cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Avaliação das Condições Reacionais do Processo de Deslignificação de Espécies Florestais Utilizadas no Brasil, Visando à Produção de Madeira Transparente

Pedro Augusto Costa[1], Christophe Le Roux[3], François Martin[3], Franciele Longaray Bernard[1,2]
[1]Escola Politécnica – PUCRS [2]Programa de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais – PGETEMA [3]University of Toulouse
Contato: pedro.arruda@edu.pucrs.br

Introdução

A madeira transparente alia a estrutura hierárquica da madeira à transmitância óptica, sendo promissora para elementos translúcidos e energeticamente eficientes na construção civil [1,2]. É obtida pela remoção seletiva da lignina, principal responsável pela absorção da luz, seguida da impregnação com um polímero de índice de refração próximo ao da celulose [2,3].

Objetivos

Avaliar o efeito do tempo de reação (4 e 6 h) e da concentração de $NaClO_2$ (1 e 2%) na deslignificação de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, espécies de reflorestamento no Brasil, tomando a balsa (*Ochroma pyramidale*) como referência.

Metodologia

Corpos de prova de 20 × 20 × ≤ 3 mm (caracterização) e 60 × 20 × 2 mm (tração) foram tratados em $NaClO_2$ acidificado (pH 4,6) e impregnados com resina epóxi transparente à base de DGEBA com endurecedor poliamínico (100:50 em massa; 2.000–3.000 cP a 20 °C) [2,4] (Fig. 1).

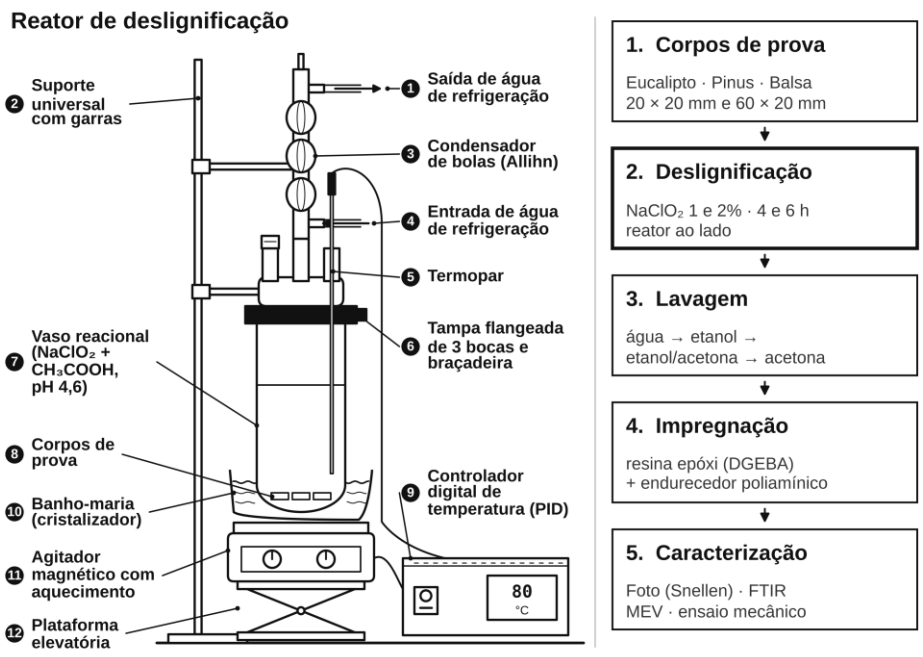


Figura 1. Etapas do processo e esquema do reator de deslignificação.

Resultados e Discussão

A legibilidade da tabela aumentou com o tempo e a concentração (Fig. 2): o eucalipto clareou de forma homogênea, o pinus de forma heterogênea entre lenho inicial e tardio, como relatado para coníferas [2], e a balsa (referência) atingiu a maior translucidez.

