

---

EFEITO DA SECAGEM A 100°C  
EM MEMBRANAS DE PONTOAÇÕES  
DE *Pinus taeda* L.

---

CARLOS EDUARDO CAMARGO DE  
ALBUQUERQUE  
Professor Assistente, M.Sc., DPF-IF-UFRRJ

R E S U M O

Este trabalho objetivou a verificação do efeito da secagem à temperatura de 100°C nas membranas de pontoações de *Pinus taeda* L., o que pode alterar a permeabilidade da madeira. Foram confeccionados blocos de madeira nas dimensões de 2,0 x 2,0 x 2,5 cm que, depois de secos à temperatura ambiente e em estufa a 100°C, foram submetidos a cortes anatômicos orientados, com o objetivo de avaliar o efeito da alta temperatura nas membranas de pontoações. Foi observado que, com a temperatura de 100°C, houve uma maior incidência de membranas de pontoações rompidas, o que pode aumentar a permeabilidade da madeira. A secagem a temperatura ambiente também apresentou rompimentos de membranas, mas de forma reduzida e localizada e, além disso, observou-se a presença de amido nas respectivas amostras.

**Palavras-chaves:** secagem; pontoações; membranas de pontoações.

A B S T R A C T

DRYING EFFECT, AT 100°C, ON *Pinus*  
*taeda* L. PIT MEMBRANES

This work has the purpose to verify the wood drying effects, at 100°C, on pit membranes of *Pinus taeda* L., which can modify the wood permeability. Wood blocks were made at 2,0 x 2,0 x 2,5 cm dimensions. After room and 100°C temperatures' drying, oriented anatomical cuts were carried out to analyse the high temperature effects on pit membranes. The drying at 100°C presented an increase of damage of pit membranes. Consequently, the wood permeability can. Moreover, the wood drying at room temperature presented a few and restricted damaged pit membranes. It was observed the starch presence in the respective samples at room temperature's drying.

**Key words:** drying; pit; pit membranes.

## INTRODUÇÃO

A madeira industrializada deve receber uma atenção mais cuidadosa quanto aos processos de secagem, assim como, se for o caso, aos de preservação. Desta forma, a permeabilidade da madeira se torna um fator importante. BAO et al (1986), destacaram a importância da permeabilidade em diversos processos, onde se introduzem e removem fluídos nos tratamentos preservativos, assim como nos processos de secagem.

FENGEL & WEGENER (1989), LISBÔA & CORADIN (1991), SIAU (1984), apresentam detalhadamente a estrutura e ultraestrutura das pontoações, tanto em coníferas como em folhosas.

SIAU (1984), detalha o mecanismo de aspiração da pontoação, que normalmente ocorrem nos processos de secagem, além disso, discute os fatores que contribuem para a ocorrência da aspiração.

LISBÔA & CORADIN (1991), destacam a importância do raio capilar, do tamanho e da forma da abertura da pontoação, na magnitude das forças que atuam no torus.

CHIMELO (1989), afirma a importância dos traqueídeos, por meio de seus respectivos lúmens, os quais se sobrepõem, apresentando pontoações areoladas na sobreposição, que permitem a comunicação entre os traqueídeos adjacentes longitudinais, constituindo o caminho principal dos fluídos nas gimnospermas.

A importância da presença de traqueídeos em coníferas é de singular importância, já que os traqueídeos longitudinais correspondem a mais de 90% do volume total da madeira (PANSIN e ZEEUW, 1980) e, segundo KOLLMANN & CÔTÉ (1984), podem corresponder a 95% em algumas espécies.

Os traqueídeos longitudinais de lenho tardio,

segundo SIAU (1971), possuem pontoações areoladas menores e em menor número em relação aos do lenho inicial. Contudo, de acordo com LIESE & BAUCH (1967), o torus e o margo das pontoações do lenho inicial, normalmente possuem uma área superior, mas apresentam espessuras mais delgadas do que as do lenho tardio, ou seja, o margo do lenho inicial possui rigidez inferior, resultando numa menor resistência à aspiração, provocada pela tensão capilar que ocorre durante os processos de secagem.

