% of alkali applied in comparison to the control treatment and this allowed yield gain of 2.3 and 2.4%. The viscosity of the pulp produced by using anthraquinone and additives 2 and 3 increased significantly compared to the pulp without the chemicals, and better results were achieved for treatments with additives 2 and 3; with these additives the pulping process reached the lowest values on wood specific consumption and generated solids. When tested for the physical and mechanical properties, the pulps produced with additives 2 and 3 showed better performances, with benefits in tensile index, burst index and resistance to air flow. Therefore, it was possible to conclude that, for the wood and the pulping process used in this study, additives 2 and 3 showed better results than anthraquinone. The suggestion is that more studies must be developed with these two chemical products, with the objective of reaffirming such good performance in the pulp production.

Keywords: Wood pulp; Modified process; Hardwood; Pulp quality

INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking dos maiores produtores mundiais de celulose e atingiu, em 2014, uma produção de 16,46 milhões de toneladas. O primeiro lugar no ranking é dos Estados Unidos, seguido da China e do Canadá. Entre os primeiros colocados, o Brasil ganha destaque por suas práticas sustentáveis de produção.

A indústria brasileira de celulose e papel está fundamentada, principalmente, na produção de celulose de fibra curta e utiliza espécies do gênero *Eucalyptus* para tal produção. Essas espécies se adaptaram muito bem no país, apresentando florestas com altas produtividades e matéria prima com características adequadas para esse fim.

Segundo Barrichelo e Brito (1979), todos os processos existentes para a produção de celulose, também chamados de processos de polpação, visam a transformação da madeira em uma forma desfibrada ou desintegrada, com a remoção parcial da lignina. A madeira assim transformada recebe o nome de polpa ou pasta. De acordo com Carrion (2011), o processo de polpação mais utilizado pela grande maioria das indústrias de celulose no mundo é o químico, que promove a transformação da madeira em polpa celulósica através de seu cozimento em meio alcalino com a utilização de altas temperatura e pressão.

Buchert et al. (1995) explicam que, entre os processos químicos existentes, o mais utilizado para a produção de polpa celulósica é o processo kraft. Segura (2012) complementa que algumas características que conferem vantagens a este processo são a produção de polpa de excelente qualidade, a grande flexibilidade em relação às espécies de madeira utilizadas e a autossuficiência na produção de energia.

De maneira resumida, o processo kraft consiste no cozimento da madeira, em forma de cavacos, em um licor formado pela combinação de hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S). Como resultado, obtém-se a dissolução da lignina presente na lamela média e ocorre a individualização das fibras, formando a polpa celulósica (CARREIRO, 2009).

A necessidade de aumentar a eficiência de deslignificação no processo e produção de celulose levou ao desenvolvimento dos conceitos de polpação conhecidos como cozimentos modificados. Estes, por sua vez, são baseados em

uma melhor distribuição de carga alcalina ao longo do processo de polpação (SILVA JR., 1997).

De acordo com Sousa e Soares (2010), os sistemas mais recentes de cozimento modificado disponíveis comercialmente são o Lo-Solids® e o *Compact Cooking*TM, sendo estes reconhecidos por serem dotados de tecnologias capazes de otimizar a performance do cozimento kraft, além de preservar ou melhorar a qualidade da polpa produzida em relação aos processos convencionais de cozimento.

O cozimento modificado *Compact Cooking*TM, desenvolvido em 1997 por pesquisadores da Kvaerner, é favorecido pelo fato de apresentar um vaso exclusivo para a impregnação dos cavacos, o que possibilita a manutenção de um fator H uniforme durante o processo de polpação, tendo como resultado polpas com elevadas propriedades físico-mecânicas e branqueabilidade (ALMEIDA, 2003). Além disso, esse processo modificado é baseado na impregnação dos cavacos com licor negro, sendo parte do licor de cozimento extraído do digestor e recirculada no vaso de impregnação (LAAKSO, 2008).

Além do desenvolvimento da engenharia dos equipamentos utilizados para a polpação, outras melhorias no processo de obtenção da celulose vêm sendo alcançadas com o uso de produtos químicos adicionados ao processo, chamados de aditivos. O uso destes vem ocasionando maior eficiência das reações de polpação, permitindo a diminuição da carga alcalina e melhorias da polpa gerada e, por isso, seu uso é uma alternativa bastante viável para as indústrias do mundo todo.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de quatro aditivos na polpação kraft de eucalipto através do processo *Compact Cooking*TM, buscando melhorias no rendimento do processo e ganho na qualidade da polpa produzida.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, é possível concluir que:

1 – A madeira do híbrido *Eucalyptus urograndis* utilizada nesta pesquisa pode ser considerada uma matéria-prima difícil de alcançar a deslignificação estipulada, necessitando de altas temperaturas e carga de reagentes. Tal dificuldade pode ser atribuída ao fato do alto teor de extrativos presente na madeira estudada, resultado da idade e do local de plantio das árvores de eucalipto;

