

**ESTUDO DE PERMEABILIDADE AO AR
EM AMOSTRAS DE *Pinus caribaea* Dougl. EM
HABITAT SOB ATUAÇÃO DE QUEIMADAS
PERIÓDICAS NA RELVA**

CARLOS EDUARDO CAMARGO DE ALBUQUERQUE
Esp., Prof. Auxiliar, DPF - IF - UFRRJ
JOÃO EDUARDO DAS NEVES MANHÃES
M.Sc., Prof. Adjunto, DPF - IF - UFRRJ

RESUMO

Este trabalho objetiva verificar os resultados obtidos em experimento de determinação de permeabilidade ao ar, pelo método de deslocamento de coluna d'água (Falling-Water Displacement Method) em amostras de madeira de *Pinus caribaea* Dougl. afetadas por queimadas periódicas na relva, sob as condições de secas ao ar e em estufa.

Uma dispersão relativamente grande nos dados obtidos de permeabilidade foi verificado, tanto em amostras sob a condição de secas ao ar como nas de secas em estufa. Entretanto, sob a condição de secas em estufa, as amostras apresentaram uma maior permeabilidade ao ar.

A provável presença de pontuações aspiradas, torus danificados, a razão entre lenho tardio e inicial, com a presença de irregulares anéis de lenho tardio, provavelmente, influenciaram esses resultados.

Palavras-chave: Permeabilidade; Permeabilidade ao ar.

ABSTRACT

This paper verifies the experiment's results about gas permeability subject to falling-water displacement method in creeping fire affected wood samples of *Pinus caribaea* Dougl. under air-dry and oven-dry conditions.

The relative great range at permeability data was verified in samples under air-dry and oven-dry experiments. However, the last ones presented greater permeability data.

The probable presence of aspirated bordered pit-pair, torus' failure and irregular late wood probably influenced these results.

Key-word: Permeability, gas-permeability, fire affected wood.

INTRODUÇÃO

A permeabilidade na madeira tem recebido uma crescente atenção pela indústria madeireira pois, sem dúvida, este é um dado técnico de relevada importância. De acordo com ERICKSON & ESTEP (1962), a adequabilidade da madeira para usos comerciais e processos de tratamento, que envolvem penetração de líquidos, depende da permeabilidade na madeira. Segundo BAO, SIAU & AVRAMIDIS (1986), a permeabilidade é de grande importância em vários processos, tais como: utilização da madeira onde fluidos são introduzidos ou removidos, em tratamentos de preservação e em processos de secagem.

Em virtude da pressão ecológica e ao escaqueamento da matéria-prima nativa, começa haver uma crescente utilização de madeira proveniente dos plantios homogêneos. O setor moveleiro já utiliza a madeira proveniente dos plantios homogêneos de pinus e, segundo a Revista IM Móveis & Tecnologia (1994), surge um grande interesse e uma grande potencialidade pela madeira oriunda dos plantios de eucaliptos, sendo considerada como uma ótima alternativa para a indústria moveleira. Além disso, um novo horizonte se abre na utilização de madeira preservada de pinus e eucalipto pela construção civil, principalmente para solucionar o problema habitacional do país, com a construção de casas populares, o que foi destacado pela Revista Silvicultura (1994), Revista da Madeira (1994) e Madeira & Cia (1994). Tais usos, necessitará maiores cuidados em vários procedimentos, entre eles, secagem e preservação, onde a permeabilidade na madeira é um dado essencial.

Este trabalho tem por objetivo, apresentar os resultados obtidos em um teste de permeabilidade ao ar, pelo método de deslocamento de coluna d'água (Falling-Water Displacement Method), segundo SIAU² (1971), em amostras retiradas de um espécime de *Pinus caribaea* Dougl., oriundo do campus da UFRRJ onde ocorrem periódicas queimadas na relva, submetidas à dois tratamentos: secas ao ar e em estufa à 103 2°C.

REVISÃO DE LITERATURA

O caminho principal dos fluidos nas gimnospermas, de acordo com CHIMELO (1989), é efetuado pelo comprimento dos traqueídeos, através de seus respectivos lúmens, ultrapassando suas extremidades, as quais se sobrepõem, por meio de pontuações areoladas, que permitem a comunicação entre os traqueídeos adjacentes no sentido longitudinal.

