

A INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO ORDENADA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DA MADEIRA DE *Pinus sp.* NO PROCESSO DE SECAGEM CONVENCIONAL

Anderson Ribeiro ASSUNÇÃO¹

Daniella Cristina MAGOSSI²

¹Discente, Faculdades FatiFajar, Jaguariaíva, Paraná, (andersonassuncao.eng@gmail.com), ²Docente, Faculdades FatiFajar, Jaguariaíva, Paraná, (magossidaniella@gmail.com)

RESUMO

Um processo pelo qual a madeira passa para agregação de valor é a secagem, seja ela secagem ao ar livre ou convencional (em estufas). Tendo em vista a qualidade final, este processo pode ocasionar alguns defeitos que desqualificam as peças principalmente para utilização em projetos de móveis ou estruturas. Este experimento objetivou avaliar a interferência do posicionamento dos anéis de crescimento de forma ordenada no empilhamento das peças para o processo de secagem de *Pinus sp.*, buscando identificar a diminuição de defeitos ao término do processo. Para tanto, foram preparados 3 fardos de madeira com 27 mm de espessura, 950 mm de largura e 3000 mm de comprimento, somando um total de 300 peças por fardo com 3 tratamentos no empilhamento dos anéis de crescimento. Ao final da secagem foram inspecionados os fardos, atentando para a ocorrência de defeitos que pudessem evidenciar a influência do proposto no estudo. A secagem foi feita em estufa convencional com temperaturas entre 60 e 100°C e tempos conforme programa habitual da empresa. Foram analisadas a totalidades das peças dos 3 fardos, e através de análise visual verificou-se o percentual de defeitos como empenamento, encurvamento, encanoamento e torção. Com os dados obtidos foi calculado o percentual da ocorrência de cada defeito nos diferentes tratamentos abordados. Os resultados indicam que a questão levantada pelo presente estudo não resultou em valores significativos na redução da ocorrência de defeitos que possam ser considerados para propor alterações das técnicas de empilhamento e da melhoria da qualidade final do produto.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de espécies do gênero *Pinus*, para suprir a falta das madeiras nativas tradicionalmente empregadas pelo setor moveleiro e da construção civil, tem

sido bastante intensa na região Sul, onde se destacam *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Segundo estudo setorial desenvolvido pela ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente, cerca de 60% do compensado e 35% da madeira serrada produzidos no Brasil são oriundos de *Pinus spp.* Segundo a mesma fonte, 90% dos móveis exportados também o são. Assim, o aprimoramento da qualidade dessas madeiras afigura-se imprescindível para que os produtos delas oriundos possam ganhar mercado e estabelecer um conceito cada vez mais favorável entre os consumidores. (PEREIRA; TOMASELLI, 2004).

O presente estudo busca identificar a possível interferência da ordenação dos anéis de crescimento para o processo de secagem, com metodologia de fácil aplicação em qualquer processo visando reduzir a ocorrência de defeitos após secagem convencional.

Devido à ampla gama de fatores que podem influenciar o aparecimento de defeitos durante e após o processo de secagem convencional, o presente estudo visa avaliar o fator empilhamento proposto e a possível redução de defeitos no produto final, madeira serrada seca.

Para isto busca-se com este estudo investigar se a alteração do parâmetro acima descrito revela redução dos defeitos em quantidade relevante para a sua aplicação nas práticas usuais de preparação dos materiais, madeira serrada de *Pinus sp.* para secagem convencional.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 Características da madeira

A madeira é um material lenhoso, formado por células dispostas nos sentidos radial e axial, ligadas entre si pela lignina, que age como um cimento, conferindo sustentação ao tronco. Estas células passaram por vários estágios de desenvolvimento, como a divisão celular, diferenciação e maturação, sendo influenciadas em cada um desses estágios por fatores genéticos, edáficos,

climáticos, silviculturais, geográficos, dentre outros, apresentando variações dimensionais e químicas, resultando em material não uniforme, com alta variabilidade, entre e dentro da árvore. (SHIMOYAMA et al., 2005).