2 – O uso do xilenossulfonato de sódio como aditivo de polpação kraft, nas três cargas em que ele foi testado e considerando as especificidades desta pesquisa, não proporcionou bons resultados durante a polpação. Por esse motivo, o produto não foi utilizado nos passos seguintes desta pesquisa;

3 – O uso de todos os aditivos proporcionou diminuição de álcali ativo necessário para a mesma deslignificação, representando economia no processo. Os maiores ganhos de economia de álcali foram conseguidos com os aditivos 2 e 3;

4 – No caso dos parâmetros avaliados no processo de polpação (rendimento, viscosidade, ácidos hexenurônicos, consumo específico de madeira e teor de sólidos gerados), os três aditivos apresentaram resultados significativamente melhores que o tratamento testemunha, mas em nenhum momento o uso da antraquinona alcançou os resultados proporcionados pelos aditivos 2 e 3;

5 – A performance dos aditivos 2 e 3 para as variáveis avaliadas no processo de polpação é bem parecida, sendo os resultados gerados por tais produtos estatisticamente iguais;

6 – Em relação aos testes físicos-mecânicos, a antraquinona nem sempre proporcionou melhorias, mas os aditivos 2 e 3 sim;

7 – O parâmetro mais influenciado pelo uso de aditivos foi a resistência à passagem de ar, que alcançou o maior resultado no tratamento com o aditivo 3;

8 – O maior ganho em tração foi proporcionado pelo uso do aditivo 3, mostrando que a qualidade do produto final obtido será superior;

9 – De maneira geral, sem fazer análise de custos e, levando em consideração a madeira e o processo de polpação utilizados nesta pesquisa, fica a

indicação do aditivo 3 como sendo o melhor em questão de ganhos e melhorias da polpa produzida.

A partir dos resultados e conclusões obtidos, fica a sugestão para que mais trabalhos sejam feitos utilizando os aditivos 2 e 3, que mostraram ser superiores à antraquinona, podendo representar bons substitutos para o produto atualmente utilizado.

REFERÊNCIAS

AFORSK ENGINEERING AB. Market Area Forest Industry. **Energy consumption in the pulp and paper industry: model mills 2010**. Estocolmo, 2011. 63 p.

ALENCAR, G.S.B. **Estudo da qualidade da madeira para produção de celulose relacionada a precocidade na seleção de um híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla***. 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

ALMEIDA, D.P. **Polpação soda com aditivos e cinética da deslignificação kraft**. 2014. 44p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

ALMEIDA, F.S. **Influência da carga alcalina no processo de polpação Lo-Solids® para madeiras de eucalipto**. 2003. 115 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ALMEIDA, J.M.; GOMIDE, J.L.; SILVA, D.J. Dissolução dos constituintes da madeira de eucalipto ao longo dos processos kraft contínuo convencional e aditivado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 215-222, 2000.

ANDELIN, J. **Technologies for reducing dioxin in the manufacture of bleached wood pulp**: background paper. Washington: U.S. Congress, Office of Technology Assesment, 1989. 79 p.

ARANTES, T.M. **Uso de soluções hidrotrópicas na deslignificação do bagaço de cana-de-açúcar**. 2009. 147p . Dissertação (Mestrado em Físico-Química) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ASSIS, T.F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informações Agropecuárias**, Belo Horizonte, v. 8, n. 185, p. 40-51, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

_____. **NBR 14345**: pasta celulósica – refinação em laboratório – método PFI. Rio de Janeiro, 2004. 10 p.

BARBOSA, L.C.A.; MALTHA, C.R.A.; CRUZ, M.P. Composição química de extrativos lipofílicos e polares de madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Ciência e Engenharia**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 13-20, 2005.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. **A utilização da madeira na produção de celulose**. Piracicaba: IPEF, 1979. 12 p. (Circular Técnica, 68).

BASSA, A. **Processos de polpação kraft convencional e modificado de madeira de *E. grandis* e híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)**. 2002. 103 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BASSA, A.G.M.C. **Mistura de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus globulus* e *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft através do Processo Lo-Solids®**. 2006. 169 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em 28 mar. 2015.

BISWAS, D.; MISBAHUDDIN, M.; ROY, U.; FRANCIS, R.C.; BOSE, S.K. Effect of additives on fiber yield improvement for kraft pulping of kadam (*Antrocephalus chinensis*). **Bioresource Technology**, Clayton, n. 102, p. 1284-1288, 2011.

BUCHERT, J.; KANTELINEN, A.; SUURNÄKKI, A.; VIRARI, L.; JANSON, J. Evaluation of the effects of hemicellulases on the bleachability of sulfite pulps. **Holzforschung**, v. 49, n. 5, p. 439-444. 1995.

