

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE EXTRATIVOS DA MADEIRA DE PINUS

Bárbara Fernandes Silva¹; Dalton Longue Júnior²; Rafaella Dias Ramos³; Natielly Cristine Gomes de Medeiros⁴; Maria Alice Pereira Gomes⁵

¹Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (fernandesbafs@gmail.com); ²Professor Titular, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus Vitória da Conquista, BA (dalton@uesb.edu.br); ³Mestranda em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (ra.fadias@hotmail.com); ⁴Mestre em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (natiellymedeiros7@gmail.com); ⁵Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (alice.gomes2712@gmail.com)

RESUMO

A madeira é um material heterogêneo, constituído por diversos tipos de células e substâncias químicas. Entre os compostos presentes na madeira, os extrativos desempenham um papel crucial, pois afetam diretamente suas características físico-químicas, condicionando sua eficiência em diferentes usos industriais. Nesse sentido, a extração de extrativos da madeira pode ser realizada por diferentes métodos, que envolvem o uso de solventes orgânicos para remover compostos de baixo peso molecular. O objetivo principal deste trabalho foi determinar o teor de extrativos da madeira de *Pinus* e analisar a variabilidade do processo de extração, utilizando a metodologia da pesagem de balões e a massa de serragem. Os cavacos foram transformados em serragem, utilizando 2,000 g de material. A determinação do teor de extrativos nas amostras, pelo “método balão” (E_B), avaliou a massa residual de extrativos no balão após a extração. Já o “método serragem” (E_S) mediu a diferença de massa das amostras de serragem antes e depois do processo de extração. Os resultados apontaram diferenças significativas no teor de extrativos, utilizando diferentes solventes, apenas no “método serragem”, em que apresentou uma maior variação, com os teores de extrativos variando entre 4,6% e 7,9%. Assim, foi possível concluir que a determinação do teor de extrativos pelo “método serragem” foi mais eficaz, pois resultou na extração de uma quantidade significativamente maior de extrativos, principalmente quando adicionada água nos solventes.

Palavras-chave: Propriedade química; Técnicas de medição; Madeiras de coníferas

INTRODUÇÃO

Conforme a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2023), o Brasil é um líder global em produtividade florestal, destacando-se especialmente nos cultivos de *Pinus*, com uma produção de cerca de 30,9 m³/ha.ano⁻¹, sendo o segundo gênero mais cultivado no país, abrangendo aproximadamente 1,9 milhões de hectares.

A madeira é um material biológico complexo e heterogêneo, constituído por diversos tipos de células e substâncias químicas, cujas características variam de acordo com a espécie, a idade, as condições de crescimento e os métodos de processamento. Essa diversidade confere à madeira um elevado valor como recurso, amplamente empregado em diferentes setores industriais, como o de papel e celulose (KLOCK *et al.*, 2013). Entre os compostos presentes na madeira, os extrativos

desempenham um papel crucial, pois influenciam diretamente as propriedades físicas e químicas do material lenhoso, impactando sua aplicabilidade industrial (OLIVEIRA, 2022)

Os extrativos, são compostos químicos, solúveis em água ou em solventes orgânicos neutros e estão presentes principalmente na casca. De baixa massa molecular e somando pequenas quantidades, eles englobam óleos essenciais, resinas, taninos, graxas e pigmentos. Para a produção de celulose, os extrativos são compostos indesejáveis, pois reduzem o rendimento e qualidade da polpa. No entanto, na produção de energia alguns contribuem para aumentar o poder calorífico da madeira (PHILIPP e D'ALMEIDA, 1988). Os extrativos da madeira de podem interferir em diversos processos, como na colagem de painéis e no branqueamento de celulose, além de afetar a durabilidade natural do material (FERREIRA *et al.*, 2012).

A extração de extrativos da madeira pode ser realizada por diferentes métodos, que envolvem o uso de solventes orgânicos para remover compostos de baixo peso molecular. Esses métodos são escolhidos com base na eficiência e na capacidade de isolar uma ampla gama de substâncias presentes na madeira, permitindo uma caracterização mais precisa da composição química da madeira. Diante desse contexto, o objetivo principal deste trabalho foi determinar o teor de extrativos da madeira de *Pinus* e analisar a variabilidade do processo de extração, utilizando a metodologia da pesagem de balões e a massa de serragem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem da madeira

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (Woodtech) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), localizado no campus de Vitória da Conquista, Bahia. Foram utilizados cavacos industriais de madeira do gênero *Pinus*, oriundos de plantios florestais pertencentes a uma empresa situada na região do Extremo Sul da Bahia, conforme Figura 1.