O modelo de Comstock (1970), citado por SIAU (1971, 1984), consiste no fluxo de fluídos nas coníferas ocorrer essencialmente pelos traqueídeos interconectados por pares de pontoações areoladas. Como as aberturas das pontoações são diametralmente muito reduzidas, em comparação com os lúmens, a permeabilidade é determinada pelo número e condições destas aberturas.

É evidente que ambas as permeabilidades, longitudinal e tangencial, são elevadas através do número relativo de pares de pontoações areoladas em paralelo por unidade de área, em seção transversal perpendicular à direção do fluxo, e são reduzidas pelo número em séries por unidade de comprimento na direção do fluxo (SIAU, 1984).

Fica claro, baseado no modelo de Comstock, que a direção do fluxo será na direção tangencial, por causa dos traqueídeos serem afilados ao longo das superfícies radiais (SIAU, 1984).

A direção do fluxo nos sistemas de transporte é regulado, normalmente, pela demanda. Se a pressão reduz numa extremidade receptora, o fluxo intensifica. Floema ou xilema, sob efeito de injúrias, podem ser drenados por exudação, mas há mecanismos que podem vedar o sistema injuriado (ZIMMERMANN, 1983).

Pressões do xilema estão raramente acima da pressão atmosférica e, na sua grande parte estão, comumente, abaixo dela. No caso de uma injúria sofrida enquanto pressões se

encontram inferiores a da atmosfera, a injúria não funciona como um escoadouro, e sim, como fonte. Ou seja, o ar entra no xilema, deslocando o líquido até a interface ar-água ter alcançado uma membrana úmida, chamada de parede traqueal, onde seu movimento é paralisado, automaticamente, pela tensão superficial da água. As plantas, entretanto, tem evoluído meios secundários de selagem dos vasos cheio de ar com gomas (carboidratos) ou células vivas (tiloses) (ZIMMERMANN, 1983).

Quando um traqueídeo é injuriado, seu lúmen é preenchido com ar a pressão ambiente (+ 1atm). A pressão nos traqueídeos vizinhos contendo água, intactos, pode ainda ser negativo e, portanto, uma considerável baixa de pressão existe através das membranas das pontoações. Seus torus são então puxados de encontro as bordas das pontoações dos traqueídeos vizinhos contendo água. O traqueídeo cheio de ar é, desta maneira, selado inteiramente do traqueídeo conduzindo água, não somente por capilaridade mas, também, pela ação de válvula do torus (ZIMMERMANN, 1983).

Com relação a permeabilidade, em madeiras de *Abies concolor* (White fir) e *Populus* (Aspen), a secagem em estufa causou algum dano no núcleo da madeira, ao ponto de ocasionar uma alta e anormal permeabilidade. Alguns valores de alta permeabilidade ocorreram em núcleos de madeiras secas em estufas, devido a presença de rupturas nos torus aspirados (WARD, 1986).

ALBUQUERQUE & MANHÃES (1995), em um estudo de permeabilidade de *Pinus caribaea*, verificaram, em valores médios, uma excessiva e anormal alta de permeabilidade, no grupo de amostras submetidas a secagem em estufa a 103°C, em comparação ao grupo que se submeteu à secagem ao ar. É de se ressaltar que a citada secagem em estufa se procedeu por um período longo, cerca de 24 horas. Concluíram neste trabalho, que o aumento verificado na permeabilidade, em contradição ao que ocorre com a aspiração de pontoações,

provavelmente foi ocasionado por danificação nos torus das pontoações, nas amostras submetidas às condições de alta temperatura e longo tempo de exposição a ela. Foi sugerido novos estudos a fim de analisar de forma mais precisa tal efeito.

O presente trabalho, objetivou analisar o efeito da secagem a 100°C, em período curto de 4 horas, na estrutura das membranas de pontoações em amostras de madeira juvenil de *Pinus taeda* L.