CARREIRO, M.R.M. **Análise energética e ambiental do processamento do licor negro gerado em fábricas de celulose e papel**. 2009. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. 2009.

CARRION, L.M. **Isolamento de leveduras fermentadoras de pentoses e suas aplicações na produção de xilitol e etanol a partir do licor negro proveniente do processo kraft de extração de celulose**. 2011. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2011.

CASTRO, A.F.N.M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. na madeira e carvão vegetal**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS. Disponível em <<http://www.ciflorestas.com.br>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

COLODETTE, J.L.; GOMES, F.J.B. (Ed.). **Branqueamento de polpa celulósica: da produção da polpa marrom ao produto acabado**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. 816 p.

COLODETTE, J.L.; MOKFIENSKI, A.; GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C. Relative importance of wood density and carbohydrate content on pulping yield and product quality. **Journal of Tianjin**. University of Science and Technology, Tianjin, v.19, p.71-80. 2004.

CORREIA FILHO, F.L.; GOMES, E.R.; NUNES, O.O.; LOPES FILHO, J.B. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por água subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Imperatriz. Teresina: CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2011. 31 p.

COSTA, J.A. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus urograndis*, plantado no Distrito Federal, para produção de celulose kraft**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

COURCHENE, C.E. **The tried, the true and the new – getting more pulp from chips modifications to the kraft process for increased yield**. Atlanta: Institute of Paper Science and Technology, 1998. 14 p. (Technical Paper Series, 698).

D'ALMEIDA, M.L.O.; TAKAHASHI, R.C.T.; KOGA, M.E.T. **Propriedades do papel e controle de qualidade**. São Paulo: IPT, 2004. 113 p.

DIOGO, F.A. **Qualidade da madeira e da celulose e clones de *Eucalyptus* spp. de diferentes densidades**. 2014. 39 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

DUARTE, F.A.S. **Avaliação da madeira de *Betula pendula*, *Eucalyptus globulus* e de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* destinadas à produção de polpa celulósica Kraft**. 2007. 107 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FOELKEL, C.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. p. 719-728.

FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J.R.; KATO, J.; MEDEIROS, J. Eucaliptos tropicais na produção de celulose kraft. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 11., 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1978. p. 5.12.

FRANCIS, R.C.; SHIN, S.J.; OMORI, S.; AMIDON, T.E.; BLAIN, T.J. Soda pulping of hardwoods catalyzed by anthraquinone and methyl substituted anthraquinones. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, Philadelphia, v. 26, n. 2, p. 141-152, 2006.

GOMES, A.F. **Avaliação das características da madeira e da polpa de *Eucalyptus* mediante a aplicação de métodos não destrutivos na árvore viva**. 2007. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

GOMES, I.M.B.; PEREIRA, A.M.; YODOVAL, P. Mix de madeiras: a busca do melhor desempenho global. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 31., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1998. p. 403-415.

GOMIDE, J.L. Reação dos carboidratos e dissolução dos constituintes da madeira durante a polpação alcalina. **O Papel**, São Paulo, v. 40, n. 11, p. 119-128, 1979.

_____. **Antraquinona**: um eficiente aditivo para polpação alcalina de madeiras. 27 p. Viçosa: UFV, 1980. 27 p. (Boletim Técnico, 6).

GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C. Eficiência da antraquinona na polpação alcalina de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 208-220. 1979.

GOMIDE, J.L.; FANTUZZI, N.H.; REGAZZI, A.J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; COLODETE, J.L. Produção de polpa kraft de eucalipto, com adição de antraquinona. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.2, p.203-214, 1980.

GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, C.M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Estatísticas da indústria brasileira de árvores**. Disponível em: <<http://www.iba.org>>. Acesso em: 13 jul. 2015a.

_____. **Relatório IBÁ 2015**. Disponível em: <<http://www.iba.org>>. Acesso em: 13 jul. 2015b.

INSTITUT FÜR ARBEITSSCHUTZ DER DEUTSCHEN GEZETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG. Disponível em: <<http://www.dguv.de/ifa/index.jsp>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

JERÔNIMO, L.H.; FOELKEL, C.E.B.; FRIZZO, S.M.B. Adição de antraquinona na polpação alcalina de *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 31-37, 2000a.

_____. Utilização de antraquinona na produção de polpa sulfato de *Eucalyptus saligna* e seus efeitos no branqueamento. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EM CELULOSA Y PAPEL, 1., 2000, Puerto Iguazú. **Proceedings...** Puerto Iguazú, 2000b. 24 p.

