



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO DE *Pinus taeda* E POTENCIAL PARA POLPAÇÃO

Leonardo Seibert Kuhn¹
Reny Aldo Henne¹
Guilherme Giesel¹
RICARDO BARNASKY¹
Nayara Bergamo Casagrande¹
Martha Andreia Martha Brand¹
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹
Camila Ramos Avila¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO DE *Pinus taeda* E POTENCIAL PARA POLPAÇÃO

Resumo

Este estudo objetivou analisar a estrutura anatômica da madeira do lenho anormal de compressão em árvores de *Pinus taeda*, e determinar o impacto das alterações ocorridas na madeira para a produção de celulose e papel. Foram analisadas três árvores consideradas com madeira de qualidade normal e três com indícios de presença de lenho anormal de compressão. Foram mensurados o comprimento, diâmetro interno de externo dos traqueídeos e espessura da parede das células, e calculados o Índice de Runkel, Fração Parede, Coeficiente de Flexibilidade e Índice de Enfeltramento em corpos de prova retirados no DAP das árvores analisadas. A morfologia dos traqueídeos sofreu alteração na madeira com a presença de lenho anormal de compressão. Para todas as variáveis analisadas houve diferença estatística entre a madeira normal e anormal. A madeira normal teve menor comprimento e espessura da parede dos traqueídeos e maiores diâmetros interno e externo das células. Com base nos índices de qualidade para uso da madeira na produção de celulose e papel, pode-se concluir que o papel produzido com madeira de lenho normal teria maior resistência a tração devido ao maior coeficiente de flexibilidade, e menores valores de fração de parede e Índice de Runkel. Já em relação à resistência ao rasgo, o papel produzido com lenho anormal de compressão teria melhor desempenho. A resistência ao arrebentamento não se diferenciaria entre os diferentes lenhos. O lenho anormal de compressão altera a qualidade da madeira para a produção de celulose e papel.

Palavras – chave: Lenho de reação, anatomia, celulose.

ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF THE ABNORMAL BUILDING STRENGTH OF *Pinus taeda* AND POTENTIAL FOR PULP

Abstract

The objective of this study was to analyse the anatomical structure of the wood of the abnormal compressive wood in *Pinus taeda* trees and to determine the impact of changes in wood for the production of pulp and paper. Three trees considered with wood of normal quality and three with signs of presence of abnormal wood of compression were analysed. The length, internal tracheid external diameter and wall thickness of the cells were measured and the Runkel Index, Wall Fraction, Flexibility Coefficient and Envelope Index were calculated on specimens taken from the DAP of the analysed trees. The morphology of the tracheids was altered in the wood with the presence of abnormal wood of compression. For all analysed variables there was statistical difference between normal and abnormal wood. Normal wood had smaller tracheid wall length and wall thickness and larger internal and external diameters of the cells. Based on the quality indexes for wood use in pulp and paper production, it can be concluded that the paper produced with normal wood would have higher tensile strength due to the higher coefficient of flexibility, and lower values of wall fraction and Runkel Index. Regarding the tear strength, the paper produced with abnormal compression wood would perform better. The resistance to the bursting would not differentiate between the different wood. Absorbent wood improves wood quality for pulp and paper production.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Key words: Reaction wood, anatomy, pulp.

1. INTRODUÇÃO

Na década de 60 o governo brasileiro incentivou o plantio de árvores para exploração madeireira em larga escala. Dentre as espécies mais comuns estiveram as do gênero *Pinus*, devido a sua rusticidade, rápido crescimento e fácil manejo, crescendo em quase qualquer condição de solo e clima, onde a madeira era basicamente destinada para papel e celulose, madeira serrada e laminada (KRONKA et al, 2005; SCHWEITZER, 2016).

Recentemente, os plantios de pinus têm área em torno de 1,56 milhões de hectares (ABRAF, 2013). Atualmente a madeira deste gênero é destinada para vários setores da indústria de base florestal, como serraria, fabricação de laminados, compensados, celulose e até energia. O *Pinus taeda* L., que é a espécie com maior área plantada, pode chegar, em um ciclo normal de produção, até 25 a 30 metros de altura e DAP de 30 a 40 cm. Essa madeira possui traqueídeos, mais conhecidos por fibras longas, madeira clara e de baixa densidade, sua produção pode chegar a 30 m³/ha/ano tendo em média uma rotação de 21 anos e dois desbastes durante o ciclo (BASSA, 2006).

