

Relação entre permeabilidade ao ar, estrutura anatômica e taxa de impregnação de três madeiras

Ivana Amorim Dias¹, Caio Silvestre Lima Sanson², Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori³

Mestranda em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná

Mestrando em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná

Professor Adjunto - Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná

Resumo: Este estudo teve como objetivo relacionar a taxa de impregnação de produtos químicos com a permeabilidade ao ar e características anatômicas da madeira de três espécies florestais. Foram estudadas três espécies florestais, sendo elas duas folhosas e uma conífera, *Ochroma pyramidale*, *Schizolobium amazonicum* e *Pinus taeda*, respectivamente. Foram confeccionadas amostras cilíndricas livres de defeitos com 1 x 5 cm que foram secas em estufa e subsequentemente impregnadas através de imersão com presença de vácuo em soluções de polietileno glicol com concentrações de 10 e 20% e solução de CCB a 2,5% durante 120 minutos. Determinou-se o ganho de peso percentual e a permeabilidade ao ar. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e análise de variância, onde os valores médios foram comparados com o Teste de Tukey ao nível de significância de 95%.

Palavras-chave: Permeabilidade, tratamento químico, madeira.

Abstract: This work aimed to relate an air permeability rate of chemical impregnation and wood anatomical characteristics of three forest species. They studied three forest species, two leaves and one conifer, *Ochroma pyramidale*, *Schizolobium amazonicum* and *Pinus taeda*, respectively. Defect-free, 1 x 5 cm cylindrical glass samples, oven-dried and subsequently impregnated with 10% and 20% polyethylene glycol solutions and 2,5% CCB solution for 120 minutes. Percent weight gain was determined. Data were compared using descriptive statistics and analysis of variance, with the mean values compared with the Tukey test at a significance level of 95%.

Key-words: Permeability, chemical treatment, wood.

Introdução

A impregnação de produtos químicos na estrutura da madeira é uma das mais abrangentes formas de manter ou elevar a sua durabilidade, bem como reduzir a afinidade deste material com a água. As condições de realização deste método de proteção à madeira variam de acordo com a finalidade do tratamento, em que produtos químicos atuam tanto no aumento da resistência a agentes xilófagos quanto na redução da hidrofobicidade. De acordo com Silva et al. (2010), a permeabilidade da madeira é influenciada pela porosidade do material, grau de oclusão dos espaços onde ocorre o fluxo do fluido, diâmetro destes espaços vazios, viscosidade do fluido e pela interação do fluido com a parede dos vasos do material, o que conseqüentemente, está relacionado à preservação da madeira.

Estudos anteriores caracterizaram a permeabilidade de diversas madeiras nativas e exóticas (Baraúna et al. 2014; Tarmian e Perré, 2009; Ghorbani et al. 2012). No entanto, existe a necessidade de explorar a associação da permeabilidade à penetração de soluções preservantes e às características anatômicas, visto que esta relação influencia na qualidade e durabilidade da madeira para utilização prática, de modo a reduzir a necessidade da exploração primária.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi relacionar a taxa de impregnação de produtos químicos com a permeabilidade ao ar e características anatômicas de madeiras de duas espécies de folhosas e uma espécie de conífera, paricá, pau-balsa e pinus, respectivamente.

Material e Métodos

Foram estudadas três espécies florestais, sendo elas *Ochroma pyramidale*, *Schizolobium amazonicum*, como representante da ordem das folhosas e *Pinus taeda* pertencente a ordem das coníferas, ambas com origens geográficas distintas, sendo elas do Mato Grosso e Rio Grande do Sul, respectivamente.

Foram confeccionadas amostras de madeira com formato cilíndrico, dimensões de 1 x 5 cm (diâmetro e comprimento, respectivamente) e sem a presença de defeitos. As amostras foram secas em estufa a $103 \pm 5^\circ\text{C}$ até a obtenção de peso constante. A massa específica básica das amostras foi determinada por meio do procedimento descrito na ASTM D143 (2000).