K-APEX INTERNATIONAL. **Ficha de dados de segurança**. Disponível em: <<http://ptdocz.com/doc/103566/ficha-de-dados-de-seguran%C3%A7a---k-apex>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

KIYOHARA, P.K.; REDKO, B.V.P. Comparação de características de clones de *Eucalyptus* spp plantado em regiões diferentes por espectroscopia eletrônica de varredura. A. caracterização e comparação da camada S2 das fibras do broto terminal e da camada externa do DAP da árvore. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 3., 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1997. p. 69-73.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.I.B.; HERNANDEZ, J.A.; ANDRADE, A.S. **Química da madeira**. 3. ed. Curitiba: 2005. 86 p.

KORPINEN, R.; FARDIM, P. Extração de lignina de biomassa de madeira mediante uma solução hidrotrópica. **O Papel**, São Paulo, v. 70, n. 5, p. 69-82, 2009.

LAAKSO, S. **Modeling of chip bed packing in a continuous kraft Cooking digester**. 2008. 142 p. Thesis (Doctor in Science and Technology) – Helsinki University of Technology, Espoo, 2008.

LANDUCCI, L.L. Quinones in alkaline pulping: characterization of an anthrahydroquinone – quinone methide intermediate. **Tappi Journal**, Atlanta, v. 63, n. 7, p. 95-99, 1980.

LANNA, A.E.; COSTA, M.M.; FONSECA, M.J.O.; MACHADO, S.F.; MOUNTEER, A.H.; COLODETTE, J.L.; GOMIDE, J.L. Maximizing pulp yield potential of Cenibra's wood supply. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON THE CHEMISTRY OF LIGNINS AND OTHER WOOD COMPONENTES, 7, 2001, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte, 2001. p. 159-167.

LOMBARDO, C.; PADILLA, A. **Manual teórico práctico de conversión química de la madera y química ambiental**. Mérida: Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Florestales y Ambientales, 1998. 55 p.

MENEGAZZO, M.L. **Características morfológicas de celuloses branqueadas de Pinus e Eucalyptus em analisador óptico automático de fibras**. 2012. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

MORAES, F.A.B. **Modelo para avaliação do consumo específico de madeira e insumos energéticos no processo de produção de celulose e papel**. 2010. 214 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2010.

PAOLIELLO, F.A. **Corrosão de digestores contínuos: influência dos processos de cozimento e análise das tecnologias protetoras**. 2010. 122 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

RODRIGUES, J.; GRAÇA, J.; PEREIRA, H. Influence of extractives and particle size on the FTIR lignin content determination in eucalypt wood. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 3., 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1996. p. 242-245.

SANTOS, C.R. **Métodos não-convencionais para determinação de celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa Kraft-AQ**. 2000. 117 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SANTOS, S.R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo kraft de polpação na qualidade da polpa.** 2005. 160p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SEGURA, T.E.S. **Avaliação das madeiras de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Acacia mearnsii* para a produção de celulose kraft pelos processos convencional e Lo-Solids®.** 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SHIMOYAMA, V.R.S. **Variação da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira de *Eucalyptus* spp.** 1990. 93 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SIGMA-ALDRICH. Disponível em:
<<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/65800?lang=pt®ion=BR>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

SILVA, M.G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada.** 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVA JÚNIOR, F.G. **Conversão do processo kraft em soda-DDA (sal disódico de 1,4-dihidro-9,10-dihidroxi antraceno) para madeira de eucalipto.** 1994. 172 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

_____. **Polpação kraft do eucalipto com adição de antraquinona, polissulfetos e surfactante.** 1997. 184 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1997.

_____. **Efeito do ritmo de produção sobre a eficiência de processos modificados de polpação para *Eucalyptus grandis* e *Populus tremuloides*.** 2005. 144 p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA JÚNIOR, F.G.; BARRICHELO, L.E.G. Conversion of the kraft process in soda-dda (disodium salt of 1,4-dihydro-9,10-dihydroxy anthracene) for *Eucalyptus*. In: PULPING CONFERENCE, 6., 1995, Chicago. **Proceedings...** Chicago, 1995. p. 757-763.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry.** New York: Academic Press, 1981. 235 p.

SMOOK, G.A. **Handbook for pulp & paper technologists.** 3rd ed. Vancouver: Angus Wild Publ., 2002. 425 p.

SOUSA, G.D.A.; SOARES, B.I.G. Estudos avançados de cozimento kraft da madeira de *Eucalyptus globulus*. In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNCELPA, 11.; CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN CELULOSA Y PAPEL, 6., 2010, Lisboa. **Proceedings...** Lisboa, 2010. 8 p.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Test methods**. Atlanta: TAPPI Press. 2007. 2 v.

VASCONCELOS, F.S.B. **Avaliação do processo SuperBatch™ de polpação de *Pinus taeda***. 2005. 106 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

VIVIAN, M.A. **Aumento da eficiência do processo kraft de polpação a partir de pré-tratamento de cavacos de madeira de eucalipto**. 2015. 125 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.