Muito embora a umidade não seja uma característica intrínseca da madeira, seu estudo é indispensável por se tratar de um parâmetro que afeta o comportamento do material durante as fases de processamento, secagem e preservação. Além de ser diferente entre as espécies, o teor de umidade varia significativamente dentro de uma mesma árvore. Este fato pode ser comprovado durante a secagem, onde para uma mesma tora de madeira, são verificadas velocidades diferentes na secagem das diversas posições, o que mostra a existência de gradientes de umidades. (REZENDE; SAGLIETTI; GUERRINI, 1995).

A umidade na madeira move-se simultaneamente por capilaridade e por difusão. Em comparação com a ação da capilaridade a difusão é considerada um processo extremamente lento. Geralmente a água difunde-se mais rapidamente na direção radial (perpendicular aos anéis). A difusão longitudinal é cerca de 10 a 15 vezes mais rápida que a radial, mas apesar dessa diferença, excluindo-se peças curtas, o efeito da difusão longitudinal perde-se rapidamente por causa da distância que a umidade tem que percorrer para chegar à superfície (extremidade da peça). (MARTINS, 1988).

Particularmente nos gêneros Pinus, as características tecnológicas são influenciadas também pela presença de madeira com propriedades diferenciadas, como lenhos de reação, juvenil, inicial e tardio, que são fatores que podem afetar a qualidade final da madeira serrada na secagem convencional. (SANTINI; HASELEIN; GATTO, 2000).

2.1.2 Secagem de Madeira

A madeira serrada, em geral, contém consideráveis quantidades de umidade (água). A saída irregular da umidade causará defeitos (rachaduras, empenamentos, etc.) e se for mantida acima de certos valores a madeira está sujeita a ataque por fungos manchadores e apodrecedores. Por estas e outras razões é proposta a secagem da madeira. (KLITZKE, 2013).

A secagem da madeira é o processo da redução do seu teor de umidade a fim de levá-la a um teor de umidade definido, com mínimo de defeitos, no menor espaço de tempo possível e de uma forma economicamente viável, para o uso a que se destina. (MARTINS, 1988).

A secagem é uma fase de grande importância nos processos de transformação da madeira em produtos, pois proporciona, entre outras vantagens, melhoria da característica de trabalhabilidade e redução tanto da movimentação dimensional como da possibilidade de ataque por fungos e insetos. Além disso, quando o processo é realizado em secadores e conduzido de maneira adequada, obtém-se considerável redução do tempo de secagem e maior controle sobre os defeitos. (ANDRADE; JANKOWSKI; DUCATTI, 2001).

A secagem produz um aumento significativo da resistência da madeira. Dada a importância do teor de água na determinação das propriedades da madeira. A evaporação da água leva a madeira a contrair-se, isto é diminuir suas dimensões e volume, a velocidade da secagem deve, portanto, ser adequada aos diferentes tipos e espécies da madeira, de forma a evitar danos estruturais causados por variações dimensionais diferenciais, como aparecimento de empenamento, encanoamento, encurvamento, torções e rachaduras de topo ou superficiais. No processo de secagem pode-se e deve-se utilizar a aplicação de várias técnicas destinadas a acelerar o processo e reduzir a incidência de defeitos, conferindo características específicas ao produto final. A madeira exaustivamente seca retém de 8% a 16% da água nas paredes celulares (água de adesão) e apenas vestígios nas outras formas. (JANKOWSKY, 2010).

2.1.3 Secadores convencionais

São definidos como secadores convencionais as câmaras de secagem que operam com temperaturas entre 40°C e 90°C. Este tipo de equipamento dispõe de um sistema de aquecimento, um sistema de umidificação do ar, um conjunto de dampers (janelas) que permitem a troca de ar entre o interior e o exterior da câmara de secagem e um sistema de ventilação que promove a circulação forçada do ar por entre as peças em secagem. O sistema de aquecimento mais comum é uma bateria de trocadores de calor abastecido por ar quente, água quente, óleo térmico ou vapor

d'água, sendo este último o mais usado em pressões que podem variar de 3,0 a 8,0 kgf/cm² (300 a 800 kPa), já a umidificação é realizada pela liberação de vapor d'água de baixa pressão ou aspersão de água fria dentro do secador. A circulação do ar é realizada por ventiladores instalados nas laterais ou tetos das câmaras. Os dampers (janelas) são posicionados de tal forma que a circulação promovida pelos ventiladores seja capaz de realizar a troca do ar interno com o ar externo sempre que isso seja necessário. O carregamento dos secadores dependerá da sua capacidade, tempo de secagem dos materiais e rendimento que se deseja na operação, sendo mais comum a carga e descarga com empilhadeiras. (JANKOWSKY, 2010).