A presença de traqueídeos em coníferas é de fundamental importância pois, segundo PANSIN & ZEEUW (1980), somente dois tipos de células ocorrem em todas as coníferas, sendo os traqueídeos longitudinais os mais importantes, porque estes correspondem a mais de 90% do volume total da madeira e, em algumas espécies de coníferas, conforme CÔTÉ (1984), podem chegar a corresponder 95%.

De acordo com CHIMELO (1989), as coníferas apresentam lenho inicial e tardio, sendo que o primeiro, apresenta células com paredes delgadas, diâmetro maior e comprimento menor que o lenho tardio. Nas regiões de clima tropical, onde não há estações bem definidas, os anéis que se formam no caule podem não corresponder aos períodos anuais de crescimento, como pode ocorrer o aparecimento de mais de um anel de crescimento durante o ano. Além disso, SIAU¹ (1971), afirma que os traqueídeos longitudinais de lenho tardio possuem pontuações areoladas menores e em menor número do que em traqueídeos de lenho inicial, o qual apresenta de 50 a 300 pontuações por traqueídeo. LIESE E BAUCH (1967), verificaram que o torus e o marco das pontuações de lenho inicial, normalmente, são maiores em área, mas suas espessuras são mais delgadas que as de lenho tardio, portanto, o marco em lenho inicial possui menor rigidez e, conseqüentemente, oferece menos resistência à aspiração, provocada pela tensão capilar que ocorre durante os processos de secagem.

TIEMANN (1910), citado por ERICKSON (1970), trabalhando com madeira seca, obteve uma permeabilidade maior no lenho inicial de *Pinus taeda*, da mesma forma que BAILEY¹, citado por KOCH (1972), em relação a *Pinus elliottii*. Por conseguinte, apesar do lenho inicial sofrer mais aspirações de pontuações, sua permeabilidade ao ar

continua sendo maior do que em lenho tardio.

FOGG & CHOONG (1989) verificaram que madeira de folhosas e coníferas apresentam permeabilidade longitudinal ao ar constante, até um valor mínimo de comprimento da amostra onde, abaixo deste valor, a permeabilidade aumenta bastante, e foi verificado um valor mínimo em torno de 1,9 cm para folhosas, em coníferas com valores de 1 cm para *Pinus taeda* L., 2 cm para *Pinus sylvestris* L. e *Picea abies* (L.) Karst. Tal fato é devido, em parte, ao comprimento de células tais como vasos e traqueídeos. Entretanto, um fator que dificulta a permeabilidade em coníferas é a ocorrência de pontuações aspiradas, comum nas madeiras submetidas em processos de secagem. De acordo com WARD (1986), secagem realizada em estufa pode ocasionar rupturas internas, principalmente nos torus das pontuações aspiradas, o que pode acarretar uma alta permeabilidade, considerada anormal.

A permeabilidade, conforme SIAU² (1971), segue a lei de Darcy, a qual estabelece que permeabilidade é igual ao fluxo dividido pelo gradiente de pressão. Uma técnica para medir altas permeabilidades, em amostras de madeira, é o método de deslocamento de coluna d'água (Falling-Water Displacement Method).

Com relação ao fogo, a ocorrência de queimadas é comum em certos habitats e, de acordo com Soares (1990), as florestas de pinheiros no México e América Central, onde nesta última região a espécie *Pinus caribaea* Dougl. é de grande importância, se adaptaram à periódica ação do fogo, apresentando melhor regeneração natural sob estas condições, as quais limitam a regeneração e desenvolvimento de folhosas. Ocorrência semelhante acontece com a vegetação de cerrado no Brasil. É importante ressaltar que, a atuação de forma mais demorada e intensa do fogo pode ocasionar danos, até letais, para estas coníferas.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

- Duas mangueiras de borracha com 1m de comprimento cada.
- Dois registros.
- Um cronômetro.

Ano 2 - 1995

- Uma estufa retilínea regulada para 103°C.
- Um recipiente de boca larga com 5 litros de capacidade.
- Um tubo de vidro com 100cm de comprimento e 3,79 cm de diâmetro interno.
- Sessenta amostras de *Pinus caribaea* Dougl. com 5cm de comprimento e 1cm² de seção transversal, sendo 30 secas ao ar e 30 secas em estufa à 103°C.