Os tratamentos de impregnação foram realizados em um sistema de imersão simples na presença de vácuo. Soluções de polietileno glicol (PEG, peso molecular de 4000) com concentrações de 10 e 20% e solução de CCB (borato de cobre cromatado) a 2,5% foram preparadas, nas quais as amostras foram imersas durante 120 minutos. Após os tratamentos, as amostras foram mantidas em ambiente aberto para retirada do excesso de líquido na superfície. O ganho de peso percentual foi determinado por meio da equação 1.

$$\text{GPP}(\%) = ((P_I - P_U) * P_U) * 100$$

Equação 1

Em que:

GPP(%) = Ganho de peso percentual

P_I = peso inicial = peso úmido

P_U = peso úmido

A permeabilidade ao ar foi determinada a partir da construção de um equipamento conforme descrito por Siau (1971). A mensuração ocorreu no plano transversal, e os demais foram vedados com resina a base de silicone.

A determinação da permeabilidade ao ar foi realizada por meio da Equação 2, em que considerou-se o tempo de deslocamento da água em um determinada distância. Efetuaram-se oito verificações do deslocamento, como fator de correção da variação de volume do ar e considerou-se a Equação 3 devido a sua perda de carga ao atravessar a amostra.

Equação 2

Em que:

K_g = coeficiente de permeabilidade
superficial em $\text{cm}^3/(\text{cm} \cdot \text{atm} \cdot \text{s})$

C = fator de correção

V = volume de ar deslocado na coluna
d'água

L = comprimento do cilindro

P_a = pressão atmosférica

h = altura da coluna d'água

t = tempo de deslocamento da água

A = área do cilindro

Equação 3

Em que:



C = fator de correção

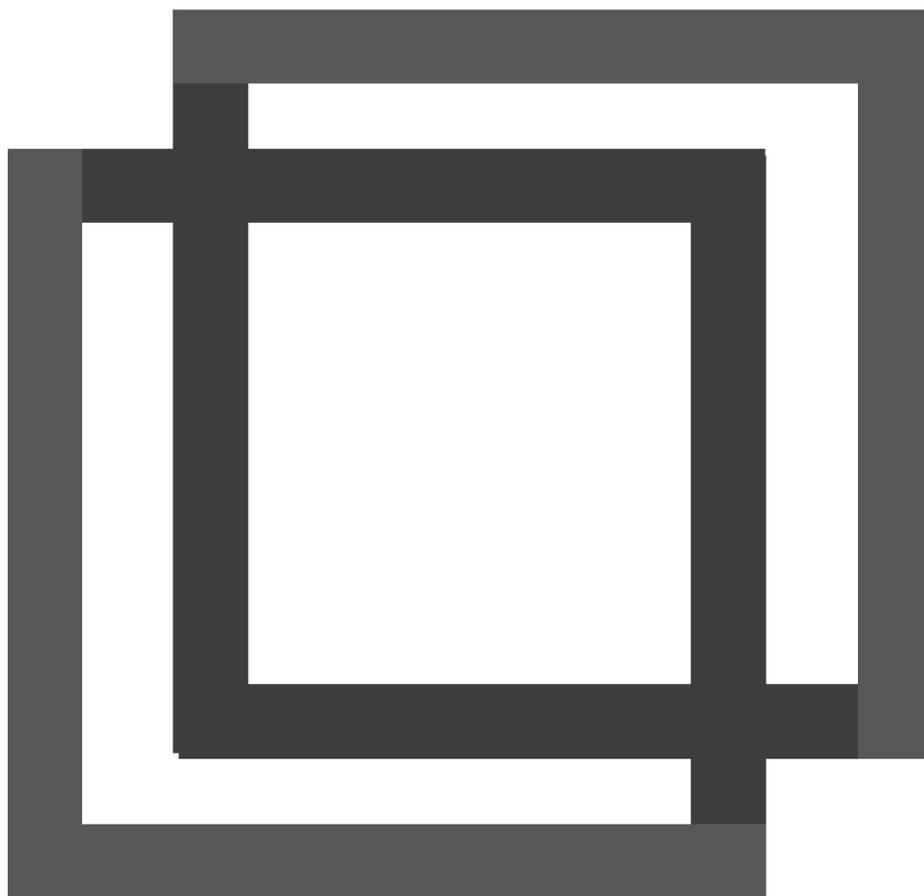
V = volume de ar deslocado na coluna d'água

