

EFEITO DA EXPLOSÃO DE VAPOR NO FLUXO DE ÁGUA DA MADEIRA DE EUCALIPTO

Lucas Braga Mulin^{1*}; Jair Rogério Colares Neto¹, Pedro Ygor Correia da Silva e Silva¹, Jordão Cabral Moulin¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro/ES, Brasil.

* e-mail do autor correspondente: lucasbmoulin@gmail.com

Resumo: O objetivo do trabalho foi aplicar o processo de explosão a vapor para verificar sua eficiência no desbloqueio dos canais de transporte e a qualidade de cavacos de madeira, cerne e alburno. As madeiras foram submetidas aos tratamentos de explosão a vapor com 10 e 20 ciclos, cada ciclo com tempo de 10 min a uma pressão de 2 kgf/cm² e temperatura de 130°C. A eficiência do tratamento de explosão foi analisada pela taxa de fluxo de água. A explosão de vapor foi eficiente na desobstrução dos canais de transporte da madeira, principalmente no cerne que teve maior vazão de água total, 10 ciclos é mais indicado para ser utilizado, pois requer menos tempo e energia.

Palavras-chave: Vasos e pontoações; Desobstrução; Cerne e Alburno.

EFFECT OF STEAM EXPLOSION ON WATER FLOW FROM EUCALYPTUS WOOD

Abstract: The objective of the work was to apply the steam explosion process to verify its efficiency in unblocking the transport channels and the quality of wood chips, heartwood and sapwood. The woods were submitted to the steam explosion treatments with 10 cycles and 20 cycles, each cycle with a time of 10 min at a pressure of 2 kgf/cm² and 130°C. The efficiency of the explosion treatment was analyzed by the water flow rate. The steam explosion was efficient in unblocking the wood transport channels, especially in the heartwood, which had the highest total water flow, 10 cycles is more suitable to be used, as it requires less time and energy.

Keywords: Vessels and pits; Clearing; Heartwood and sapwood.

1. INTRODUÇÃO

Em madeiras de folhosas a porosidade da madeira é decorrente dos vasos que agem como canais de transporte no sentido longitudinal, no sentido transversal a passagem de líquido e/ou vapor nessas células ocorre por meio dos pares de pontoações entre duas células vizinhas. Os vasos podem ser encontrados obstruídos devido ao processo de tilose e/ou gomas. Sua ocorrência é maior

no tecido lenhoso do cerne, devido ao processo de cernificação [1-3].

A obstrução dos canais condutores de líquido e/ou vapor na madeira muitas vezes dificulta e encarece processos industriais, como: i) a secagem da madeira; ii) acabamentos com tintas, vernizes e aplicação de cola; iii) impregnação de reagentes químicos e; iv) no cozimento da madeira. Visto a importância da permeabilidade da madeira verifica-se a necessidade de pesquisas para causar a desobstrução dos poros e pontoações para tornar a madeira mais permeável e consequentemente facilitar os processos industriais citados anteriormente, surgindo então o tratamento conhecimento como “*steam explosion*” ou explosão de vapor [4;5].

O tratamento explosão de vapor (EV) age como auto-hidrólise na madeira devido aplicação de vapor de água em altas pressões e temperaturas na biomassa [6]. As principais pesquisas com aplicação de EV são direcionadas para biorrefinarias e visam facilitar a penetração das enzimas na madeira para realização da hidrólise [7].

Este trabalho teve como objetivo melhorar a permeabilidade dos cavacos da indústria de celulose, do lenho do alburno e do cerne utilizando o tratamento de explosão de vapor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

A madeira de *Eucalyptus* sp. com idade de 5 anos proveniente da Suzano S/A, unidade Aracruz/ES, foi retirado da base da árvore com seção de 2m de comprimento. Foram confeccionados corpos de prova provenientes da região do alburno e do cerne, com dimensões de 0,5 x 1,5 x 2,5 cm (radial x tangencial x longitudinal). Adicionalmente foram utilizados cavacos da mesma indústria de celulose e papel.

2.2 Tratamento de explosão de vapor (EV)

Os corpos de prova foram saturados para posterior realização do tratamento de explosão de vapor (*steam explosion*), sendo empregado os tratamentos de 10 e 20 ciclos. Para isso foram utilizados 10 corpos de prova de alburno, cerne e cavacos para cada tratamento. Cada ciclo foi caracterizado pela submissão do corpo de prova à pressão de 2 kgf/cm² e temperatura de 130°C, durante o período de 10 minutos.