MÉTODOS

As amostras tiveram origem em um espécime de *Pinus caribaea* Dougl. com, aproximadamente, 7 anos, com 16cm de diâmetro (sem casca) à altura do peito, e 14,30m de altura, localizada no campus da UFRRJ, em local de ocorrência de periódicas queimadas na relva. Este espécime foi cortado rente ao solo e, na posição correspondente à altura do peito (1,30m), foram retirados 5 discos do fuste, e deixados em secagem ao ar por longo tempo (1 mês). Após este período, os discos foram submetidos à operação de confecção das amostras, as quais possuíam 5cm de comprimento e 1cm² de área na seção transversal quadrada. Na confecção das amostras, foram desprezados a medula e casca. Após estarem prontas as amostras, foram estas misturadas e, por sorteio, separadas sessenta delas, e novamente por sorteio, divididas em duas porções de trinta amostras cada, que correspondem aos dois tratamentos, ou seja, secas ao ar e a porção que foi submetida à estufa sob 103°C por período longo, acima de 24h.

O equipamento montado para verificação da permeabilidade das amostras, consta de um tubo de vidro com 1,00m de comprimento, aberto em suas duas extremidades, com diâmetro interno de 3,79cm, colocado na posição vertical, com a extremidade inferior dentro de um becker cheio de água. A extremidade superior é fechada com uma rolha de borracha, e, nesta, inseridos dois registros ligados a um tubo de borracha cada, sendo um ligado a um vácuo e o outro ligado à amostra de madeira. Com o vácuo, eleva-se a coluna d'água até uma marca superior determinada, neste ponto, é aberto o registro ligado à amostra e, ao mesmo tempo,

aciona-se o cronômetro, quando é medido o tempo decorrido para que a coluna d'água baixe 10cm no tubo (Figura 1).

O experimento visa unicamente verificar a permeabilidade longitudinal, portanto, as amostras têm suas superfícies laterais isoladas com adesivo à base de borracha de silicone.

O cálculo da permeabilidade é realizado segundo fórmulas relativas ao método utilizado (Figura 2).

Sendo:

A -> área da seção perpendicular à direção de circulação da amostra em cm².

C -> fator de correção.

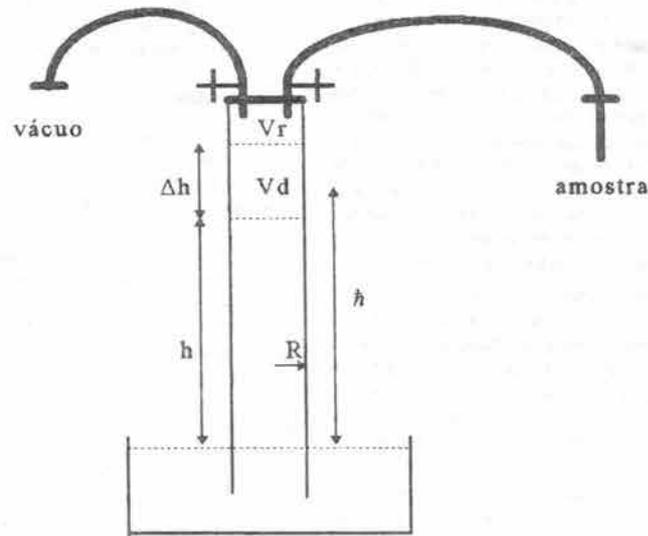


Figura 1: equipamento de teste de permeabilidade.

$$k_g = \frac{152 V.C.L(Pa - h/13,6)}{t.A(h/13,6)(2Pa - h/13,6)} \quad C = 1 + \frac{V_r(\Delta h/13,6)}{V(Pa - h/13,6)}$$

$$V = \pi R^2 \Delta h$$

Figura 2: Fórmulas para o cálculo da permeabilidade

- h -> altura média da coluna d'água sobre a superfície de água do becker durante o período de medição.
- L -> comprimento da amostra.
- Pa-> pressão atmosférica (cm Hg).
- t -> tempo em seg.
- V -> volume de ar deslocado pela água no tubo (=Vd).
- Vr-> volume total do sistema acima do ponto superior da coluna d'água incluindo o volume dos tubos de borracha.
- kg-> permeabilidade (cm³/cm.atm.seg).

