

AVALIAÇÃO DA REUTILIZAÇÃO DE SOLVENTES COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL DA EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE EXTRATIVOS: IMPACTO NA QUALIDADE E CONSISTÊNCIA DOS RESULTADOS.

NATALY MATOS DA SILVA¹; PATRICIA SOARES BILHALVA DOS SANTOS²; DARCI ALBERTO GATTO³

¹Universidade Federal de Pelotas – Nataly.matosnms@outlook.com.br

²Universidade Federal de Pelotas – patricia.santos@ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – darci.gatto@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação ambiental e a busca por abordagens inovadoras na extração de compostos químicos geram preocupações devido ao uso excessivo de solventes em processos laboratoriais e industriais (Claux et al., 2021), resultando em resíduos, poluição e bioacumulação (Hashemi et al., 2022).

Na indústria madeireira para a produção de celulose, é essencial remover extrativos da matéria-prima para evitar a formação de depósitos indesejados conhecidos como 'pitch'. Estes são compostos alifáticos, terpenos, terpenóides e fenólicos (Sarto e Sansigolo, 2010), e sua remoção é realizada usando misturas de solventes como tolueno:etanol (2:1) e clorofórmio:metanol (2:1), entre outros (Silvério et al., 2006). No entanto, alguns desses solventes, como o tolueno, são lipossolúveis e tóxicos (Forster; Tannhauser e Tannhauser, 1994). Portanto, buscar métodos de extração mais seguros e sustentáveis é crucial.

A comparação entre procedimentos com solventes comerciais e solventes reutilizados gera preocupações sobre eficácia, rendimento e impacto ambiental (Guozhong Wu et al., 2011). A reutilização reduz a demanda por novos solventes, preserva recursos e limita a produção de substâncias (Goh, Wong e Ong, 2020), alinhando-se com a ODS 12 da ONU. Avaliar o efeito nas análises químicas é essencial, considerando critérios analíticos, ambientais e de sustentabilidade.

Este trabalho explora a importância da reutilização de solventes na extração e determinação de extrativos, investigando seu impacto na qualidade analítica e na consistência dos resultados, promovendo processos mais respeitosos ao meio ambiente e à integridade dos dados.

2. METODOLOGIA

Para a comparação da reutilização dos solventes usou-se resíduos de pericarpo (Casca) do fruto das espécies Sapucaia (*Lecythis pisonis*) e Castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), desse modo conduziu-se de acordo com a metodologia descrita na norma TAPPI T204-97.

Para avaliar a solubilidade dos extrativos, as amostras de resíduos de Sapucaia e Castanha-do-Pará foram moídas com auxílio de moinho de faca da marca TRAPP, visando a facilitar a subsequente extração dos extrativos.

Em seguida, foram colocadas para secar em estufa por 24 horas a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$. A extração seguiu a norma TAPPI T204-97 com Tolueno:Etanol (2:1) por 6 horas. Os extrativos foram separados do solvente usando um rota- evaporador de modelo Laborota 4002 Control Heidolph, a uma temperatura de 80°C com uma rotação de 80 rpm, posteriormente levados à estufa a 50°C até o peso constante. O solvente remanescente no rota- evaporador, foi submetido a um processo de destilação a vácuo para retirada de impurezas e qualquer resíduo proveniente da extração, com a finalidade de obter um solvente límpido e puro, o qual será reutilizado nos ensaios para posterior análise estatística.

O procedimento foi feito em triplicata, utilizando Tolueno:Etanol comercial e reutilizado previamente. A análise estatística foi conduzida com ANOVA e Teste de Tukey (5% de significância).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise do teor de extrativo das amostras dos pericarpos do fruto das espécies Castanha-do-Pará e Sapucaia, é possível observar (Tabela 1) que os teores dos extrativos comparando entre as espécies e também entre solvente comercial e reutilizado, foi observado valores de ET 5,64 e 16,71% no comercial e no Reutilizado para valores de ET entre 6,27 e 13,37%, respectivamente, sendo estatisticamente semelhante quando se compara entre os solventes para uma mesma espécie, porém quando se compara na mesma coluna para as espécies os resultados foram diferentes para as espécies com ambos solventes a Sapucaia apresentou valores superiores comparado com a Castanha-do-Pará como especificado na tabela 1.

Tabela 1: Resultados comparativos do teor extrativo entre solvente comercial e reutilizado.

Espécie	SOLVENTE COMERCIAL	SOLVENTE REUTILIZADO
	ET %	ET %
Castanha-do-Pará	5,64 ($\pm 0,92$)a	6,27 ($\pm 2,80$)a
Sapucaia	16,71 ($\pm 0,95$)b	13,37 ($\pm 1,10$)b

Onde: $P < 0,05$. Os dados entre parênteses referem-se ao desvio padrão; Médias acompanhadas pelas mesmas letras na coluna e na linha não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ET- Extrativos totais.