2.3 Taxa de fluxo de água

Os corpos de prova foram alocados em sala climatizada, com temperatura de 25±2 °C e 65±5 de UR, até atingirem a UE de ±12%. As massas dos corpos de prova foram medidas em balança



eletrônica digital, com precisão de 0,001 g, a cada 24 horas até a estabilização das massas, sendo estas utilizadas no cálculo das taxas de fluxo de água, adaptadas de Monteiro et al. [8]. Após a estabilização das massas ao chegar na UE, os corpos de prova foram secos em estufa na temperatura de 103 ± 2 °C até atingirem a massa constante. As fórmulas para o cálculo da taxa de fluxo de água originalmente utilizavam a área total do corpo de prova, em decorrência da dificuldade de definir a área do cavaco, as fórmulas foram adaptadas e passaram a utilizar o volume do corpo de prova, sendo este medido através da imersão em mercúrio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de fluxo de água livre (TAL) foi até 300 vezes maior que a taxa de fluxo de água absorvida (TAA) (Figura 1), isso ocorre devido a facilidade de movimentação da água no estado líquido por forças capilares, com base na lei de Hagen-Poiseuille's [9]. A taxa do fluxo de água livre foi maior no tratamento de explosão de vapor de 10 ciclos nas madeiras de alburno e cavaco, sendo o necessário para causar a parcial desobstrução do vaso. Na madeira de cerne tem maior ocorrência de tilose nos vasos que causam a total ou parcial obstrução, decorrente do processo de cernificação [1-3], com isso, os 20 ciclos da explosão de vapor foram mais eficientes para desobstrução dos vasos no cerne visto a maior TAL.

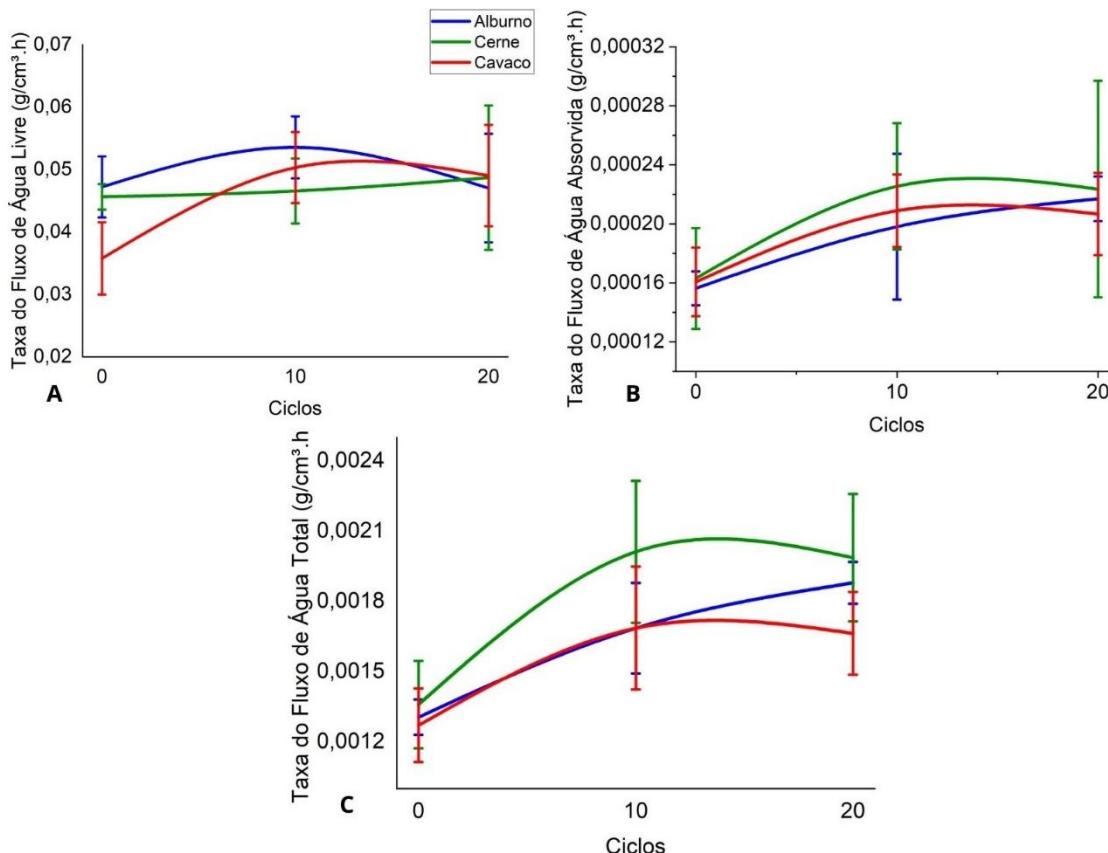


Figura 1: Taxas de fluxo de água para o alburno, cerne e cavaco, com 0, 10 e 20 ciclos, onde: (A) taxa de fluxo de água livre; (B) taxa de fluxo de água absorvida; (C) taxa de fluxo de água total.

