



MADEIRA JUVENIL X MADEIRA ADULTA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE

LUBE, Vinicius Munaldi¹; MAZIERO, Rômulo²; FRANÇA, Lélío Caiado Abreu³;
VIADURRE, Graziela Baptista⁴; PAULA, Elizabeth Neire da Silva Oliveira⁴

RESUMO – (MADEIRA JUVENIL X MADEIRA ADULTA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE). Neste estudo foram analisadas as características na produção de celulose a partir de madeira juvenil e madeira adulta, e com isso, verificar se as madeiras utilizadas pelas indústrias de polpação no Brasil estão de acordo com a qualidade requerida para a polpa de celulose. Para o eficiente uso da madeira, todas as alterações estruturais e influências destas nos produtos finais precisam ser perfeitamente esclarecidas, para isso, a pesquisa consistiu em averiguar num levantamento bibliográfico as variáveis envolvidas na produção de celulose *kraft* a partir das diferentes porções juvenil e adulta da madeira.

Palavras-chave: lenho; qualidade da polpa; polpação *kraft*.

ABSTRACT – (JUVENILE WOOD X MATURE WOOD IN PULP PRODUCTION). In this study we analyzed the characteristics in the production of pulp from timber juvenile and mature wood, and with that, make sure the wood used for pulping industries in Brazil are according to the required quality for pulp. For the efficient use of wood, all of these influences and structural changes in final products must be fully clarified, for this, the research consisted of a literature review to ascertain the variables involved in the production of kraft pulp from different portions of the juvenile and mature wood.

Keywords: wood; quality pulp; pulping kraft.

¹ Bolsista CNPq do Programa Ciências Sem Fronteiras, Graduação Sanduíche no Exterior – SWG, University of British Columbia, CANADA;

² Bolsista de Iniciação Científica e Tecnológica – ICT da FAPES, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES;

³ Engenharia Industrial Madeireira, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES;

⁴ Professora Doutora do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo se reconhece que as características da madeira formada próxima à medula diferem daquelas da formada próxima à casca, sendo este fenômeno mais notado para coníferas que para folhosas (FOELKEL *et al.*, 1976).

Apesar de ainda haver muitas controvérsias com relação à terminologia usada para caracterizar as diferentes porções de madeira ao longo do raio, Rendle (1960) segmenta a caracterização em madeira juvenil e madeira adulta. Segundo o autor, a madeira juvenil é o xilema secundário formado durante os estágios iniciais da vida da parte considerada da árvore, durante o período chamado juvenilidade. Este período varia conforme a espécie e pode ser afetado pelas condições ambientais. A madeira caracteriza-se anatomicamente por um progressivo acréscimo nas dimensões das células e correspondentes alterações na sua forma, estrutura e disposição em sucessivos anéis de crescimento.

A madeira adulta é o xilema formado após o período de juvenilidade, na parte da árvore que está sendo considerada. Em geral, as células desta madeira alcançaram suas dimensões máximas e estas se mantêm mais ou menos constantes,

exceto quando são influenciadas drasticamente pelas condições ambientais (FOELKEL *et al.*, 1976).

A literatura ressalta que não há uma mudança absoluta da madeira juvenil para madeira adulta em um ano, mas sim em vários anos. Quase todas as propriedades físicas e químicas da madeira, dentro da zona juvenil, são muito variáveis e praticamente constantes na madeira adulta (ZOBEL, 1980). Segundo Zobel e Van Buijtenen (1989), as características químicas deste tipo de lenho causam grande variação na produção e qualidade da celulose e papel.

Referências na literatura também ressaltam que as propriedades anatômicas da madeira juvenil são diferentes e muitas vezes inferiores às da madeira formada na fase adulta da árvore. A madeira juvenil difere da adulta por apresentar menor densidade, traqueídeos mais curtos, paredes celulares mais finas e menor conteúdo de celulose. Com isso pode-se afirmar que as diferenças entre as propriedades do lenho juvenil e adulto são importantes para a utilização da madeira (CALEGARI *et al.*, 2002).

Muitos estudos têm sido conduzidos para determinar o ponto ou a idade de transição entre a madeira juvenil e a adulta em várias espécies. Segundo Zobel

(1980) e Krahmer (1986), o estudo da variação da massa específica juntamente com o estudo da variação do comprimento dos traqueídeos ou das fibras constituem os principais meios na definição do limite entre a madeira adulta e juvenil.

Quando a madeira juvenil é a maioria presente nos cavacos a qualidade da polpa química é afetada (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989). Em condições idênticas de polpação química, o rendimento para polpação de madeira juvenil é cerca de 10% a 15% inferior ao da produção de polpa a partir de madeira adulta.

