



Madeiras neotropicais de plantios de restauração florestal como matéria-prima de múltiplos produtos

Gabriela Aguiar Amorim¹
Alfredo José dos Santos Junior²
Raul Araujo Jacobem¹
Ana Paula Câmara³
Allana Katiussya Silva Pereira²
Ananias Francisco Dias Júnior¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo (gabriela.a.amorim@hotmail.com, rauljacobem@icloud.com, ananiasjunior@gmail.com), ² Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (alf.junior12@gmail.com, allana.florestal@gmail.com), ³ Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (apcamara01@gmail.com)

RESUMO: *Este trabalho tem por objetivo investigar as propriedades físicas e químicas de madeiras neotropicais obtidas em área sob regime de restauração florestal em local destinado a reserva legal. Foram coletadas amostras de madeira de árvores de 12 anos de 4 espécies de diferentes grupos ecológicos. Determinou-se a densidade básica, porosidade, composição química estrutural e análise imediata para determinação dos teores de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas. Os dados foram submetidos à ANOVA e, quando houve diferença estatística, ao teste Tukey a 95% de probabilidade. A madeira de *Schinus terebinthifolia* e *Cedrela fissilis*, são opções válidas para fabricação de produtos sólidos como grilling panks. A da espécie *Myroxylon peruiferum*, apresentou potencial energético para fabricação de pellets e briquetes. A *S. terebinthifolia* também pode ser direcionada ao uso de lenha. Ao final desta pesquisa foi possível subsidiar a tomada de decisão acerca da seleção de espécies neotropicais oriundas de áreas de restauração florestal para indicação de uso em múltiplos produtos, com base em suas propriedades físicas, químicas e energéticas.*

Palavras-chave: floresta em restauração, propriedades da madeira, sustentabilidade

Introdução

O século XXI tem sido marcado por ações e metas com o intuito de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, a considerar as Metas de Aichi de 2010, Desafio de Bonn de 2011 e a Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas 2021-2030, cujos objetivos convergem diretamente para a restauração de ecossistemas degradados (Lewis et al, 2019; Marchand et al, 2021). A escolha de restaurar tais ambientes com espécies arbóreas contribui para a remoção do carbono da atmosfera, reduz as ações do aquecimento no planeta e atende a compromissos climáticos globais (Lewis et al, 2019).

Uma alternativa para suprir os investimentos na implementação da restauração florestal e manter o ecossistema saudável é o seu uso múltiplo por meio do manejo sustentável (Miyamoto et al., 2021). No Brasil, a Lei N° 12.651, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa, permite que pequenos produtores explorem com restrições algumas áreas florestadas para a extração de produtos



madeireiros, denominadas “Reserva Legal” (Brasil, 2012). É importante salientar que a região Neotropical é detentora da maior riqueza de espécies do globo, com boa adaptação das espécies, que se distribuem do México Central ao sul do Brasil (Lima et al, 2018). A boa adaptabilidade das espécies presentes nessas regiões pode ser um indicativo promissor à utilização em plantios de restauração e produção de madeira.

Nesse contexto, esta pesquisa teve por objetivo investigar madeiras neotropicais, provenientes de plantio de restauração florestal, como auxílio à tomada de decisão quanto à escolha de matéria-prima para a obtenção de múltiplos produtos madeireiros.

Material e métodos

O material foi coletado na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi (Universidade de São Paulo), em uma área experimental em restauração florestal, localizada nas coordenadas 22° 43' 22" S e 48° 10' 32" W. Foram coletadas cinco árvores (12 anos) de quatro espécies, uma de cada um dos níveis de sucessão ecológica: *Schinus terebinthifolius* (pioneira), *Pterogyne nitens* (secundária inicial), *Cedrela fissilis* (secundária tardia) e *Myroxylon peruiferum* (climácica).