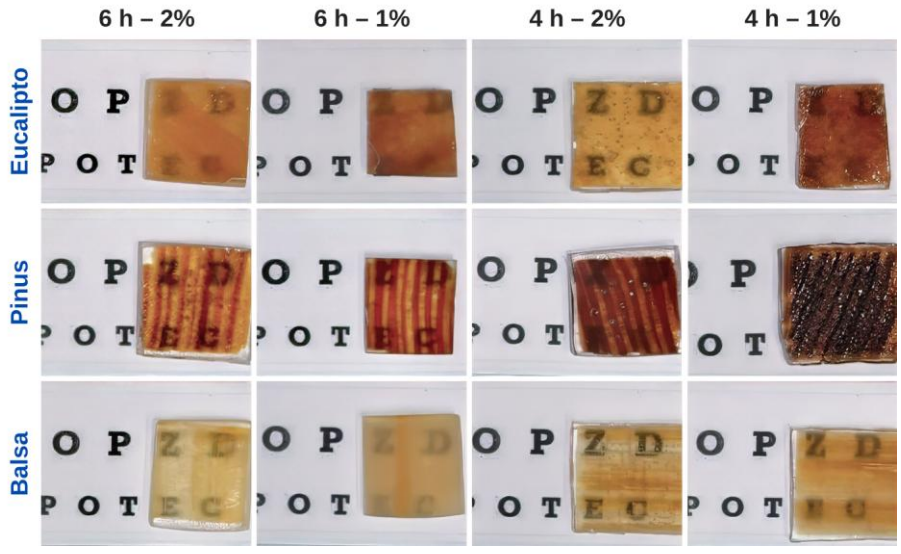


Figura 2. Peças sobre tabela de Snellen (tempo × concentração de $NaClO_2$).

No FTIR (Fig. 3), a banda da lignina (~1505 cm^{-1}) diminuiu acentuadamente em todos os tratamentos, como na literatura [1,2]; a redução foi mais uniforme no eucalipto e na balsa, e o pinus manteve sinal residual, sobretudo após 4 h.

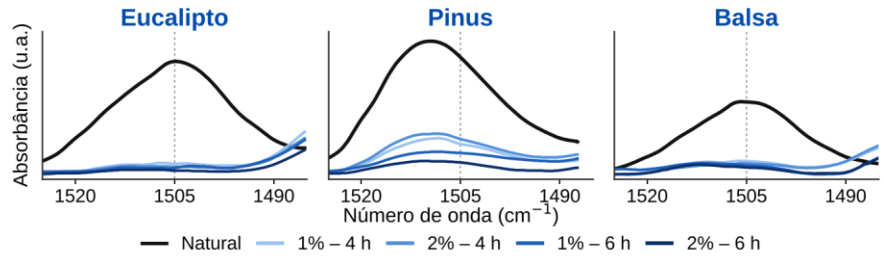


Figura 3. FTIR: banda da lignina (~1505 cm^{-1}), redesenhada dos espectros.

No MEV (Fig. 4), feito na seção longitudinal das peças, as amostras naturais exibem superfícies irregulares, com fibrilas e fragmentos de parede celular; após 6 h a 2%, as superfícies tornam-se mais lisas e, no eucalipto, as pontoações intervasculares ficam expostas.

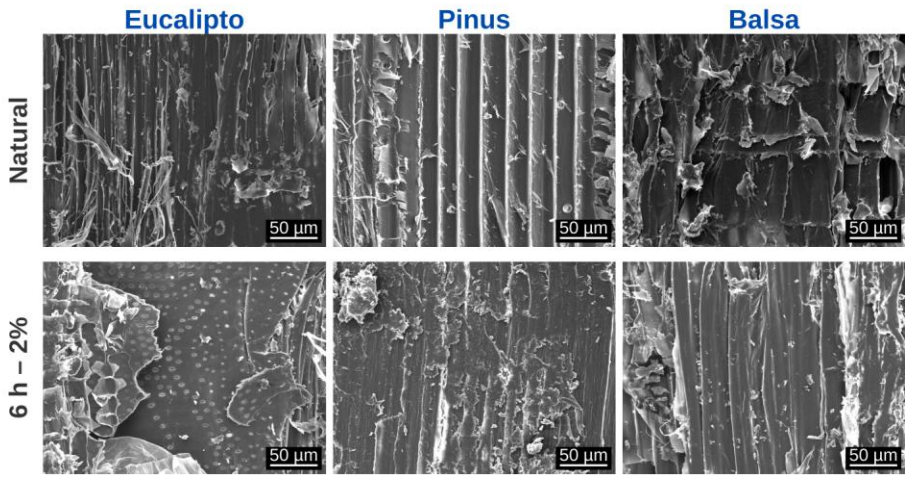


Figura 4. MEV (1000×) da seção longitudinal: natural e 6 h – 2%.