O melhoramento genético foi uma das ferramentas mais importantes do setor de base florestal para a melhoria da produtividade do *Pinus taeda*. A África do Sul, onde o melhoramento genético foi muito desenvolvido é atualmente um dos países com maior importância em termos de fornecimento de sementes para o Brasil. Naquele país, na década de 80 foi observado que havia um lenho anormal nas árvores devido a ocorrência de emperramento das serras durante os cortes. Isso atingiu grande porção dos plantios naquele país (DROOMER 1982; VAN DER SJIDE et al., 1985).

Nos últimos anos, no Brasil, as empresas vêm observando alterações na qualidade da madeira em plantios oriundos de sementes vindas da África do Sul. Além da procedência das sementes, o sistema de manejo adotado nas florestas parece estar contribuindo com a redução da qualidade da madeira (Schweitzer, 2016). Este autor, estudando a madeira proveniente destes plantios relatou que os problemas observados no Brasil estão relacionados ao lenho anormal de compressão. No entanto, diferentemente do esperado, os fatores que normalmente propiciam o aparecimento do lenho anormal de compressão, não estão presentes nestes plantios brasileiros. Nos casos relatados pelas empresas, a porção da madeira com características diferenciadas está distribuída de forma homogênea na direção radial do disco das árvores e não somente em um lado como o lenho de compressão produzido por forças externas.

O lenho de reação (compressão para Gimnospermas e tensão para Angiospermas) relatado em literatura é resultado de forças externas sobre a planta, ou pela sua genética. Essas forças podem vir de ventos contínuos ou terreno inclinado, fazendo com que os traqueídeos apresentem deformações em sua estrutura, resultando em problemas no processamento da madeira (BURGER; RICHTER, 1991).

Portanto, devido a importância da espécie para o Brasil e da amplitude dos prejuízos econômicos que podem advir desta alteração na qualidade da madeira, é fundamental a realização de estudos que avaliem o impacto da formação do lenho anormal de compressão na qualidade da madeira. Dessa maneira, este estudo objetivou analisar a estrutura anatômica da madeira de lenho anormal de compressão em árvores de *Pinus taeda*, e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





determinar o impacto das alterações ocorridas na madeira para a produção de celulose e papel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram colhidas 6 árvores de *Pinus taeda* da região de Lages, Santa Catarina, com 18 anos de idade. Três delas foram classificadas com tendo lenho anormal de compressão (árvores 1, 2 e 5), e as outras 3 sem lenho anormal de compressão, denominadas desta forma como “normais” (árvore 3, 4 e 6). De cada árvore foi obtido um disco na altura do DAP (Figura 1), sendo que para cada disco foram obtidos quatro corpos de prova, nas direções norte, sul, leste e oeste, entre os 14^o e 18^o anel de crescimento conforme a Figura 2, estes foram divididos ao meio para realização dos macerados.



Figura 1 – Imagem do disco na altura do DAP com presença do lenho anormal de compressão.

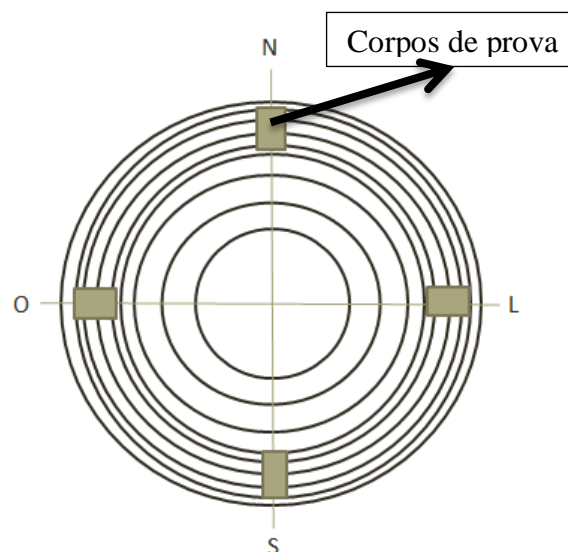




Figura 2 - Obtenção dos corpos de prova nos discos das árvores para mensuração dos traqueídeos.

Para a análise dos traqueídeos, a madeira foi macerada por meio da dissociação dos elementos celulares em solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (1:1) a 60°C (KRAUS e ARDUIN, 1997) e com o auxílio do microscópio Leica DM 500 e programa software LAS V4.8, foram medidos o comprimento, largura do lume e espessura da parede de 30 traqueídeos por corpo de prova, conforme as normas IAWA (1989).