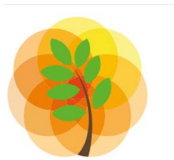
Para caracterização física das madeiras, obteve-se a densidade básica (ASTM, 2017) e a porosidade (Plötze; Niemz, 2011). Para análise imediata, obteve-se os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo conforme a norma D1762-84 (ASTM, 2021a). Quanto à composição química, obteve-se o teor de extrativos totais (ASTM, 2021b), lignina total (ASTM, 2021c) e holocelulose, determinado por diferença.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Levene) para realização da análise de variância, seguindo um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Quando houve diferença estatística, os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Resultados e discussão

As espécies apresentaram diferença estatística significativa para análise de densidade básica, que variou de 0,355 g cm⁻³ (± 0,022) a 0,652 g cm⁻³ (± 0,005). Como a porosidade é obtida a partir da razão entre densidade básica e densidade verdadeira, é esperado que seus resultados sejam inversamente proporcionais aos de densidade básica. As médias de porosidade apresentaram variação de 46,27% (± 3,76) a 69,05% (± 1,56).

Conforme classificação de densidade básica realizada por Vidaurre et al (2022), as espécies



P. nitens e *M. peruiiferum* foram consideradas, respectivamente, madeiras “médias” e “pesadas”, enquanto as espécies *S. terebinthifolia* e a *C. fissilis* foram consideradas madeiras “leves”. Madeiras de média e alta densidade básica podem ser matéria prima de produtos de valor agregado como móveis e peças decorativas. Já madeiras de menor densidade são melhores para produção de tábuas de cocção de alimentos (Guedes, 2019), pequenos objetos de madeira e até mesmo brinquedos.

Densidade básica e porosidade são reflexos da quantidade de material lenhoso na madeira (Carvalho, 2006). A importância da porosidade está em mensurar a capacidade de retenção de água de uma peça e ao seu volume vazio de poros. Uma porosidade maior pode ser interessante a produtos que necessitem da absorção de determinados compostos, ou até mesmo para a transferência das propriedades da madeira a um alimento, como ocorre, conforme Guedes (2019), em tábuas de cocção. As espécies com menores resultados densidade básica e maiores de porosidade foram *C. fissilis* e *S. terebinthifolia*.

Quanto as análises químicas, a média do teor de extrativos variou de 3,66% ($\pm 0,16$) a 8,99% ($\pm 0,21$), o teor de lignina de 27,87% ($\pm 1,69$) a 33,79% ($\pm 0,69$), enquanto o de holocelulose de 60,75% ($\pm 0,52$) a 65,36% ($\pm 1,91$). Houve diferença estatística nos teores de extrativos das espécies avaliadas. As maiores médias de extrativos foram encontradas na madeira de *S. terebinthifolia* e *C. fissilis*, indicando relação positiva com a densidade básica e porosidade. A presença de extrativos pode ser um fator decisivo na escolha da madeira, visto que são componentes que fornecem valor estético e aromático ao material (Protásio, 2021), o que reforça o potencial de uso da madeira das espécies *S. terebinthifolia* e *C. fissilis* para produtos como tábuas de cocção. Em relação à holocelulose, madeiras com maior teor podem ser destinadas à fabricação de lâminas, uma vez que tendem a apresentar melhor trabalhabilidade (Pereira, 2015). A espécie *P. nitens* obteve a maior porcentagem de holocelulose (65,36%). No que se refere ao teor de lignina, madeiras mais lignificadas são comumente destinadas a usos que exigem maior resistência ao degradar os componentes metabólitos (Cunga et al, 2015). Para estes parâmetros, a madeira da *C. fissilis* se destacou pela menor porcentagem de holocelulose, e segundo maior teor de lignina.

Na análise imediata, a média dos materiais voláteis variou de 81,71% a 87,01%, do teor de cinzas de 0,17% a 1,05% e o carbono fixo de 12,83 a 17,24%. No teor de cinzas, houve diferença estatística apenas para a espécie *S. terebinthifolia*, apresentando o maior valor. Já os outros dois parâmetros se diferenciaram estatisticamente em todas as espécies trabalhadas. A espécie *M. peruiiferum* obteve a maior média de teor de materiais voláteis. Altos teores de materiais voláteis combinados a baixos teores de carbono fixo levam a uma combustão mais acelerada da madeira (Caillat; Vakkilainen, 2013). A espécie *S. terebinthifolia* apresentou o maior valor de carbono fixo, o



que a indica como madeira de maior potencial para ser utilizada como combustível (lenha) no processo de cocção de alimentos. Quanto ao teor de cinzas, em decorrência do seu conteúdo mineral, trata-se de componentes que podem influenciar em alguns processamentos e acabamentos da madeira. Por exemplo, na etapa de colagem de lâminas, pode haver incompatibilidade dos compostos químicos da madeira ao da cola utilizada (Souza, 2019). O baixo teor de cinzas é importante para combustão de briquetes e pellets, pois, a presença deste material reduz a eficiência energética devido a seu baixo poder calorífico (Deboni et al., 2019). Nesse sentido, em conjunto a seus valores de densidade básica, porosidade e teor de lignina, *M. peruiiferum*, apresenta potencial para confecção destes produtos.