Na TAA o cerne apresenta maiores valores que o alburno e o cavaco para 10 e 20 ciclos, já o alburno apresenta valores inferiores ao cavaco em 10 ciclos e superiores em 20 ciclos. Segundo Monteiro et al. [8], a água flui mais intensamente no sentido axial da madeira e procura o caminho mais fácil, sendo assim, o aumento da TAA é um indicativo que o tratamento facilitou o caminho percorrido pela água.

O movimento da água absorvida ocorre principalmente por difusão na parede celular, na forma líquida e de vapor através das pontoações [8], as aberturas destas estão conectadas entre vasos e parênquima ou vasos e vasos, influenciam na saída de água da madeira, sendo importantes parâmetros que contribuem na saída de água [2]. Monteiro e Lima [10] encontraram influências das pontoações de pares entre vasos e parênquimas na saída de água livre para o *Eucalyptus urophylla*, o que auxilia os vasos nessa função, e as aberturas os pares de pontoações entre vasos contribuem com a saída da água absorvida por difusão no sentido radial e tangencial.

A difusão da água pode ser dificultada pela tilose, que consiste no processo de invaginação do parênquima para o interior da células através das pontoações [11;12]. A permeabilidade da madeira pode ser reduzida principalmente no lenho de cerne [13]. O tratamento de explosão de vapor mostrou-se eficiente na desobstrução das pontoações da parede celular dos vasos em vista da maior TAA no lenho do cerne.

O comportamento na taxa de fluxo de água total (TAT), se assemelha ao da TAA, fato esse explicado pelos pesos que cada uma das duas taxas possui, enquanto a TAL em média ocorre durante período inferior a um dia, TAA ocorre em período superior a 15 dias pelo menos. Por se tratar do período de tempo que compreende tanto a TAL quanto a TAA, a TAT naturalmente possui comportamento mais parecido com a TAA, pois este é muito mais longo que o primeiro.

4. CONCLUSÕES

O tratamento de explosão de vapor com 10 ciclos é a melhor opção para o aumento da permeabilidade na madeira, por gastar metade da energia e tempo que o de 20 ciclos, além disso, este também apresenta os maiores valores na TAA para o cerne e o cavaco, com apenas o alburno apresentando resultados melhores com 20 ciclos, porém, o aumento na TAA entre 0 e 10 ciclos foi superior ao aumento entre 10 e 20 ciclos para o alburno. Com isso é indicado que haja um estudo realizando menos ciclos de explosão, para que seja possível estimar se 10 é o número ideal ou este pode ser reduzido ainda mais.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Browning, B. L. Methods of wood chemistry. Vol. II, New York: Ed. Wiley, 1967. 498p.
- [2] Siau, J. F. Flow in wood. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. 131p.
- [3] Tsoumis, G. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinold, 1991. 494p.
- [4] Jacquet, N., Maniet, G., Vanderghem, C., Delvigne, F., Richel, A. Application of steam explosion as pretreatment on lignocellulosic material: a review. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2015; 54 (10): 2593–2598.
- [5] Singh, J., Suhag, M., Dhaka, A. Augmented digestion of lignocellulose by steam explosion, acid and alkaline pretreatment methods: a review. Carbohydrate Polymers. 2015; 117: 624–631.
- [6] Arenas-Cárdenas, P., López-López, A., Moeller-Chávez, G.E., Léon-Becerril, E.: Current pretreatments of lignocellulosic residues in the production of bioethanol. Waste and Biomass Valorization. 2017; 8: 161–181.
- [7] Eom, T.; Chaiprapat, S.; Charnnok, B. Enhanced enzymatic hydrolysis and methane production from rubber wood waste using steam explosion. Journal of Environmental Management. 2019; 235: 231–239.
- [8] Monteiro, T.C.; Lima, J.T.; Hein, P.R.G.; Silva, J.R.M.S.; Trugilho, P.F.; Andrade, H.B. Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*. Scientia Forestalis. 2017; 45 (115): 493-505.
- [9] Kollmann, F. P.; Côté Jr, W. A; Principles of wood science and technology I: Solid wood. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 592p.
- [10] Monteiro, T.C.; Lima, J.T. Water flow through the pits in *Eucalyptus urophylla* wood. Floresta e Ambiente. 2020; 27 (2): 1-5.
- [11] Butterfield, B. G; Meylan, B. A. Three-dimensional structure of wood: An ultrastructural approach. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 1980. 113p.
- [12] De Mico, V.; Balzano, A.; Wheeler, E. A.; Baas, P. Tyloses and gums: a review of structure, function and occurrence of vessel occlusions. IAWA Journal. 2016; 37 (2): 186-205.
- [13] Brito, A. S.; Vidaurre, G. B.; Oliveira, J. T. S.; Da Silva, J. G. M.; Rodrigues, B. P.; Carneiro, A. C. O. Effect of planting spacing in production and permeability of heartwood and sapwood of *Eucalyptus* wood. Floresta e Ambiente, 2019; 26 (1): 1-9.