

## Teores de extrativos na madeira de Mogno Brasileiro

### Extractive contents in Brazilian Mahogany wood

DOI:10.34115/basrv5n4-011

Recebimento dos originais: 21/06/2021

Aceitação para publicação: 21/07/2021

#### **Leonardo Antônio Moraes Zaque**

Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso  
E-mail: leonardo\_zaque@hotmail.com

#### **Zaíra Morais dos Santos Hurtado de Mendoza**

Doutora em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil.  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso  
Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT,  
Brasil  
E-mail: zairamorais09@gmail.com

#### **Pedro Hurtado de Mendoza Borges**

Doutor em Máquinas Agrícolas pela Universidade de Rostock, Alemanha.  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso  
Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT,  
Brasil  
E-mail: pedrohmborges14@gmail.com

#### **Mayra Daniela Ferreira**

Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso  
E-mail: mayradaniela90@gmail.com

#### **Pedro Hurtado de Mendoza Morais**

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso  
Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT,  
Brasil  
E-mail: pedromorais08@hotmail.com

### **RESUMO**

O Mogno é uma espécie de ocorrência natural no Brasil e em vários outros países da América do Sul. A madeira é usada na produção de móveis, por causa da facilidade com que é trabalhada, pela estabilidade dimensional e durabilidade. A elevada qualidade dessa madeira e, conseqüentemente, a grande aceitação no mercado consumidor, estimula a sua exploração ilegal. No intuito de preservá-la, ela foi incluída na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, passando a ser objeto de estudo por vários pesquisadores. Neste trabalho objetivou-se quantificar, em diferentes tipos de solventes, os teores de extrativos na madeira de mogno brasileiro, visando ampliar os estudos referentes às qualidades tecnológicas dessa espécie. A solubilidade dos compostos foi quantificada aplicando-se os métodos de extrações em água (fria e quente) norma ABTCP M4/68, NaOH (1%) norma ABTCP M5/68 e álcool/tolueno norma ABTCP M3/69,

adotando-se 6 (seis) repetições para cada ensaio. Concluiu-se que os menores teores de extrativos foram para os ensaios com água fria e os maiores foram com o uso de hidróxido de sódio (1%), sendo a base o local do tronco onde ocorreu a maior solubilidade desses compostos, independentemente do tipo de solvente utilizado. A quantidade de material extraído foi compatível com o de outras folhosas estudadas na literatura, o que motiva as pesquisas com essa espécie para uso em plantios homogêneos e/ou consorciados, para fins de suprimento de madeira e derivados para o setor florestal.

**Palavras-Chave:** Componentes Químicos, Madeiras Tropicais, Solventes.

#### **ABSTRACT**

Mahogany is a species that occurs naturally in Brazil and in several other countries in South America. The wood is used in the production of furniture, because of the ease with which it is worked, its dimensional stability and durability. The high quality of this wood and, consequently, the wide acceptance in the consumer market, encourages its illegal exploitation. In intent to preserve it, it was included in the official list of species of the Brazilian flora threatened with extinction, becoming the object of study by several researchers. The objective of this work was to quantify, in different types of solvents, the extractive contents in Brazilian mahogany wood, aiming to expand the studies regarding the technological qualities of this specie. The solubility of the compounds was quantified by applying the methods of extractions in water (cold and hot) ABTCP M4/68 standard, NaOH (1%) ABTCP M5/68 standard and alcohol/toluene ABTCP M3/69 standard, adopting 6 (six) repetitions for each test. It was concluded that the lowest levels of extractives were for the tests with cold water and the highest were with the use of sodium hydroxide (1%), the base being the location of the trunk where the highest solubility of these compounds occurred, regardless of type of solvent used. The amount of material extracted was compatible with that of other hardwoods studied in the literature, which motivates research with this species for use in homogeneous and/or intercropped plantations, for supplying wood and derivatives for the forestry sector.

**Keywords:** Chemical Components, Tropical Woods, Solvents.

## **1 INTRODUÇÃO**

O Mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) é uma espécie de ocorrência natural no Brasil e em vários outros países da América do Sul. Em solo nacional ela predomina na região amazônica, mas foi introduzida em outros estados da federação (TEREZO, 2002).