Após obter, a partir destes procedimentos, os valores correspondentes às permeabilidades, estes serão analisados estatisticamente, com objetivo de determinar suas médias e coeficientes de variação. Além disso, será realizado o teste "t", para comparação das médias calculadas sob os dois tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A determinação da permeabilidade ao ar pelo método de deslocamento de coluna d'água, com trinta amostras para cada tratamento, apresentou os seguintes resultados estatísticos:

Após a determinação dos dados estatísticos expostos acima, foi realizado o teste "t", com o objetivo de comparar estatisticamente as médias dos dois tratamentos. Este teste concluiu que as médias não são iguais, ou seja, rejeita-se a hipótese de nulidade, significando que o tratamento em estufa sob 103°C surte efeito com relação à permeabilidade ao ar, aumentando-a. Este efeito pode ser ocasionado pela possível presença de torus fendidos, presentes nas pontuações aspiradas, após a madeira ser submetida à alta temperatura em estufa.

Uma comparação entre os dados da média e coeficiente de variação, nos dois tratamentos, é feita graficamente nas Figuras 3 e 4.

Uma situação observada no experimento foi a grande dispersão nos dados, relativos à permeabilidade, nos dois tratamentos. Este fato é confirmado pelo alto coeficiente de variação calculado.

As amostras utilizadas neste trabalho

foram obtidas de uma árvore jovem, cerca de 7 anos, sem ocorrência de madeira de reação mas, com presença de anormais anéis de crescimento, os quais continham inúmeros e estreitos anéis de "lenho tardio", num período correspondente a um ano. Por conseguinte, as amostras não apresentavam homogeneidade com relação à proporção de "lenho tardio e inicial". Além disso, de acordo com as características do "lenho tardio e inicial" descritos por SIAU¹ (1971) e CHIMELO (1989), a permeabilidade de "lenho tardio" possui teores abaixo dos encontrados em "lenho inicial", em decorrência de fatores físicos e anatômicos.

As amostras utilizadas apresentam uma proporção de comprimento cinco vezes maior que a aresta de sua seção transversal quadrada (5 x 1cm), e algumas dessas amostras possuíam uma inclinação dos traqueídeos em relação ao seu eixo longitudinal, ou seja, uma porção destes traqueídeos não atingiam uma extremidade à outra da amostra, e sim, terminavam em sua superfície lateral, as quais eram isoladas com adesivo. Tal situação reduz muito a permeabilidade longitudinal, e pode ser ocasionada por proximidade de algum nó.

CONCLUSÃO

O tratamento que submete as amostras em estufa sob 103°C, de acordo com o teste "t", é significativo estatisticamente, ocasionando um aumento na permeabilidade, possivelmente por volatilização de resina residual e por danos causados aos torus das pontuações aspiradas, principalmente naquelas localizadas nas extremidades dos traqueídeos longitudinais, o que permite um maior fluxo de ar, isto é, uma maior permeabilidade.

A variação observada nos dados de permeabilidade, nos dois tratamentos, é consideravelmente alta, foi confirmada pelos coeficientes de variação calculados (Figura 4). Este fato parece ter relação com a proporção entre "lenho tardio" e "lenho inicial", e a ocorrência de vários anéis de crescimento, em período de um ano, parecem influenciar na alta dispersão destes dados.

A ocorrência de vários anéis de crescimento, em período de um ano, pode ocorrer em pinus de região tropical e,

	Tratamento 1	Tratamento 2
Média das permeabilidades obtidas.....	15,3	60,1
Variância	58,01	607,46
Desvio padrão	7,6164	24,6468
Coefficiente de variação.....	49,8%	41,0%

Tratamento 1: amostras secas ao ar.

Tratamento 2: amostras secas em estufa à 103°C.