Os autores Carmona *et al.* (2021) observaram valores de teor de extrativos de 14,56% para Castanha-do-Pará e 16,97% para sapucaia, valores que vão de encontro com os observados neste estudo. Apesar dos valores da castanha-do-Pará serem mais baixos quando comparado ao estudo de Carmona *et al.* (2021), os autores Schleser, Helle e Vos (2015), salientam em seu estudo, que em madeiras de árvores provenientes de climas temperados, os extrativos representam entre 4% a 10% do peso seco. No entanto, em árvores tropicais, essa proporção pode haver uma variação e chegar até 20%, a depender da espécie, fatores geográficos e climáticos, assim como a variação genética entre espécies e até mesmo dentro de espécies que levaria a características distintas das estruturas das plantas (Lima A.C.P, 2021).

Dessa maneira, constatou-se que os diferentes tipos de solventes não exerceram um papel significativo na determinação dos extrativos. Tal

constatação abre caminho para a reutilização desses solventes específicos para essas espécies, uma vez que não apresentaram interferência nas análises químicas conduzidas, nem na consistência dos dados obtidos. Esse cenário proporciona vantagens ambientais notáveis, ao reduzir a necessidade de adquirir novos solventes (Goh, Wong e Ong, 2020).

Essa abordagem se alinha diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU, com destaque para a ODS 12, que visa promover padrões sustentáveis de produção e consumo (IPEA, 2019). Ao adotar essa prática, não apenas contribuímos para a preservação do meio ambiente, mas também fomentamos uma cultura de responsabilidade ecológica e econômica, trazendo impactos positivos tanto a curto quanto a longo prazo.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para teores de extrativos entre as espécies, a Sapucaia apresentou valores significativamente superiores a Castanha-do-Pará.

Já os resultados teores de extrativos entre solvente comercial e reutilizados dos pericarpos da Castanha-do-Pará e da Sapucaia mostraram diferenças não significativas, indicando a possibilidade de reutilização desses solventes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARMONA, I. N. et al.. Tannin quantification and chemical-energetic characterization of biomass residues of *Bertholletia* spp. and *Lecythis*' spp. fruits. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 26, n. 4, p. e13070, 2021.

FORSTER, Letícia MK; TANNHAUSER, Mario; TANNHAUSER, Semíramis L. Toxicologia do tolueno: aspectos relacionados ao abuso. **Revista de Saúde pública**, v. 28, p. 167-172, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89101994000200011>.

Guozhong Wu, Xingang Li, Frédéric Coulon, Hong Li, Jingyan Lian, Hong Sui. Recycling of solvent used in a solvent extraction of petroleum hydrocarbons contaminated soil. *Reciclagem de solvente usado em uma extração de solvente de solo contaminado com hidrocarbonetos de petróleo*. **Journal of Hazardous Materials**. Volume 186, Issue 1, Pages 533-539, ISSN 0304-3894. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.11.041>.

GOH, Hui Yi; WONG, Wei Wen Clarence; ONG, Yue Ying. Um estudo para reduzir os resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino de química. *Journal of Chemical Education* , v. 97, n. 1, pág. 87-96, 2019.

Hashemi, B., Shiri, F., Švec, F., & Nováková, L. Solventes verdes e abordagens recentemente aplicadas para extração de compostos bioativos naturais. **TrAC Trends in Analytical Chemistry** , Volume 157, 116732, ISSN 0165-9936. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116732>.

Higuchi, Luísa Azevedo. Avaliação da produtividade de biomassas lignocelulósicas e potencial de utilização para fins energéticos / Luísa Azevedo Higuchi, Katia Tannous. -- Campinas, SP : [s.n.], 2015.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. ODS: 12 - Consumo e Produção Sustentáveis. Especiais. Acessado em 16 agos. 2023. Online. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods12.html>

LIMA, A. C. P., Bastos, D. L. R., Camarena, M. A., Bon, E. P. S., Cammarota, M. C., Teixeira, R. S. S., & Gutarra, M. L. E. Physicochemical characterization of residual biomass (seed and fiber) from açai (*Euterpe oleracea*) processing and assessment of the potential for energy production and bioproducts. *Biomass Conversion and Biorefinery*, v. 11, p. 925-935, 2021.

Ombéline Claux, Cyrille Santerre, Maryline Abert-Vian, David Touboul, Nadine Vallet, Farid Chemat. Alternative and sustainable solvents for green analytical chemistry. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**. Volume 31, 100510, ISSN 2452-2236. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100510>.

SARTO, Camila; SANSIGOLO, Cláudio Angeli. Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2010.

G.H. Schleser, D. Anhuf, G. Helle, H. Vos. A remarkable relationship of the stable carbon isotopic compositions of wood and cellulose in tree-rings of the tropical species *Cariniana micrantha* (Ducke) from Brazil. *Chemical Geology*. Volume 401, Pages 59-66, ISSN 0009-2541. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.02.014>.

Silvério, F. O., Barbosa, L. C. D. A., Gomide, J. L., Reis, F. P., & Piló-Veloso, D. Metodologia de extração e determinação do teor de extrativos em madeiras de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 30, p. 1009-1016, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000600016>.