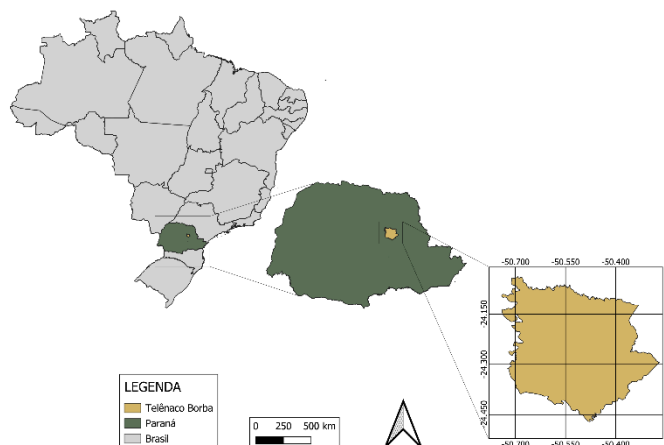


Figura 1 – Local de coleta dos cavacos de *Pinus*.

Preparação das amostras de serragem para análises de extrativos

Os cavacos foram transformados em serragem utilizando um moinho de facas do tipo Willey. A serragem foi classificada em peneiras de 40-60 mesh, usando nas análises químicas apenas a fração retida na peneira de 60 mesh, de acordo com a norma TAPPI T 257 (2012). Posteriormente, foi feita a aclimação da serragem até a estabilização da umidade.

As amostras de serragem foram pesadas em balança analítica, num total de 2,0000 g. Em seguida, foram submetidas a extrações com diferentes solventes, sendo: 1) acetona; 2) acetona +

água; 3) etanol: tolueno (1:2) e 4) etanol: tolueno (1:2) + água; utilizando volume de 150 ml, em aparelho tipo Soxhlet, por cinco horas, segundo a norma Tappi 204 cm-17 (2017) adaptada. Todas as extrações foram realizadas em triplicata.

Determinação do teor de extrativos pelo método balão e método serragem

Na metodologia do balão, a análise foi realizada por gravimetria, onde se pesou o balão antes (sem o resíduo) e após a evaporação do solvente em estufa com temperatura controlada, de forma que ao final, apenas os extrativos permaneceram no fundo do balão. A determinação do teor de extrativos das amostras pelo “método balão” (E_B) foi feita por meio da Equação 1, com base na norma Tappi 204 cm-17.

$$E_B = \frac{(M_f - M_i)}{(M_s * T_{a.s})} * 100 \quad [1]$$

Onde: E_B (Teor de extrativos pelo método do balão, %); M_f (Massa final do balão volumétrico com resíduo de extrativo após a estufa, g); M_i (Massa inicial do balão volumétrico limpo e seco em estufa, g); M_s (Massa de serragem pesada na balança com quatro casas decimais, g); $T_{a.s}$ (Teor absolutamente seco da serragem, %).

A metodologia da serragem consistiu em pesar a massa de serragem antes e depois da extração com solvente, ou seja, pesou-se a amostra inicial contendo os extrativos e, posteriormente, a amostra final sem os extrativos. A determinação do teor de extrativos das amostras pelo “método serragem” (E_S) foi feita por meio da Equação 2.

$$E_S = \frac{(M_s * T_{a.s}) - (M_f - M_i)}{(M_s * T_{a.s})} * 100 \quad [2]$$

Onde: E_S (Teor de extrativos pelo método da serragem, %); M_s (Massa de serragem pesada na balança com quatro casas decimais, g); $T_{a.s}$ (Teor absolutamente seco da serragem, %); M_f (Massa final do béquer com serragem após a estufa, g); M_i (Massa inicial do béquer limpo e seco, g).

Análise estatística

Os dados de teor de extrativos (método balão) foram analisados utilizando estatística não paramétrica, pelo teste Mann-Whitney a 5% de significância. Já os dados de teor de extrativos (método serragem) foram submetidos a análises de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e de homoscedasticidade pelo teste de Levene's. Foram realizados testes de médias a 5% de significância, pelo teste Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, foi possível observar que, para o método balão, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os solventes utilizados, conforme Figura 2A. O teor de extrativos da madeira de *Pinus* (%) variou entre 2,2% e 2,6%. O solvente etanol apresentou o menor teor de extrativos (2,2%), enquanto o etanol: tolueno + água apresentou o maior teor de extrativos (2,6%). Silvério (2008), avaliando a influência de diferentes solventes e do tempo de extração na determinação do teor de extrativos em madeiras de eucalipto, encontrou que o solvente etanol:tolueno foi o solvente mais eficiente para a determinação do teor de extrativos.