Na tração paralela às fibras (Fig. 5; n = 1), o tempo de deslignificação foi determinante. Com 2% – 4 h, os compósitos de pinus e balsa apresentaram as maiores resistências (115,0 e 19,6 MPa); no pinus, o valor é da ordem dos relatados para madeira transparente [2,3]. Com 6 h, a resistência caiu nas três espécies (pinus 24,0; balsa 4,0; eucalipto 1,7 MPa), coerente com o enfraquecimento do esqueleto celulósico por deslignificação prolongada [1].

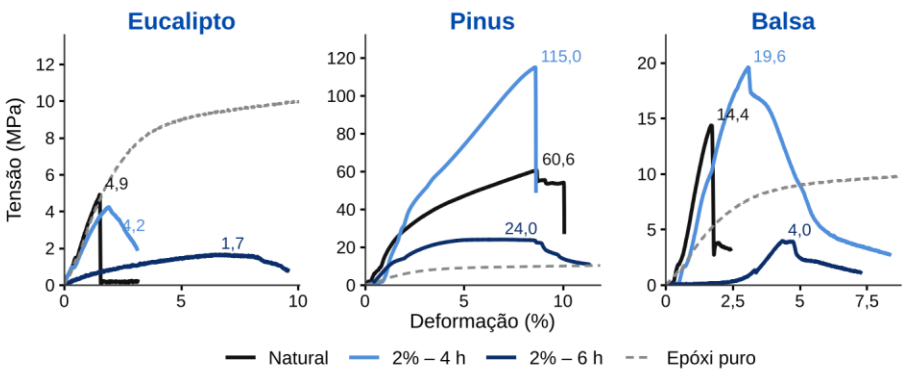


Figura 5. Curvas tensão × deformação em tração (60 × 20 × 2 mm; espessura dos compósitos estimada em 2,2 mm; 40 mm entre garras; 5 mm/min); valores = tensão máxima.

Conclusões

A deslignificação com $NaClO_2$ acidificado reduziu acentuadamente a banda de lignina nas três espécies, em concordância com a literatura [1,2]. Na tração, o compósito 2% – 4 h apresentou a maior resistência (115,0 MPa no pinus, n = 1), e 6 h reduziu a resistência em todas as espécies. A condição 2% – 4 h é o melhor compromisso entre transparência visual e resistência: no pinus, com o padrão de veios preservado, indica painéis translúcidos de vedação e elementos semiestruturais; já 2% – 6 h, mais translúcida e menos resistente, e a balsa se prestam a usos não estruturais de difusão de luz, como forros, divisórias e luminárias. Próximas etapas: ampliar o número de amostras e medir lignina Klason e transmitância.

Referências e Agradecimentos

[1] LI, Y. *et al.* Lignin-retaining transparent wood. **ChemSusChem**, v. 10, p. 3445-3451, 2017. [2] MI, R. *et al.* Scalable aesthetic transparent wood for energy efficient buildings. **Nature Communications**, v. 11, 3836, 2020. [3] YU, Z. *et al.* Transparent wood containing Cs_xWO_3 nanoparticles for heat-shielding window applications. **Journal of Materials Chemistry A**, v. 5, p. 6019-6024, 2017. [4] AI, D. *et al.* Preparation of waterborne epoxy dispersion and its application in 2K waterborne epoxy coatings. **Progress in Organic Coatings**, v. 136, 105258, 2019.
Agradecimentos: à PUCRS, ao PGETEMA e à University of Toulouse.
Figuras elaboradas pelos autores (2026).