## MATERIAL E MÉTODOS

A espécie utilizada foi o *Pinus taeda* L., proveniente de plantios silviculturais homogêneos no Estado do Paraná, com idade aproximada de 10 anos, conforme contagem visual dos anéis de crescimento. O preparo do material em blocos de madeira, os cortes anatômicos e a secagem foram realizados, respectivamente, na marcenaria, Laboratório de Anatomia e Laboratório de Painéis de Madeira da Escola de Florestas da UFPR. Enquanto que o preparo por metalização, e as observações na microscopia eletrônica, foram realizados no Centro de Microscopia Eletônica da UFPR e no Laboratório Central de Pesquisa e Desenvolvimento (LAC), respectivamente.

Após a seleção do disco a ser utilizado, correspondente a altura de DAP, foram confeccionados pequenos blocos a partir da referida peça, em posição correspondente ao quinto anel de crescimento a partir da medula. Os blocos foram confeccionados em formato de paralelepípedo, nas dimensões aproximadas de 2,5 cm de comprimento, e apresentando uma seção perpendicular quadrada com 2 cm de aresta (Figura 1).

Posteriormente, os blocos já confeccionados e selecionados foram separados em grupos, para serem levados à secagem nas condições de temperatura ambiente e de 100°C. Com relação à secagem à temperatura ambiente, a operação foi realizada em câmara climatizada

a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e 60% de umidade relativa, até o material lenhoso alcançar a umidade de equilíbrio. Para secagem a  $100^\circ\text{C}$ , empregou-se uma estufa de laboratório de temperatura controlada, por um período de 4 horas, e após este período de tempo, as amostras foram conduzidas para a supra citada câmara de climatização.

Após a climatização, foram realizados os cortes anatômicos, após orientação dos blocos nos planos ortogonais radial e tangencial, com o auxílio de um micrótomo de deslizamento. Desta forma, foram confeccionados 5 cortes para cada plano, e 5 cortes para cada tipo de microscopia em cada bloco, totalizando 25 cortes por bloco. Os cortes para microscopia óptica foram confeccionados com  $30\mu$  de espessura e, para a microscopia eletrônica de varredura, com espessuras de  $40\mu$  e  $80\mu$ .

Com o desenrolar da operação de cortes anatômicos, os mesmos, logo após sua confecção, foram acondicionados em placas de petri com álcool a 30%, a fim de não sofrerem ataque de fungos. Nesta fase de obtenção dos cortes, não foi utilizado tratamento preliminar algum, para não alterar a estrutura e a ultraestrutura do material em estudo após a secagem previamente realizada.

O procedimento empregado para os cortes destinados a microscopia óptica consistiu de:

- Retirada do álcool a 30% das placas;
- Aplicação do método de tripla coloração para tingimento das seções, com corante acridina e crisoidina vermelha (0,5% + 0,5%) em solução aquosa, para coloração da parede lignificada, em quantidade suficiente para cobrir os cortes no interior das placas, durante 20 minutos;
- Retirada do corante com água, até a não liberação de cor alguma pelos cortes;
- Adição do terceiro corante, o azul de astra

(1%), cuja função consiste na coloração da parede celulósica, pelo período de 20 minutos;

- Desidratação dos cortes em série alcoólica ascendente (30%, 50%, 70%, 90% e álcool absoluto);
- Adição de acetato e álcool na proporção de 1:3, 1:1, 3:1 e acetato definitivo.

O procedimento empregado para os cortes destinados a microscopia eletrônica de varredura consistiu de:

- Retirada do álcool a 30% das placas;
- Adição de água até atingir a descoloração dos cortes;
- Desidratação em série alcoólica ascendente (30%, 50%, 70%, 90% e álcool absoluto);
- Secagem dos cortes em papel absorvente e posterior armazenagem;
- Montagem dos suportes e posterior armazenagem em recipiente com sílica gel;
- Metalização dos suportes e armazenagem até a observação microeletrônica;
- A montagem dos cortes para a microscopia eletrônica foi realizada com o auxílio de uma lupa e um microscópio, nos quais foram observados as áreas de pontuação. As áreas selecionadas foram cortadas com gilete e montadas em suportes adequados, totalizando 3 suportes, cada um contendo 2 cortes tangenciais e 2 radiais. Os cortes foram armazenados em um recipiente plástico fechado, com sílica gel para evitar a reabsorção de umidade por parte dos cortes, e com isopor para a fixação dos suportes. Estes suportes foram submetidos a um processo metalização, retornando para o recipiente fechado até o momento da realização das

observações e das fotografias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostras estudadas foram obtidas de lenho juvenil, obtendo-se os cortes de lenho inicial.