Mediante a importância requerida pela qualidade racional da polpa de celulose e, levando em conta as práticas silviculturais das empresas de polpa celulósica no Brasil, torna-se necessário uma investigação considerando a aplicação de mudas de rápido crescimento, com árvores sendo colhidas em uma rotação muito pequena. Esses fatores convergem para a ênfase, de que, no Brasil, tem-se em sua totalidade produção de celulose por polpação química a partir de madeira juvenil, e como propósito da pesquisa, verificou-se a racionalidade dessas práticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade da madeira juvenil x madeira adulta

As principais variações da madeira formada no período juvenil, no sentido medula-casca são as seguintes: o comprimento de fibra aumenta e o ângulo fibrilar diminui, estas alterações afetam a estabilidade dimensional e a resistência da madeira; a proporção de lenho tardio e a espessura da parede celular aumentam com consequente aumento da densidade básica e por extensão, da resistência da madeira. Quimicamente existem evidências que os teores de holocelulose e de alfa-celulose aumentam e o de lignina diminui através do período de juvenilidade. (KIRK et al., 1959; FOELKEL, 1972; MOORE; EFFLAND, 1974).

LARSON et al. (2001), GULER et al. (2007), PASSIALIS e KIRIAZAKOS (2004) relataram que o módulo de elasticidade (MOE), a resistência à compressão paralela e normal, a flexão estática e a tração paralela são seriamente afetadas pela presença de madeira juvenil. Do mesmo modo, os módulos de elasticidade e de ruptura (MOR) da madeira são altamente correlacionados com a densidade, sendo estes, portanto, influenciados pela quantidade da madeira juvenil (LARSON et al., 2001).

Ballarin e Palma (2003) avaliaram a resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L., os resultados mostraram que o MOE e o MOR da madeira juvenil foram menores e mais variáveis que aqueles obtidos para madeira adulta. A densidade apresentou a mesma tendência observada para a resistência e rigidez da madeira.

Segundo Dadswell (1958), o comprimento das fibras para as folhosas é duas vezes maior na madeira adulta do que na juvenil e para as coníferas, essa variação é de três a quatro vezes.

A Figura 1 mostra esquematicamente a localização da madeira juvenil na porção do disco, incluindo algumas das características, em termos relativos à madeira adulta (Tabela 1).

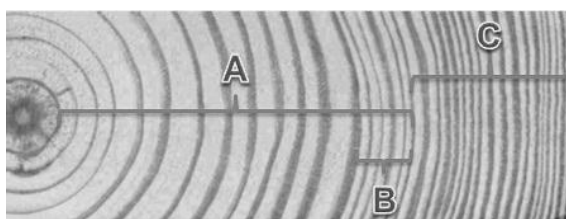


Figura 1. Localização das porções de madeira ao longo do disco; (A) madeira juvenil, (B) madeira de transição e (C) madeira adulta.

De acordo com Foelkel *et al.* (1976), as fibras da madeira adulta possuem índices de enfiletamento e de Runkel, e fração parede maiores que as de madeira juvenil, entretanto, um menor coeficiente de flexibilidade (Tabela 2).

Tabela 1. Características do lenho de madeira juvenil e adulta

Relação	Porção do lenho	
	Juvenil	Adulto
Massa específica	Baixa	Alta
Traqueóides	Curtos	Longos
Paredes celulares	Delgadas	Espessas
Porcentagem de lenho tardio	Baixa	Alta
Porcentagem de grã espiralada	Alta	Baixa
Porcentagem de nós	Alta	Baixa
Porcentagem de celulose	Menor	Alta
Porcentagem de lenho de compressão	Alta	Baixa
Contração transversal	Menor	Maior
Resistência mecânica	Menor	Maior
Ângulo microfibrilar	Maior	Menor

Fonte: Adaptado de Klock (2000).

Tabela 2. Relações entre as dimensões fundamentais das fibras

Relação	Porção do lenho	
	Juvenil	Adulto
Índice de enfiletamento	82	98
Índice de Runkel	0,492	0,739
Fração parede (%)	33	43
Coeficiente de flexibilidade (%)	67	58

Fonte: Foelkel *et al.* (1976).

Estas características sugerem uma maior flexibilidade das fibras de madeira juvenil, permitindo assim uma melhoria nas propriedades que dependem da

interligação das fibras, como por exemplo, a resistência ao rasgo.

2.2 Características da polpa de celulose da madeira juvenil x madeira adulta

Diversos estudos sobre produção de celulose de madeira juvenil de *Pinus* foram apresentados por ZOBEL (1970); BAREFOOT *et al.* (1970) e FOELKEL (1972, 1976). Em geral, os autores observaram que a madeira juvenil produz celulose com menor rendimento, menor resistência ao rasgo e menor opacidade, mas, apresenta maiores resistências à tração e ao arrebentamento e maior peso específico aparente que a madeira adulta.