Para que se comprove a viabilidade de um programa ou de uma determinada prática de secagem, é imprescindível que se avalie junto com os outros dados o percentual de tortuosidade, pois pode ser o fator limitante quando se trabalha com temperaturas elevadas. (OLIVEIRA, 2014).

Devido a uma série de fatores, principalmente de ordem econômica, a técnica mais adotada é a da secagem em estufa convencional, utilizando temperaturas em torno de 80°C. (MUNIZ, 1993).

2.1.4 Defeitos relacionados com a secagem

Os defeitos que ocorrem na madeira durante a secagem causam significativos prejuízos para quem seca madeira e desestimula a utilização de determinadas espécies susceptíveis a esses defeitos, contribuindo para a exploração seletiva, responsável pelo reduzido número de espécies atualmente comercializadas, principalmente no setor moveleiro. De uma maneira geral empenos e rachaduras são causados por diferenças de contração da madeira ao secar (tanto por anisotropia quanto por gradientes de umidade desenvolvidos na madeira durante o processo de secagem), por tensão hidrostática (que se desenvolve nas paredes das células podendo causar o colapso) e por tensões de crescimento. (MARTINS, 1988).

Os denominados defeitos de secagem decorrem, principalmente, pela falta de cuidado no empilhamento e da ocorrência de tensões internas durante a secagem. Os manuais de secagem enfatizam a importância de um empilhamento bem feito, com separadores de dimensões uniformes e alinhada no sentido vertical da pilha,

destacando principalmente seu efeito na prevenção de empenamentos. (JANKOWSKY, 2000).

Os defeitos da madeira de maneira geral, originam-se das diferenças inerentes às contrações radial, tangencial e longitudinal, porém, irregularidades na grã, presença de lenho de reação e lenho juvenil, também influenciam o aparecimento de peças empenadas ao final da secagem. (SANTINI, 1992; JANKOWSKY, 2005).

2.1.5 Empenamentos

Empenamento é qualquer distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies, e são definidos em função da forma dessa distorção. (GALINA; JANKOWSKY, 2013).

Martins (1988) define que existem cinco formas de empenamento, sendo o torcimento, o encurvamento, o empenamento longitudinal, o arqueamento e o arqueamento em forma de diamante.

2.1.6 Arqueamento

Arqueamento é o encurvamento das bordas das peças na direção longitudinal, isto é, do comprimento da peça. (PFEIL; PFEIL, 2013).

2.1.7 Encanoamento

O encanoamento é um tipo de empenamento das peças de madeira quando as arestas ou bordas longitudinais não se encontram no mesmo nível que a zona central. É reconhecido quando ao colocar a peça de madeira sobre uma superfície plana, apoiará a parte central da tábua ficando os bordos levantados, apresentando um aspecto curvo. (KLITZKE, 2013).

2.1.8 Torcimento ou Torção

A torção ou torcimento pode ser explicada pela soma de fatores como presença de lenho de reação, juvenil, forma da grã que provocam contrações diferenciadas nas peças como descrevem (SANTINI, 1992) e (JANKOWSKY, 2013).

2.2 METODOLOGIA

O presente estudo objetivou-se na avaliação da possível interferência do empilhamento ordenado dos anéis de crescimento das peças de madeira de *pinus sp*, para tal avaliação o empilhamento foi realizado em três diferentes condições, (3 tratamentos).

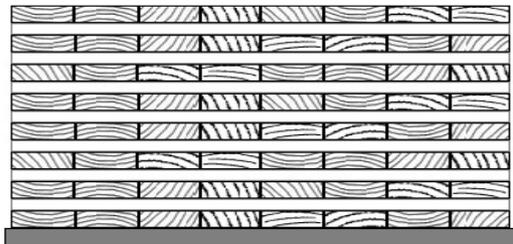
Foram utilizadas para o estudo peças com dimensões de 25 mm de espessura x 70 mm de largura x 3000 mm de comprimento.