Com as variáveis dos traqueídeos foram calculados o Índice de Runkel, Fração Parede, Coeficiente de Flexibilidade e Índice de Enfeltramento conforme as Equações 1, 2, 3 e 4. Avaliando-se desta forma o potencial do uso da madeira com e sem lenho anormal de compressão para a produção de celulose e papel.

$$FR = \frac{2 \times e}{d} \quad (1)$$

$$FP = \frac{2 \times e}{D} \times 100 \quad (2)$$

$$CF = \frac{d}{e} \times 100 \quad (3)$$

$$IE = \frac{L}{D} \quad (4)$$

Em que:

FR = Índice de Runkel

e = Espessura da parede

d = Diâmetro do lume

FP = Fração parede

D = Largura da fibra

CF = Coeficiente de flexibilidade

IE = Índice de enfeltramento

Nos resultados foi verificada a homogeneidade e normalidade dos dados e aplicada a ANOVA. Havendo variação entre as variáveis foi aplicado o Teste de médias Scott-knott ao nível de probabilidade de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rigatto et al (2004) estudaram o *Pinus taeda* de diferentes regiões e encontraram comprimento dos traqueídeos entorno de 3,38 a 3,47 mm. Para Vivian et al. (2015) e Zegarra (2015) a média encontrada foi de 3,5 mm, maior que o *Pinus sylvestris* com média de 3,1mm. Esses são similares ao valor médio observado para a espécie neste estudo. Considerando o comprimento dos traqueídeos registrados para o lenho de reação (lenho anormal de compressão) e para o lenho normal (Tabela 1), os traqueídeos foram maiores na madeira com alteração de qualidade, sendo estatisticamente diferente do lenho normal.

Os resultados encontrados para diâmetro externo do traqueídeo no lenho anormal estão um pouco menores que os obtidos por Rigatto et al (2004), em torno de 42,5 µm. O diâmetro do lume foi maior, ao contrário da espessura da parede que foi menor aos resultados obtidos por Zegarra (2015).



Tabela 1 – Médias das variações anatômicas entre os lenhos normal e anormal de reação.

Lenho	L (mm)	D (μm)	d (μm)	e (μm)	FR	FP	CF	IE
Normal	3,446 b	42,03 a	26,72 a	7,27 b	0,64 b	35,11 b	63,08 a	83,27 b
Reação	3,606 a	40,52 b	24,52 b	7,86 a	0,71 a	39,31 a	59,91 b	87,69 a
Média	3,526	41,28	25,62	7,56	0,68	37,21	61,50	85,48
CV (%)	20,15	18,12	36,79	29,51	56,75	34,17	22,24	24,56

Para as variáveis “L” - comprimento do traqueídeo, “D” - largura do traqueídeo, “d” - diâmetro do lume, “e” espessura da parede, “FR” – Índice de Runkel, “FP” – Fração de parede, “CF” – Coeficiente de flexibilidade, “IE” – Índice de enfiamento e CV(%) – Coeficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra na coluna indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos em um nível de probabilidade de 95%.

A comparação das médias das propriedades entre as árvores com e sem lenho anormal de compressão permite constatar que a qualidade foi diferente para a madeira com a presença e ausência de lenho anormal. Para todas as variáveis analisadas houve diferença estatística entre a madeira normal e anormal. A madeira normal teve menor comprimento e espessura da parede dos traqueídeos e maiores diâmetro interno e externo das células.

Considerando os índices morfométricos calculados com base nas dimensões dos traqueídeos e a correlação destes índices com o comportamento da madeira para a produção de celulose e papel foi possível constatar que o desempenho da madeira normal seria diferente da madeira com lenho de compressão.

Assim, com base nos índices de qualidade para uso na produção de celulose e papel, o papel produzido com madeira de lenho normal teria maior resistência a tração devido ao maior coeficiente de flexibilidade, e menores valores de fração de parede e Índice de Runkel. Já em relação à resistência ao rasgo, o papel produzido com lenho anormal de compressão teria melhor desempenho. A resistência ao arrebentamento não se diferenciaria entre os diferentes lenhos.

A verificação da distribuição do lenho na direção radial da árvore foi avaliada por meio da análise de corpos de prova coletados nas direções opostas e paralelas entre si (norte, sul, leste e oeste), cujos resultados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias das variações anatômicas entre as direções norte (N), sul (S), leste (L), oeste (O).