Nos testes realizados com temperatura de secagem a 100°C, verificou-se a presença acentuada de aspirações de pontoações e, além disso, foi observado, também, a ocorrência de rompimento nas membranas de parte dessas pontoações aspiradas.

A aspiração das pontoações se deve pela ocorrência de diferenças de pressão de vapor da superfície ao interior da madeira, devido à perda rápida de umidade pelas condições de secagem. Contudo, devido às forças exercidas, em decorrência das diferenças nas pressões internas na madeira, e pela redução da resistência mecânica das membranas das pontoações, devido à elevada temperatura, proporcionaram condições suficientes para a ocorrência de rompimento de parte das membranas aspiradas.

A Figura 2, com uma visão geral e destaque de uma das pontoações, apresenta aspectos no corte radial, campo de cruzamento, após a secagem a 100°C de temperatura, onde se observou, claramente, aspiração generalizada de pontoações, assim como o rompimento de várias membranas

A análise de microscopia eletrônica do material, seco a 100°C, revelou um efeito generalizado de aspirações das pontoações. Além disso, mostrou também uma incidência elevada de rompimentos de membranas de pontoações, efeito observado claramente nas imagens dos cortes radiais. Com a presença destes rompimentos, é possível supor, de modo geral, que há um aumento na permeabilidade da madeira, em comparação com aquelas que

apresentam simplesmente aspirações generalizadas, ou presença de rompimentos diminutos, existentes provavelmente na secagem ao ar livre.

Outrossim, é de se ressaltar que, com o prolongamento do período de exposição da madeira a alta temperatura, as membranas poderão sofrer um início de degradação térmica.

Foram realizados os mesmos testes, envolvendo material após secagem, à temperatura ambiente, em câmara climatizada. Desta forma, foi possível observar que, mesmo à temperatura ambiente, houve incidência de aspiração de pontoações, assim como de pontoações não aspiradas (Figura 3). Outrossim, observou-se também a presença, embora em quantidade reduzida, de rompimentos de pontoações no campo de cruzamento (Figura 3). Além do fato da madeira estudada ser correspondente ao lenho juvenil e inicial, que proporciona membranas menos rígidas, talvez seja possível que a secagem tenha ocasionado um diferencial de pressão acentuado, devido à presença de raios próximo à superfície, de onde foram retirados os cortes anatômicos. Desta forma, poderia contribuir para o aparecimento dos rompimentos observados, o que não foi verificado fora do campo de cruzamento (Figura 3). Este

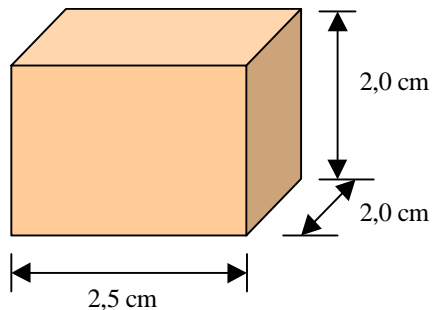


Figura 1. Figura esquemática apresentando forma e dimensões dos blocos confeccionados para os testes de secagem, e posterior feitura de cortes anatômicos.

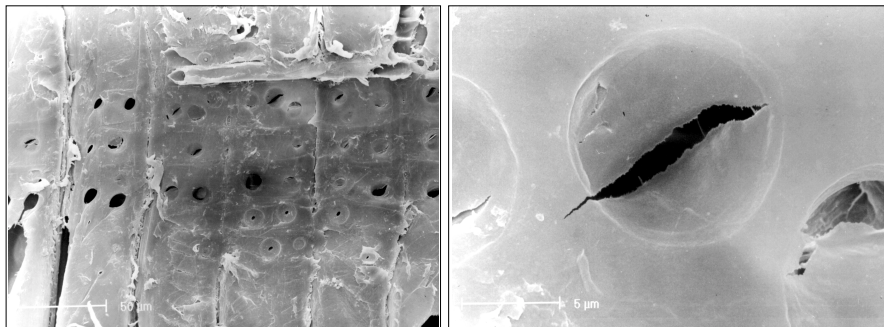


Figura 2. Aspecto geral das pontoações e destacando o rompimento de membrana, em corte radial, no campo de cruzamento, após secagem a 100°C.