Watson *et al.* (2005) analisaram as propriedades da polpa de celulose de madeira juvenil e adulta para três espécies de coníferas; Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*), pinheiro (*Pinus banksiana*) e pinus lodgepole (*Pinus contorta*). Segundo eles, no processo de polpação mecânica, a madeira juvenil necessitava de mais energia do que a madeira adulta para um mesmo grau de refino, no entanto, polpas de madeira juvenil foram superiores no desempenho apresentado no espalhamento de luz.

As características da polpa de celulose dependem da forma e da quantidade de energia utilizada para separar ou subdividir as fibras, podendo ser

utilizado; energia mecânica, térmica, química ou uma combinação destas (KLOCK, 2000).

Segundo o mesmo autor, nos processos químicos a separação ou individualização das fibras é conseguida através de produtos químicos que agem principalmente sobre a lignina que compõe a lamela média e que une os elementos fibrosos entre si. A operação inicial de deslignificação recebe o nome de cozimento ou digestão da matéria-prima empregada.

2.3 Qualidade da polpa de madeira juvenil x madeira adulta

Uma desvantagem observada na utilização de cavacos provenientes de lenho juvenil em processo *Kraft* é devido ao fato que se obtém ao final deste um menor rendimento e um acréscimo na quantidade de álcali consumido. Uma das razões para isto é o baixo conteúdo de celulose e alto teor de lignina (MIMMS, 1993, citado por ANDRADE, 2006).

Existe um grande número de fatores influenciando o rendimento e a qualidade final da celulose pelo processo *Kraft*, como: matéria-prima vegetal (sendo a madeira a mais importante), licor de cozimento, relação licor x madeira, tempo de cozimento e temperatura de cozimento (RYDHOLM, 1965; IPT, 1988; SMOOK,

1989; FENGEL e WEGENER, 1989 e DUEÑAS, 1997).

As indústrias de polpação no Brasil empregam altos níveis de consumo de madeira para conversão em polpa, e apesar da vasta área territorial apta ao plantio, o país não detém quantidade suficiente de madeira para a produção de celulose em ciclos mais longos de manejo, assunto correlato ao polêmico tema sobre o apagão florestal, sujeitando então a produção da polpa de celulose a partir da madeira de lenho juvenil, tendo consequências na qualidade final da polpa, e conseqüentemente limitando suas aplicações.

Em alguns países de clima temperado, tem-se a aplicação majoritariamente de madeiras de lenho adulto no processo de polpação, em função dos grandes ciclos de manejo e do baixo Incremento Médio Anual (IMA) nestes países. A aplicação dada a essa polpa de madeira adulta designa-se ao processo de transformação em produtos de maior qualidade, como o exemplo do papel moeda.

De acordo com um estudo realizado por Simões et al. (1980), o potencial de crescimento dos clones de *Eucalyptus saligna*, *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. propinqua* no Brasil foi avaliado mediante a variação das idades, em que a idade de

exploração obteve produções semelhantes entre 11 anos, com 151,53 ton/ha, aos 9 anos com 149,90 ton/ha e aos 7 anos com 143,58 ton/ha de madeira seca. Em segundo lugar aparece a produção aos 5 anos com apenas 99,42 ton/ha. De acordo com abordagem no que diz respeito ao IMA das madeiras de diferentes idades de corte, apenas a produção aos 5 anos foi inferior. Os cortes aos 7, 9 e 11 anos apresentaram produções de mesmo grupo de significâncias. Isso mostra que não há conveniência em deixar para explorar o eucalipto com idade superior aos 7 anos no Brasil mediante a qualidade requerida pela polpa.

3. CONCLUSÃO

Verificou-se que a partir da madeira juvenil produz-se celulose com menores rendimentos e resistência ao rasgo, embora, apresente maiores resistências à tração e ao arrebentamento e, maior peso específico aparente que a madeira adulta.

A proporção de madeira do lenho juvenil e adulto empregada no processo de polpação pode definir a qualidade da polpa, sendo desvantajosa a aplicação de madeira juvenil em processo *Kraft* diante ao fato que se obtém ao final deste, um menor rendimento e um acréscimo na quantidade de álcali consumido. Sendo

uma das razões para isto o baixo conteúdo de celulose e alto teor de lignina.

No Brasil, o corte aos 7, 9 e 11 anos apresentaram produções de mesmo grupo de significâncias para o eucalipto, isto mostra que não há conveniência em deixar para explorar o eucalipto com idade superior aos 7 anos. Então conclui-se sobre o fato de que o Brasil utiliza exclusivamente madeira juvenil para a polpação de celulose, tendo-se aí um nicho específico de mercado para essa polpa, mediante a suas características limitantes.

4. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e classe de produtividade.** 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.
- BALLARIN, A. W.; NOGUEIRA, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultra-som. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 19-28, jan./abr. 2005.
- BAREFOOT, A. C.; HITCHINGS, R. G.; ELLWOOD, E. L. **The relationship between loblolly pine fiber morphology and kraft paper properties.** Raleigh, North Carolina Agricultural Experiments Station, 1970. 89 p.
- CALEGARI, L.; GATTO, D. A.; SANTINI, E. J. Efeitos da temperatura de secagem sobre algumas propriedades em madeira juvenil e adulta de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 99-106, 2002.
- DADSWELL, H. E. **Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties.** Wood Science, Madison, v. 1, p. 11-32, 1958.
- DUEÑAS, R. S. **Obtención de pulpas y propiedades de lãs fibras para papel.** Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 1997. 293 p.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood. Chemistry. Ultrastructure. Reactions.** Walter de Gruyter. Berlin, 1989.
- FOELKEL, C. E. B. **Unbleached kraft pulp properties of some, of the Brazilian and U. S. pines.** 1972. 192 f. Dissertação (Master of Science in Forestry) – College of Environmental Science and Forestry, 1972.
- FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; GARCIA, W.; BRITO, J. O. **Celulose Kraft de madeira juvenil e adulta de *Pinus elliottii*.** Boletim Técnico, IPEF, v. 12, p. 127-142, 1976.
- FOELKEL, C. E. B. Celulose kraft de *Pinus* spp. **O papel**, v. 38, n. 1, p. 49-67, jan. 1976.
- GULER, C.; COPUR, Y.; AKGUL, M.; BUYUKSARI, U. Some chemical, physical and mechanical proprieties of juvenile wood from Black pine (*Pinus nigra* Arnold) plantations. **Journal of Applied Sciences**. v. 7, n. 5, p. 755-758, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA
TECNOLÓGICA – IPT. **Celulose e papel.**
2. ed. v. 1, 2. São Paulo: IPT, 1988.

KIRK, D. G.; BREEMAN, L. G.; ZOBEL,
B. J. **Tappi.** Atlanta, v. 42, n. 5, p. 345-56,
1959.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira
juvenil de *Pinus maximinoi* H. E.**
MOORE. 2000. 324 f. Tese (Doutorado
em Ciências Florestais) – Universidade
Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KRAHMER, R. **Fundamental anatomy
of juvenile and mature wood.** In:
Proceedings of the a technical workshop:
juvenile wood - what does mean to forest
management and forest products. Madison:
Forest Products Reserch Society, 1986.
p. 5-11.

LARSON, P. R.; KRETSCHMANN, D.
E.; CLARK, A.; ISEBRANDS, J. G.
**Formation and properties of juvenil
wood in southern pines.** Forest
service; 2001. 46 p.

MIMMS, A. **Kraft pulping, a
compilation of notes.** Atlanta. Tappi
Press. 2. ed., 181 p. 1993.

MOORE, W. E.; EFFLAND, M. **Chemical
composition of fast-growth juvenile
wood and slow-growth mature sycamore
and cottonwood.** Tappi, Atlanta, v. 57, n.
8, p. 96-8, 1974.

PASSIALIS, C.; KIRIAZAKOS; A.
Juvenile and mature Wood proprieties

of naturally-grown fir trees.
Holtzforchung, v. 62, p. 476-478, 2004.

RENDLE, B. J. **Juvenile and adult wood.**
Journal of the Institute of Wood Science.
v. 5, p. 58-61, 1960.

RYDHOLM, S. A. **Pulping processes.**
London: Interscience Publishers, John
Wiley and Sons, 1965. 1269 p.

SIMÕES, J. W.; COELHO, A. S. R.;
MELLO, H. A.; COUTO, H. T. Z.
**Crescimento e produção de madeira de
eucalipto.** Piracicaba: IPEF, n. 20, p. 77-
97, 1980.

SMOOK, G. A. **Handbook for pulp and
paper technologists.** Joint Textbook.
Committee of the Paper Industry. Tappi,
Atlanta, 1989.

WATSON, P. A.; GEE, W.; JOHAL, S. S.;
REATH, S. M.; YUEN, B. K.; HUSSEIN,
A. **The pulping properties of second-
growth western hemlock: Part II
Thermomechanical pulping.** Pulp &
Paper Canada.v. 106, n. 7/8, 2005.

ZOBEL, B. J. **Tappi.** Atlanta, v. 53, n. 12,
1970.

ZOBEL, B. J. **Inherent differences
affecting wood quality In Fast-Grown
Plantations.** In: Iufro Conference, Oxford,
p. 169-188, 1980.

ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P.
Wood variation: its causes and control.
Springer-Verlag, New York, 363 p. 1989.