No primeiro tratamento as peças foram empilhadas conforme o procedimento da empresa, sendo as peças empilhadas de forma aleatória, ou seja, sem a ordenação dos anéis de crescimento, como exemplificado na Figura 1.

No segundo tratamento as peças foram empilhadas ordenando a orientação dos anéis de crescimento de forma descendente, como exemplificado na Figura 2.

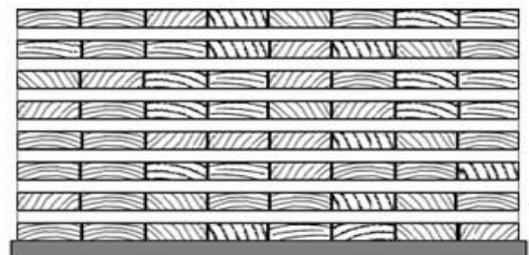
No terceiro tratamento as peças foram empilhadas ordenando a orientação dos anéis de crescimento de forma ascendente, como exemplificado na Figura 3.

FIGURA 1 – Tratamento 1 –
Empilhamento aleatório (T1).



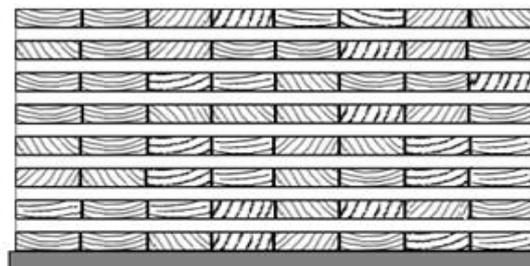
Fonte: Autor.

FIGURA 2 – Tratamento 2 –
Empilhamento descendente (T2).



Fonte: Autor.

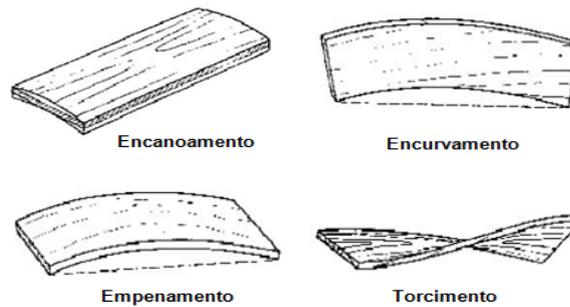
FIGURA 3 – Tratamento 3 – Empilhamento ascendente (T3).



Fonte: Autor.

Realizado o empilhamento, os fardos foram identificados e enviados para a secagem convencional conforme procedimento padrão da empresa. Decorrido o processo de secagem, foi realizada a avaliação visual das peças com apoio do manual de classificação visual como podemos observar na Figura 4.

FIGURA 4 – Defeitos originados durante a secagem de madeira.



Fonte: Manual de classificação visual.

2.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

2.3.1 Resultados da classificação

Ao final do processo de secagem foram classificadas um total de 900 peças, na classificação adotou-se o critério padrão da empresa, onde foram avaliados, encanoamento, encurvamento, empenamento, e torção como demonstram os valores nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, em números reais e proporcionais por defeito avaliado.

As variações, dos resultados encontrados foram confirmadas, através da realização da análise de variância confirmando que não há diferenças significativas entre as quantidades de peças identificadas para cada tipo de defeito.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram o aparecimento de defeitos descritos por Martins, (1988) onde o autor relata que existem cinco formas de empenamento causados por forças de contração da madeira ao secar.

Jankowsky, (2000) descreve que defeitos de secagem decorrem, principalmente pela falta de cuidado no empilhamento e da ocorrência de tensões internas durante a secagem, o que foi também observado neste estudo mesmo com

o empilhamento de forma ordenado da orientação dos anéis de crescimento e o máximo de atenção na confecção dos blocos.

O encanoamento foi observado principalmente em peças de corte tangencial e em peças com a presença de cerne e alburno. Klitzke, (2013) relatou que a maior alteração dimensional se manifesta primeiro no sentido tangencial.

O empenamento, segundo maior defeito encontrado geralmente é ocasionado pela falta de cuidado no empilhamento como e relatado por Jankowsky (2013).

TABELA 1 – Defeito: Encanoamento.