Conclusão

A madeira das espécies *P. nitens* e *M. peruiiferum*, consideradas de média densidade, podem ser utilizadas na fabricação de móveis e peças decorativas de madeira. Já a madeira das espécies *S. terebinthifolia* e *C. fissilis*, que apresentaram baixa densidade, podem ser direcionadas a confecção de produtos que não exijam tanto deste parâmetro como: acabamentos, divisórias, compensados e materiais laminados. As análises descritas neste trabalho foram um pré-diagnóstico da utilização da madeira destas espécies como matéria prima.

Referências bibliográficas

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - ASTM. D1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. West Conshohocken: ASTM, 2021a.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - ASTM. D1106: Standard Test Method for Acid-Insoluble Lignin in Wood. West Conshohocken: ASTM, 2021b.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - ASTM. D1107: Standard Test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood. West Conshohocken: ASTM, 2021c.
- BRASIL. Casa Civil. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF, 2012.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006.
- CAILLAT, S.; VAFFILAINEN, E. Large-scale biomass combustion plants: an overview. In: ROSENDAHL, L. (Ed.). Biomass Combustion Science, Technology and Engineering. Sawston: Woodhead Publishing, 2013, p. 189-224.
- CUNGA, D.; SANGUMBE, L.; MALENGUE, A.; VENTO, R. Utilización de productos orgánicos para el combate de plagas y enfermedades en las propiedades campesinas de Huambo, Angola. Ojeando la agenda, v. 59, 2019.
- DEBONI, T. L.; SIMONI, F. J.; BRAND, M. A.; LOPES, G. P. Evolution of the quality of forest biomass for energy generation in a cogeneration plant. Renewable Energy, v. 135, p. 1291-1302, 2019.
- GUEDES, U. H. Identificação e caracterização das propriedades da madeira de espécies brasileiras visando à produção de lamelas de madeira para churrasco (grilling planks). 2019. Dissertação de Mestrado (Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- LEWIS, S. L.; WHEELER, C. E.; MITCHARD, E. T. A.; KOCH, A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. Nature, v. 568, n. 7750, p. 25-28, abr. 2019.



- LIMA, N. E., CARVALHO, A. A.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; MANFRIN, M. H. Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v. 69, n. 4, p. 2209-2222, dez. 2018.
- MARCHAND, L. et al. Conceptual and methodological issues in estimating the success of ecological restoration. *Ecological Indicators*, Pessac, v. 123, n. 107362, abr. 2021.
- MIYAMOTO, A.; SANO, M.; TERAZONO, R.; YAMADA, S.; SHIMIZU, A. Assessment of wood provisioning in protected subtropical forest areas for sustainable management beyond the zone. *Journal of Environmental Management*, v. 297, 112337, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112337>
- PEREIRA, K. N. Qualidade da superfície da lâmina de madeira de figueira (*Ficus spp.*) submetida a tratamentos de acabamentos. 2015. 33 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- PLÖTZE, M.; NIEMZ, P. Porosity and pore size distribution of different wood types as determined by mercury intrusion porosimetry. *European Journal of Wood and Wood Products*, v. 69, p. 649-657, 2011.
- SOUZA, G. O. Viabilidade técnica de espécies madeireiras da caatinga para a produção de painéis de madeira colada lateralmente. 2019. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Agrícola de Jundiá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- PROTÁSIO, T. P.; LIMA, M. D. R.; TEIXEIRA, R. A. C.; ROSÁRIO, F. S.; ARAÚJO, A. C. C.; ASSIS, M. R.; HHEIN, P. R. G.; TRUGILHO, P. F. Influence of Extractives Content and Lignin Quality of Eucalyptus Wood in the Mass Balance of Pyrolysis Process. *BioEnergy Research*, v. 14, p. 175-189, 2021.
- VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil. 1. ed. Vitória: Edufes, 2020.