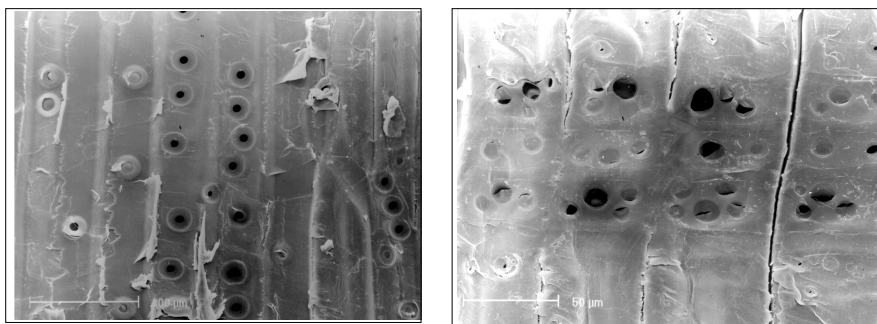


Figura 3. Pontoações aspiradas e não aspiradas observadas em corte radial, fora do campo de cruzamento (imagem à esquerda), e pontoações aspiradas com presença de rompimento de membrana, no campo de cruzamento (imagem à direita), após secagem à temperatura ambiente.



Figura 4. Rompimento da membrana de pontoação, observado em corte radial, no campo de cruzamento, após secagem à temperatura ambiente.

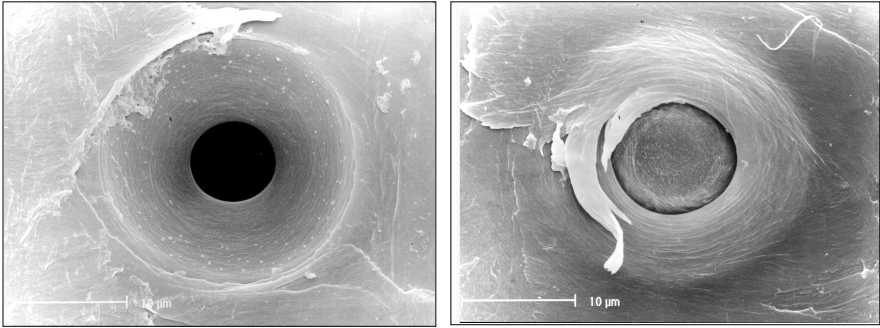


Figura 5 . Aspecto de pontuação areolada aspirada e não aspirada, em corte radial, após secagem à temperatura ambiente.

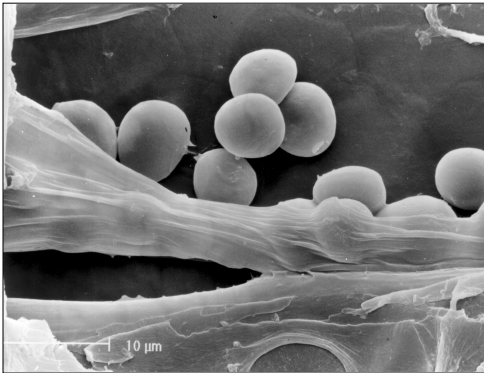


Figura 6 . Presença de amido em amostras após secagem à temperatura ambiente.

resultado deve ser investigado com testes mais específicos. Por conseguinte, a permeabilidade será condizente com um material apresentando uma porção considerável de aspirações, assim como de pontuações não aspiradas, e uma reduzida e localizada presença de rompimentos de membranas.

A Figura 4 apresenta um rompimento em secagem à temperatura ambiente, ocorrida no campo de cruzamento, mostrando-se com drasticidade reduzida em comparação às

ocorridas em secagem a 100°C.