Sua madeira é usada na produção de móveis, por causa da facilidade com que é trabalhada, pela sua estabilidade dimensional e durabilidade. Depois de polida, seu lenho apresenta um aspecto castanho-avermelhado brilhante que chama atenção pela beleza. Normalmente é usada em mobiliário de luxo, objetos de adorno, painéis, acabamentos internos, entre outros. É aproveitada também na produção de instrumentos musicais, principalmente em guitarras e violões, pelo timbre característico e ressonância sonora,

que tende ao médio-grave. Devido ao conjunto de qualidades tecnológicas que reúne, essa espécie é muito requisitada no mercado mundial (CARVALHO, 2007).

A elevada qualidade dessa madeira e, conseqüentemente, sua grande aceitação no mercado consumidor, estimula a exploração ilegal da espécie, colocando-a em risco de extinção, visto que no mercado abastecido com madeiras ilegais, o mogno possui significativa parcela. No intuito de preservá-la garantindo-lhe um futuro como patrimônio natural, ela foi incluída na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e consta nos organismos internacionais de proteção que proíbem a sua comercialização pelo mundo (CITIES - Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), a não ser que seja proveniente de um plantio ou plano de manejo certificado e autorizado (GROGAN et. al, 2002).

Atualmente existem alguns estudos silviculturais voltados para o desenvolvimento de florestas plantadas de mogno, visando atender o mercado madeireiro e concomitantemente, preservar as florestas nativas dessa espécie. Entretanto, aliada à parte silvicultural, deve-se também, serem desenvolvidas pesquisas relacionadas ao uso da madeira, visando o aproveitamento racional do lenho (FERREIRA et al., 2015). Os produtores e investidores florestais seguem os modelos de implantação dos povoamentos de espécies nativas de acordo com técnicas de manejo empregadas para a cultura do eucalipto, devido em parte, à carência de informações sobre plantações comerciais das espécies nativas brasileiras (SILVA et al., 2019).

Nesse sentido, a área de tecnologia e utilização de produtos florestais, dedica-se ao estudo das características que atestam a qualidade das madeiras, tendo como base a análise de suas propriedades anatômicas, químicas, físicas, mecânicas e energéticas. Essas propriedades isoladas não servem como parâmetro de qualidade, elas devem ser vistas como ferramentas que se complementam para predizer e/ou aprimorar os usos das espécies (MENDOZA, 2021).

Na análise química do lenho, os estudos englobam os compostos fundamentais que pertencem à parede celular dos vegetais (celulose, polioses e lignina) e os compostos acidentais (extrativos e minerais), que estão fora da parede celular. As pesquisas com os compostos fundamentais são direcionadas para a área de produção de polpa celulósica, papel, biorrefinaria e bioenergia. Já os compostos acidentais, tem seus estudos voltados para a área de processamento mecânico (serraria, laminadoras, móveis), durabilidade natural, fitoquímicos, farmacologia, cosmetologia, adesivos, dentre outros (FENGEL e WEGENER, 1989).

Os componentes acidentais denominados de extrativos são materiais orgânicos, possíveis de serem extraídos da madeira com o uso de água, solventes orgânicos neutros, ou vapor. Eles consistem em material orgânico oleofílico de baixa massa molecular, podendo conter na sua constituição terpenos, lignanas, estilbenos, flavonoides e vários outros grupamentos aromáticos, além de gorduras, ceras, ácidos graxos, álcoois, esteroides e hidrocarbonetos de elevada massa molecular (SARTO e SANSIGOLO, 2010).

Em se tratando de produção florestal, os compostos químicos não pertencentes à parede celular geram produtos não madeireiros, especificamente produtos bioquímicos. Tendo como base o uso múltiplo da floresta e a sustentabilidade, os produtos não madeireiros abastecem diferentes segmentos da indústria e necessitam serem estudados (ELIAS e SANTOS, 2016). A análise dos componentes não madeireiros seria muito interessante, considerando-se que eles integram um objeto chave na economia de várias regiões e são provenientes em sua maioria de florestas naturais (LIMA et al., 2020).

Diante do exposto, essa pesquisa objetivou quantificar, em diferentes tipos de solventes, os teores de extrativos na madeira de mogno brasileiro, visando ampliar o estudo das qualidades tecnológicas dessa espécie.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa foi utilizado um exemplar da espécie *Swietenia macrophylla* King, conhecida vulgarmente como mogno brasileiro, com idade de vinte anos, proveniente do Campus da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. Essa árvore foi danificada naturalmente pela ação de vento e teve que ser derrubada, sendo aproveitada para pesquisas dentro da instituição. Após a determinação da altura comercial da árvore (4,10 m), o tronco foi estratificado em 3 (três) discos de 5 cm de espessura, retirados na base (0,20 m acima do solo), DAP – Diâmetro altura do peito (1,30 m acima do solo) e ápice sem bifurcação (4,0 m acima do solo). Sequencialmente os discos foram identificados, descascados e processados tendo como referência a norma ABTCP-M1/71.