Tratamentos	Nº Peças	Percentual
T1	153 a	51,0%
T2	153 a	51,0%
T3	154 a	51,3%
Médias (T2 e T3)	153,5	51,1%

Fonte: o autor.

Legenda: T1: Aleatório; T2: Ordenamento ascendente e T3: Ordenamento descendente

TABELA 2 – Defeito: Empenamento.

Tratamentos	Nº Peças	Percentual
T1	74 b	24,7%
T2	73 b	24,3%
T3	72 b	24,0%
Médias (T2 e T3)	73,0	24,3%

Fonte: o autor.

Legenda: T1: Aleatório; T2: Ordenamento ascendente e T3: Ordenamento descendente

TABELA 3 – Defeito: Encurvamento.

Tratamentos	Nº Peças	Percentual
T1	13 c	4,3%
T2	15 c	5,0%
T3	14 c	4,7%
Médias (T2 e T3)	14,5	4,7%

Fonte: o autor.

Legenda: T1: Aleatório; T2: Ordenamento ascendente e T3: Ordenamento descendente

Como observado por Pfeil e Pfeil, (2013) o encurvamento ou empenamento longitudinal das bordas das peças, foi observado em inúmeras peças que também possuíam a presença de lenho juvenil e tardio.

TABELA 4 – Defeito: Torção.

Tratamentos	Nº Peças	Percentual
T1	39 d	13,0%
T2	37 d	12,3%
T3	39 d	13,0%
Médias (T2 e T3)	38,3	12,8%

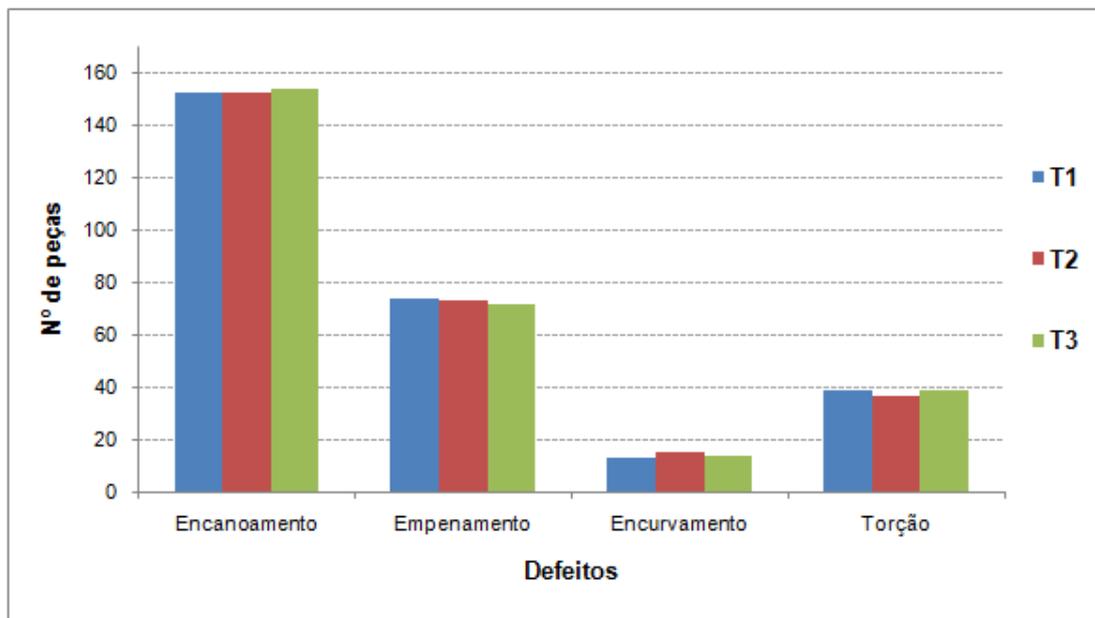
Fonte: o autor.

Legenda: T1: Aleatório; T2: Ordenamento ascendente e T3: Ordenamento descendente

A torção ou torcimento pode ser explicada pela soma de fatores como presença de lenho de reação, juvenil, forma da grã que provocam contrações diferenciadas nas peças como descrevem Santine, (1992) e Jankpwsky, (2013).

A Figura 5, gráfico gerado pelos dados obtidos na classificação das peças demonstra a variação dos resultados.