V_r = volume de ar que permanece no cilindro

Ah = variação no volume da água no cilindro

P_a = pressão atmosférica

h = altura da coluna d'água



Os dados coletados foram analisados por meio de estatística descritiva e análise de variância fatorial em um arranjo fatorial 3x4, em que considerou-se as três espécies e os quatro tratamentos como fatores de influência. Em caso de rejeição da hipótese nula, os valores médios foram comparados com o Teste de Tukey, no nível de significância de 95%.

Resultados e Discussão

Análise de variância fatorial

A análise de variância fatorial (Tabela 1) mostrou que a taxa de impregnação e a permeabilidade ao ar variaram significativamente em função da espécie e do tratamento de impregnação realizado. Da mesma maneira, a interação entre o fator espécie e o fator tratamento foi significativa.

Tabela 1– Resumo da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros de ganho de peso percentual (GPP) e permeabilidade ao ar de madeiras de pinus, paricá e balsa.

| Fonte | GPP | Permeabilidade ao ar |
|--------------------|---------|----------------------|
| Efeitos principais | | |
| A: Espécie | 104,10* | 95,80* |
| B: Tratamento | 199,29* | 18,46* |
| Interações | | |
| AB | 29,30* | 5,46* |

* Significância a 5% de probabilidade de erro

Ganho de peso percentual

O maior ganho de peso percentual entre as madeiras das três espécies estudadas foi verificado no *Pinus taeda* tratado com polietilenoglicol (PEG) em solução de 20%. As madeiras de pau-balsa e paricá, quando tratadas com PEG a 20%, apresentaram ganho de peso percentual ~45% e ~78% inferior ao *Pinus taeda*. Comportamento similar foi observado para impregnação com PEG em solução de 10% e CCB a 2,5%, porém ambos com graus de retenção inferiores (Tabela 2).

Tabela 2– Valores médios de GPP, permeabilidade ao ar e densidade de madeiras de pinus, paricá e balsa.

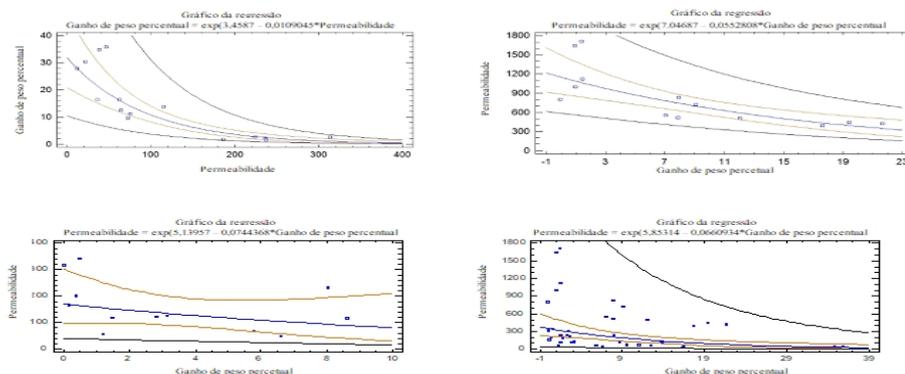
| Madeira | Tratamento | Ganho de peso percentual (%) | Permeabilidade ao ar (cm ³ /(cm.atm.s)) | Massa específica |
|---------|------------|------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|
|---------|------------|------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|