A Figura 5 apresenta pontuação areolada aspirada e não aspirada, de ocorrência predominante na secagem à temperatura ambiente.

Também foi observado a presença de amido nos tecidos celulares, o que pode predispor a madeira ao ataque de agentes bióticos (Figura 6).

Nos testes realizados à temperatura ambiente, as amostras empregadas foram de dimensões reduzidas, que atingiram o equilíbrio de umidade com o ambiente no período aproximado de 20 dias em câmara climatizada. A madeira de pinus não é considerada resistente ao desenvolvimento de fungos e, além disso, a espécie estudada apresentou amido em seus tecidos (Figura 9), o que predispõe ainda mais a madeira. Por conseguinte, no caso de uma serraria, onde pranchões e tábuas necessitam de alguns meses para a secagem ao ar livre, a madeira se expõe seriamente ao ataque de microorganismos de modo geral, entre outros problemas prováveis e possíveis. Dependendo da espécie e do objetivo de utilização desta madeira, o ataque pode inviabilizar a comercialização desta, podendo alterar inúmeras características da madeira atacada.

## CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

- A secagem à temperatura ambiente foi suficiente para provocar aspiração de pontoações e rompimentos em membranas de pontoações, embora em quantidade reduzida e localizada. Além disso, verificou-se a presença de amido.
- A secagem a 100°C apresentou elevada incidência de rompimentos das membranas das pontoações, pois contribui para reduzir a resistência mecânica dos tecidos;
- O rompimento generalizado das membranas provavelmente aumenta a permeabilidade da madeira, e conseqüentemente, facilita a secagem a alta temperatura.

## SUGESTÕES

- Condução de novos testes empregando-se temperaturas ainda mais elevadas;
- Novos testes, determinando uma faixa com diversos períodos de tempo de exposição às altas temperaturas, a fim de verificar o início da degradação térmica das membranas;
- Novos testes, objetivando a verificação comparativa de resultados do campo de cruzamento, das regiões próximas à superfície com as regiões internas da madeira;
- Comparação mais detalhada dos resultados dos campos de cruzamento com as regiões fora deste campo.

## LITERATURA CITADA

ALBUQUERQUE, C. E. C. & MANHÃES, J. E. N. Estudo de permeabilidade ao ar em amostras de *Pinus caribaea* Dougl. em

habitat sob atuação de queimadas periódicas na relva, *Revista Floresta e Ambiente*, Seropédica, RJ, v.2, n.2, p.31-37, 1995.

BAO, F., SIAU, J. F., AVRAMIDIS, S. Permeability and capillary structure of chinese woods. *Wood and fiber science*, Madison, v.18, n.2, p.220-227, abr. 1986.

CHIMELO, J. P. Anatomia da madeira. In: LEPAGE, E. S. et al. *Manual de preservação de madeiras*. 2ed. São Paulo: IPT, 1989. cap.3, p.41-67.

FENGEL, D. & WEGENER, G. *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions*. 2.ed. Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 2ed. 613p.

KOLLMANN, F. F. P., CÔTÉ, W. A. *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer-Verlag, 1984. v.1. 2ed. 592p.

LIESE, W. & BAUCH, J. On the closure of bordered pits in conifers. *Wood science and technology*, New York, v.1, n.1, p.1-13, 1967.

LISBÔA, C. D. J. & CORADIN, V. T. R. Aspiração de pontoações. *LPF – Série Técnica*, Brasília, n.19, 16p., 1991.

PANSHIN, A. J. & ZEEUW, C. de. *Textbook of wood technology*. Nova York: McGraw-Hill, 1980. 4ª ed. 722 p.

SIAU, J. F. *Flow in wood*. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. 131p.

SIAU, J. F. *Transport processes in wood*. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 245p.

WARD, J. C. The effect of wetwood on lumber drying times and rates: an exploratory evaluation with longitudinal gas permeability. *Wood and fiber science*, Madison, v.18, n.2, p.288-307, abr. 1986.

ZIMMERMANN, M. H. *Xylem structure and the ascent of sap*. Berlin: Springer-Verlag, 1983. 143p.