Os teores de extrativos foram quantificados aplicando-se os métodos de extrações em água (fria e quente) - norma ABTCP M4/68; NaOH (1%) - norma ABTCP M5/68; álcool/tolueno - norma ABTCP M3/69, adotando-se 6 (seis) repetições para cada ensaio.

Para os ensaios em água fria adicionou-se 300 mL de água destilada a 2 gramas de serragem absolutamente seca, deixando a mistura em repouso por 48 horas. Após o repouso, o material foi filtrado e seco em estufa até peso constante. Nos ensaios com água

quente foram colocados 100 mL de água destilada a 2 gramas de serragem absolutamente seca. Em seguida a mistura foi aquecida em banho-maria por três horas a 100°C. Posteriormente as amostras foram filtradas e secas em estufa até peso constante. Para a análise da solubilidade dos extrativos em hidróxido de sódio (1%) foi realizada adicionando-se 100 mL de NaOH (1%) a 2 gramas de serragem absolutamente seca. Em seguida, as amostras foram aquecidas em banho-maria por 1 hora a 100°C, filtradas e secas em estufa até peso constante. As extrações com álcool/tolueno foram executadas colocando-se 250 mL da mistura de etanol/tolueno (1:2) em contato com cinco gramas de serragem de madeira absolutamente seca. A mistura foi levada para aquecimento em extrator tipo soxhlet, onde permaneceu em refluxo por seis horas. Posteriormente, eliminou-se o solvente residual das amostras, levando-as para secar em estufa até peso constante. Para os quatro ensaios, a quantificação de extrativos foram feitas aplicando-se a equação 1.

$$E(\%) = \left( \frac{P_i - P_f}{P_f} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

E: Porcentagem de extrativos (%);

P<sub>i</sub>: Peso inicial (g);

P<sub>f</sub>: Peso final (g).

Na condução do experimento utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis repetições, considerando-se como tratamento as alturas (locais) onde os discos foram retirados no tronco. Os dados foram avaliados empregando-se análise descritiva, análise de variância, teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparação das médias e ajuste de modelos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

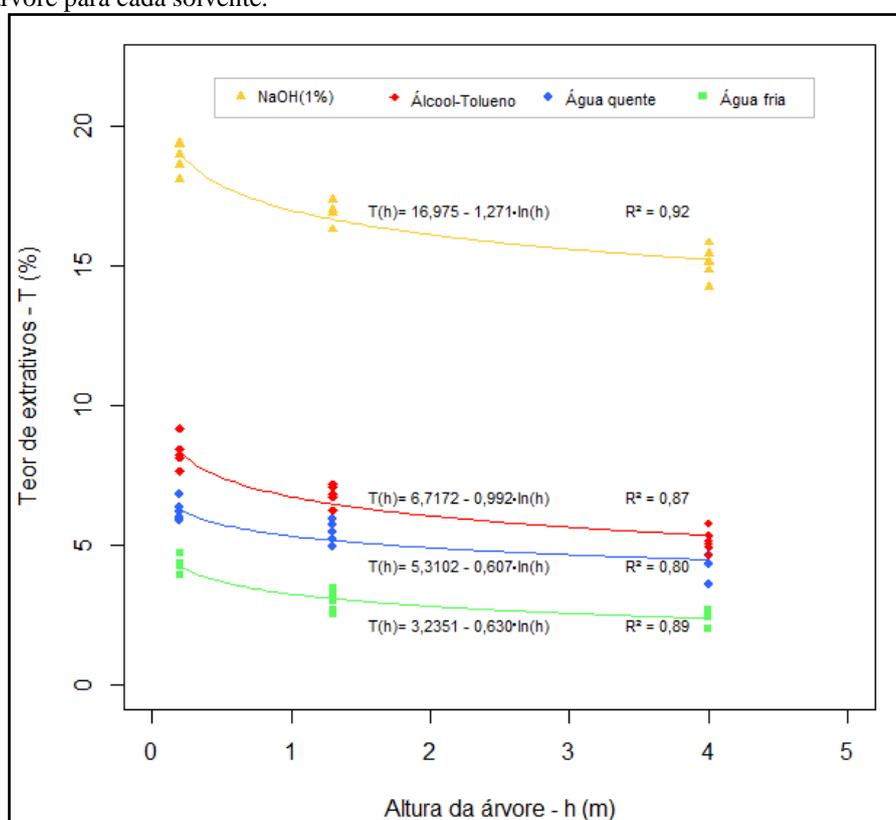
Comparando-se os quatro métodos de quantificação dos extrativos na madeira de mogno, observa-se que o hidróxido de sódio (1%) solubilizou maior teor de material, seguido da mistura de álcool/tolueno e água. Em se tratando do solvente água, a quente extraiu mais do que a fria (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1. Valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação do teor de extrativos, em função da altura da árvore para cada solvente, bem como os resultados do teste Tukey.