Posição	L (mm)	D (μm)	d (μm)	e (μm)	FR	FP	CF	IE
N	3,506 a	40,59 b	25,44 b	7,30 b	0,65 a	36,00 a	62,11 a	86,06 a



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

S	3,553 a	42,88 a	27,83 a	7,47 b	0,63 a	35,78 a	63,70 a	82,75 a
L	3,642 a	41,98 a	25,60 b	8,05 a	0,70 a	39,11 a	59,86 a	87,71 a
O	3,404 a	39,65 b	23,61 b	7,44 b	0,72 a	37,94 a	60,32 a	85,41 a
Média	3,526	41,28	25,62	7,56	0,68	37,21	61,50	85,48
CV (%)	20,17	18,00	36,65	29,59	56,91	34,51	22,30	24,65

Para as variáveis “L” - comprimento do traqueídeo, “D” - largura do traqueídeo, “d” - diâmetro do lume, “e” espessura da parede, “FR” – Índice de Runkel, “FP” – Fração de parede, “CF” – Coeficiente de flexibilidade, “IE” – Índice de enfiamento e CV(%) – Coeficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra na coluna indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos em um nível de probabilidade de 95%.

As variáveis que foram alteradas em função da posição da madeira no tronco foram os diâmetros externo e interno da célula, porém sem alteração do comprimento dos traqueídeos e da espessura da parede celular. Portanto, não fica clara uma posição definida do lenho anormal na posição radial do tronco, como pode ser observado na Figura 1, onde as manchas mais escuras representam a presença do lenho anormal de compressão.

Segundo Bamber (2001), a distribuição do lenho anormal ocorre unilateralmente no tronco quando formado por forças externas sobre a árvore e ou crescimento inclinado, enquanto na madeira avaliada neste trabalho a distribuição foi de forma distribuída por todo o raio do disco.

4. CONCLUSÃO

- A morfologia dos traqueídeos sofreu alteração na madeira com a presença de lenho anormal de compressão.
- A qualidade da madeira foi diferente nas árvores com a presença e ausência do lenho anormal de compressão. Para todas as variáveis analisadas houve diferença estatística entre a madeira normal e anormal. A madeira normal teve menor comprimento e espessura da parede dos traqueídeos e maiores diâmetro interno e externo das células.
- Com base nos índices de qualidade para uso da madeira na produção de celulose e papel, o papel produzido com madeira de lenho normal teria maior resistência a tração devido ao maior coeficiente de flexibilidade, e menores valores de fração de parede e Índice de Runkel. Já em relação à resistência ao rasgo, o papel produzido com lenho anormal de compressão teria melhor desempenho. A resistência ao arrematamento não se diferenciaria entre os diferentes lenhos.
- O lenho anormal de compressão altera a qualidade da madeira para a produção de celulose e papel.

5. BIBLIOGRAFIA

ABRAF. Anuário Estatístico ABRAF 2013. Brasília. 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BAMBER, R.K. A general theory for the origin of growth stresses in reaction wood: how trees stay upright. *International Association of Wood Anatomists Journal* 2001; 22(3): 205-212.

BASSA, A. G. M. C. Misturas de madeira de *Eucalyptus globulus* e *Pinus taeda* para a produção de celulose Kraft através do processo Lo-Solids. 2006. 168p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BURGER, ML.; RICHTER, HG. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel. 1991. 154p.

DROOMER, E.A.P. Compression wood in *P. taeda* at Entabeni. Some findings of its extent and probable causes. Unpublished results, Department of Forestry, South Africa., 1982.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* n.s. 10: 219--332. 1989

Kraus JE, Arduin M.. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: Edur. 1997.

KRONKA, F. J. N; BERTOLINI, F.; PONCE, R. H. A Cultura do Pinus do Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 160 p. 2005.

RIGATTO, Patrícia Aparecida; DEDECEK, Renato Antônio; MATOS, Jorge Luis Monteiro de. Influence of soil attributes on quality of *Pinus taeda* wood for cellulose Kraft production. *Revista Arvore*, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

SCHWEITZER, Vinicius Rosa. Origem do "lenho anormal de compressão" e efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* da Região Serrana de Santa Catarina. 2016.

VAN DER SJIDE, H. A.; SHAW, M. J. P.; VAN WYK, G. Reaction wood in *P. taeda* – A preliminary report. *South African Forestry Journal* 133: 27-34. 1985.

VIVIAN, Magnos Alan et al. Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. 2015.

ZEGARRA, Boris Eduardo Villa. Caracterização da estrutura anatômica e da densidade do lenho de árvores de *Pinus taeda* e efeito nas propriedades tecnológicas dos painéis OSB. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