Os valores de teor de extrativos encontrados neste trabalho são compatíveis com o que é descrito em literatura. Andrade (2006), estudando a qualidade das madeiras de *Pinus taeda* para a produção de polpa celulose e papel, encontrou teores de extrativos entre 2,15% e 2,40%.

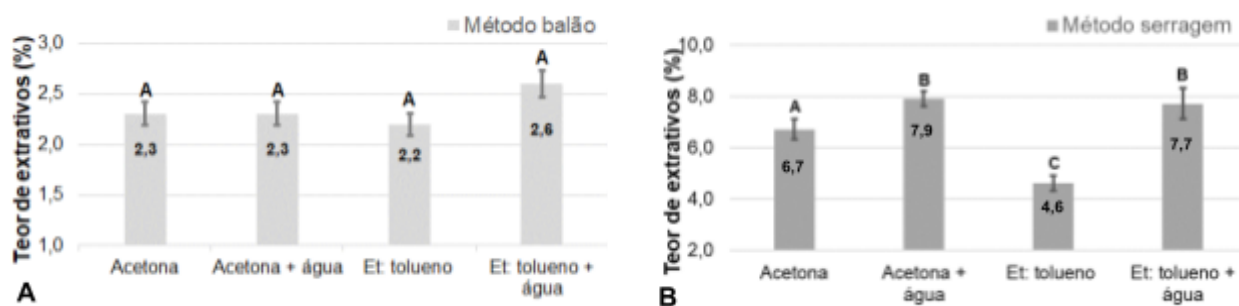


Figura 2 – Teor de extrativos da madeira de *Pinus* em diferentes solventes utilizando diferentes metodologias.

Na Figura 2B, observou-se que houve diferenças estatísticas entre os solventes utilizados no método serragem. O teor de extrativos com acetona + água (7,9%) e etanol: tolueno + água (7,7%) foi estatisticamente superior e diferente dos demais solventes. Por outro lado, o teor de extrativos com etanol: tolueno (4,6%) foi significativamente inferior. Comportamento semelhante foi encontrado por Vivian *et al.* (2015), que estudando a qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft, encontraram teores de extrativos de 2,8% e 6,4%, respectivamente.

É importante ressaltar que, no método serragem, houve uma maior variação no teor de extrativos quando comparado ao método balão, variando entre 4,6% e 7,9%. Essa variação pode ser explicada pelo fato que, no método do balão, a manipulação da amostra é reduzida, uma vez que a análise é realizada diretamente por gravimetria no balão volumétrico, sem transferências, o que diminui o risco de perda do material. Já no método da serragem, a amostra passa por mais etapas de manuseio, uma vez que o procedimento exige que a amostra seja pesada duas vezes ao longo da análise.

CONCLUSÃO

Os resultados permitiram concluir que a determinação do teor de extrativos da madeira de *Pinus* pelo “método serragem” foi mais eficaz, pois resultou na extração de uma quantidade significativamente maior de extrativos, principalmente quando adicionada água nos solventes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais por todo apoio, e a concessão da bolsa de estudo pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e classe de produtividade.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

FERREIRA, A. L., SANTOS, P. M., & CARVALHO, R. F. (2012). Efeito dos extrativos da madeira de *Pinus* no processo de colagem e durabilidade. **Floresta e Ambiente**, 19(4), 428-435.

IBÁ – Indústria Brasileira de produtores de Árvores. **Relatório IBÁ 2023 ano base 2022**. Brasília: 2023. 46 p.

KLOCK, U.; ANDRADE, A.S. Química da madeira. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2013.

OLIVEIRA, E. M. P. **Tratamento e controle anti-pitch em polpa de celulose branqueada Kraft**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. 964 p.

SILVÉRIO, F. O. **Caracterização de extrativos de madeira de *Eucalyptus* e depósitos de pitch envolvidos na fabricação de celulose e papel**. 2008. Tese (Doutorado em Ciências Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

TAPPI. Tappi 204 cm-17: **Soluble and insoluble substances in wood and pulp**. Atlanta: Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 2017.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry - TAPPI. Normas técnicas. Norma TAPPI T 257 cm-02. **Sampling and preparing wood for analysis**. 2012.

VIVIAN, M. A. *et al.* Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 183-191, 2015.