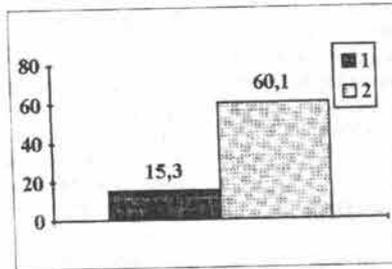


Figura 3: Média de permeabilidade por tratamento

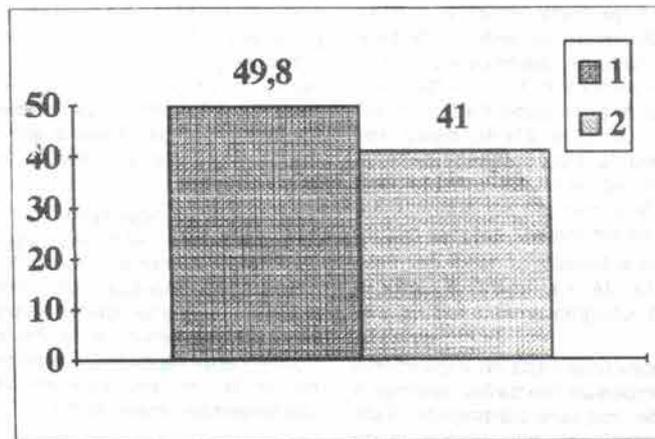


Figura 4: Coeficiente de variação (em %) por tratamento

provavelmente, este desenvolvimento singular do lenho é estimulado pela ocorrência das constantes queimadas na relva.

São necessários outros estudos para uma melhor verificação e conclusão destas observações.

LITERATURA CITADA

- BAILEY, I. W. The structure of the pit membranes in the tracheids of conifers and their relation to the penetration of gases, liquids and finely divided solids into green and seasoned wood. The preservative treatments of wood II. Forestry Quarterly. v.11, p.12-20, 1913.
- 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 alii. Manual de Preservação de Madeiras. 2 ed. São Paulo: IPT, 1989. cap. 3, p. 41-67.
- CÔTÉ, Wilfred A. The Structure of Wood and the Wood Cell Wall. In: KOLLMANN & CÔTÉ. Principles of Wood Science and Technology. 2 ed. Berlin: Springer-Verlag, 1984. v. 1, cap. 1, p. 1-54.
- ERICKSON, H. D. Permeability of Southern Pine Wood. A Review Wood Sci. v.2, n.3, p.149-158, 1970.
- ERICKSON, H.D. & ESTEP, E.M. Permeability of Douglas-Fir Heartwood from Western Washington. Forest Products Journal, v. 12, n. 7, p. 313-324, jul. 1962.
- Eucalipto, alternativa para o futuro e o presente. Revista IM Móveis & Tecnologia, Caxias do Sul, v. 7, n. 72, p. 8-9, ago. 1994.
- Eucalipto e pinus são apontados como solução para moradias populares. Madeira & Cia, Curitiba, v. 2, n. 9, p. 13, maio 1994.
- FOGG, P.J. & CHOONG, E.T. Effect of Specimen Length on Longitudinal Gas Permeability in Hardwoods. Wood and Fiber Science, Madison, v. 21, n. 1, p. 101-104, jan. 1989.
- KOCH, P. Wood-Water Relationship. Utilization of the Southern Pines, U.S.D.A. Department of Agriculture for Serv. v.1, n.420, p.265-328, 1972.
- LIESE, W. & BAUCH, J. On the closure of bordered pits in conifers. Wood Science and Technology. v.1, n.1, p.1-13, 1967.
- O uso limitado de madeira preservada no país. Silvicultura, São Paulo, v. 15, n. 54, p. 24-26, mar-abr. 1994.
- PANSHIN, A. J. & ZEEUW, C. The Minute Structure of Coniferous Woods. In: __. Textbook of Wood Technology. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 1980. cap. 4, p. 127-160.
- SIAU¹, John F. Cell-Wall Structure. In: __. Flow in Wood. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. cap. 2, p. 11-40.
- SIAU², John F. Permeability. In: __. Flow in Wood. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. cap. 3, p. 41-56.
- SOARES, Ronaldo Viana. Efeitos do fogo sobre o ecossistema. In: __. Curso de Prevenção e Controle de Incêndios Florestais. Brasília: ABEAS, 1990. cap. 3, p. 61-92.
- Tecnologia fundamental para a utilização, da madeira. Revista da Madeira, Caxias do Sul, v. 3, n. 15, p. 22, maio-jun. 1994.
- TIEMANN, H. D. The physical structure of wood in relation to its penetrability by preservative fluids. Amer. Railway Eng. and Maintenance of Way Assoc. Bull. n.120, 39 p., 1910.
- VIEIRA, Sonia. Introdução à Bioestatística. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- WARD, James 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.