| | | | | (g/cm ³) |
|--------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|
| <i>Pinus taeda</i> | Controle | - | 84,91 (11,49) | 0,51 |
| | PEG 20% | 32,23 (3,76) | 42,50 (46,83) | 0,55 |
| | PEG 10% | 13,43 (3,12) | 72,01 (28,38) | 0,52 |
| | CCB 2.5% | 2,13 (0,49) | 239,33 (46,16) | 0,46 |
| <i>Schizolobium amazonicum</i> | Controle | - | 203,75 (58,92) | 0,62 |
| | PEG 20% | 7,03 (1,24) | 77,87 (34,61) | 0,65 |
| | PEG 10% | 2,16 (0,96) | 106,30 (33,21) | 0,58 |
| | CCB 2.5% | 0,33 (0,17) | 288,34 (103,12) | 0,55 |
| <i>Ochroma pyramidale</i> | Controle | - | 591,05 (69,76) | 0,29 |
| | PEG 20% | 17,68 (4,10) | 440,15 (46,83) | 0,30 |
| | PEG 10% | 7,98 (0,86) | 654,33 (128,17) | 0,29 |
| | CCB 2.5% | 1,18 (0,27) | 1254,79 (400,86) | 0,29 |

Valores entre parênteses correspondem ao desvio-padrão.

O incremento do ganho de peso percentual para pinus e paricá resultou em redução da permeabilidade ao ar (Figura 1). No entanto, a madeira de pau-balsa não apresentou correlação significativa entre estes dois parâmetros. A impregnação com PEG 20% resultou nos menores níveis de permeabilidade ao ar independentemente da espécie.



‘Figura 1 – Correlação entre o ganho de peso percentual e a permeabilidade ao ar das madeira de pinus, paricá e pau-balsa.

A impregnação com PEG 10% também resultou em redução da permeabilidade ao ar, porém de maneira menos intensa devido a menor retenção do polímero na estrutura da madeira. A adição de sais de CCB à estrutura da madeira aumentou significativamente a permeabilidade ao ar, com destaque para o pinus que apresentou o maior incremento percentual. Os sais de boro possuem uma natureza higroscópica, o que pode tornar o material permeável a absorção de vapor de água, para a madeira de *Pinus taeda*, este aumento após a impregnação com CCB pode estar relacionado ao rompimento das membranas das pontoações devido à secagem das amostras a 100°C, fato

Conclusões

A permeabilidade ao ar das madeiras de pinus e paricá diminuiu exponencialmente conforme o aumento do ganho de peso percentual. No entanto, não é possível determinar o grau de tratabilidade das madeiras estudadas em função da permeabilidade ao ar, visto que a madeira menos permeável (pinus) apresentou o maior ganho de massa após os tratamentos de impregnação.

Referências

Albuquerque CAC, Manhães JEN. Estudo da permeabilidade ao ar em amostras de *Pinus caribea* Dougl. em habitat sob atuação de queimadas periódicas na relva. *Floresta e Ambiente*, 1995.

American Society For Testing And Materials. ASTM D-143:2000. Standard Methods Testing: Small Clear Specimens of Timber. USA. 2000. 57 p.

Ghorbani M, Akhtari M, Taghiyar HR, Kalantari A. Effects of silver and zinc-oxide nanoparticles on gas and liquid permeability of heat-treated Paulownia Wood. *Austrian Journal of Forest Scientist. Austria* p. 106–123, 2012.

Panigrahi S, Kumar S, Panda S, Borkataki S. Effect of permeability on primary processing of Wood. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, ed. 7, p. 2593-2598, 2018.

Siau JF, Fluxo em madeira . Siracusa: Syracuse University, 1971. 131 p.

Silva MR, Machado GO, Deiner LJ, Calil Junior C. Permeability measurements of Brazilian Eucalyptus. *Materials Research, São Carlos*, v. 13, n. 3, p. 281-286, 2010.

Tarmian A, Perré P. Air permeability in longitudinal and radial directions of compression wood of *Picea abies* L. and tension wood of *Fagus sylvatica* L. *Holzforchung*, 63(3), pp. 352-356. Retrieved 4 Jul. 2019, from doi:10.1515/HF.2009.048(2008).

IAWA Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* 10: 220-332.