FIGURA 5 - Gráfico do Comparativo de Classificação dos Tratamentos.



Fonte: Autor.

Na Figura 6 podemos observar o comparativo das médias da classificação final das peças avaliadas no presente estudo.

TABELA 5 – Comparativo de médias da classificação

CLASSIFICAÇÃO	QTDE Nº REAIS			PERCENTUAL		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Aceitáveis	279	278	279	93,0%	92,7%	93,0%
Rejeitadas	21	22	21	7,0%	7,3%	7,0%
Total de Peças	300	300	300	100%	100%	100%

Fonte: o autor.

Legenda: T1: Aleatório; T2: Ordenamento ascendente e T3: Ordenamento descendente

2.3.2 Avaliações de defeitos.

Os defeitos encontrados na classificação foram os que comumente ocorrem nos processos de secagem convencional, como empenamentos, encanoamentos, encurvamento e torções.

Muitas peças apresentaram mais de um dos defeitos acima relacionados, sendo classificadas pelo defeito de maior expressão na peça. Como podemos observar na Figura 6.

FIGURA 6 – Exemplo de defeitos observados após secagem.



Fonte: Autor.

Legenda: A) Encanoamento; B) Empenamento; C) Encurvamento; D) Torção.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas medidas do plano de corte realizado pela empresa onde foi realizado o estudo não permitiram a realização do empilhamento proposto. Por este motivo foi selecionada a medida utilizada a qual permitiu que pudesse ser realizado o empilhamento de forma ordenada da orientação dos anéis de crescimento para a secagem convencional.

A qualidade final das peças de madeira com o empilhamento ordenado da orientação dos anéis de crescimento manteve-se em níveis muito próximos das peças com empilhamento aleatório dos anéis de crescimento com variação máxima de 0,3%.

No presente estudo não foi possível identificar a influência do posicionamento ordenado dos anéis de crescimento na eficiência da secagem no quesito ocorrências de defeitos que pudessem determinar uma possível alteração das técnicas de empilhamento das peças para secagem convencional de madeira serrada de *Pinus* sp.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.; JANKOWSKY, I. P.; DUCATTI, M. A. Grupamento de madeiras para secagem convencional. **Scientia Forestalis**, n. 59, p.89-99, jun. 2001.

CALIL JR, C.; OKIMOTO, F. S.; PFISTER, G. M. **Manual de classificação visual**. São Carlos. USP, 1998.

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para a secagem de madeiras. In: seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria. 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995.

JANKOWSKY, I. P. **Melhorando a eficiência dos secadores para madeira serrada**. 191. ed. Piracicaba: Ipef, 2000.

JANKOWSKY, I. P.; GALINA, I. C. **Curso técnico secagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 2013.

KLITZKE, R. J. **Curso de secagem da madeira: secagem da madeira**. 2013. Disponível em: <www.passeidireto.com/arquivo/22619690/secagem-madeira-ricardo-klitzke>. Acesso em: 18, maio 2018.

MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: LBDF/DPq, 1988.

MUNIZ, G. I. B. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii Engelm.* e *Pinus taeda L.*** 1993. 252 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

OLIVEIRA, L. J. G. G. **Secagem convencional de madeira serrada de *Pinus taeda L.* buscando atender a indústria moveleira do sul do Brasil**. 2014. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2014.

PEREIRA, J. C. D.; TOMASELLI, I. A influência do desbaste na qualidade da madeira de *Pinus elliottii engelm var. elliottii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49.

PFEIL, W.; PFEIL, M.. **Estruturas da madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea var. hondurensis* aos 8 anos de idade. **Scientia Forestalis**, v. 1, n. 48/49, p.131-141, dez. 1995. Semestral.

SANTINI, E. J.. Métodos de secagem de madeira. In: Seminário sobre secagem de madeira, 1., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/ CEPEF/FATEC, 1992.

SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, v. 1, n. 10, p.85-93, 2000. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v10n1/art6v10n1.pdf>>. Acesso em: 19, maio 2018.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Estimativas de propriedades da madeira de *Pinus taeda* através do método não destrutivo emissão de ondas de tensão, visando a geração de produtos de alto valor agregado**. 2005. 163 f. TCC (Graduação) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.