Altura e Posição do disco no tronco (m)	Água		Hidróxido de Sódio NaOH (1%)	Álcool-Tolueno
	Fria	Quente		
0,20 (Base)	4,27 <sup>±0,26</sup> (6,03) a	6,18 <sup>±0,35</sup> (5,61) a	18,94 <sup>±0,53</sup> (2,79) a	8,19 <sup>±0,57</sup> (7,02) a
1,30 (DAP)	3,00 <sup>±0,29</sup> (9,67) b	5,44 <sup>±0,35</sup> (6,47) b	16,86 <sup>±0,34</sup> (2,03) b	6,79 <sup>±0,34</sup> (4,95) b
4,00 (Ápice)	2,40 <sup>±0,23</sup> (9,66) c	4,29 <sup>±0,39</sup> (9,19) c	15,08 <sup>±0,53</sup> (3,54) c	5,13 <sup>±0,39</sup> (7,64) c

Exponentes precedidos de ± representam o desvio-padrão e valores entre parêntesis correspondem ao coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 1. Diagrama de dispersão com as curvas e modelos ajustados do teor de extrativos, em função da altura da árvore para cada solvente.



Conforme Tabela 1, houve boa precisão nos ensaios, pois os coeficientes de variação foram inferiores a 10% para todas as posições do disco e solventes. Além disso, verificou-se que os compostos químicos extraídos, ao longo do tronco, diferiram em nível de 5% de significância pelo teste Tukey, com a base apresentando a maior quantidade e o ápice a menor, independentemente do tipo de solvente. Isso provavelmente ocorreu, porque na região da base tem mais cerne e menos alburno, sendo o cerne o local, dentro da estrutura macroscópica do tronco sem casca, onde se concentra mais extrativos.

Para todos os solventes, o teor de extrativos mostrou uma tendência decrescente

da base para o ápice, ficando mais acentuada entre a base e o DAP, porém, do DAP até o ápice a redução foi mais suave, corroborando-se com a premissa, que a maior concentração de extrativos localiza-se na base do tronco. A referida tendência foi representada por um modelo logarítmico, o qual possibilitou estimar o teor de extrativo, em função da altura do tronco. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos comprovaram bons ajustes (Figura 1).

A água fria extrai substâncias como substâncias pécnicas, gomas, taninos, açúcares e corantes, enquanto a água quente, além de extrair as mesmas substâncias da água fria, extrai também o amido. Além disso, a água quente pode hidrolisar uma fração dos polissacarídeos, especialmente as polioses de baixo peso molecular, promovendo a separação dos seus grupos acetil e formando ácido acético.

A solução de álcali aquecida NaOH (1%) solubiliza extrativos e carboidratos de baixo peso molecular, constituídos essencialmente de polioses e celulose degradada. A solubilidade da madeira em NaOH (1%) serve como um indicativo para avaliar o grau de degradação por fungos, calor, luz, oxidação, entre outros, sendo que, na madeira degradada, a porcentagem de materiais solúveis em álcali aumenta (TAPPI, 1994). Já a mistura de etanol/tolueno na proporção 1:2 extrai ceras, gorduras, resinas, polifenóis, óleos e parte dos compostos solúveis em água (OLIVEIRA et al., 2005).

De acordo com Wastowski (2018), não existe um só solvente que solubiliza todos os extrativos que existem na madeira, cada tipo de solvente é seletivo para um grupo diferenciado de compostos químicos e por isso mesmo, eles devem ser usados em extrações sucessivas, para que o material lenhoso seja analisado da melhor forma possível.

Esses compostos são responsáveis por determinadas propriedades importantes da madeira como: cheiro, cor, resistência natural ao apodrecimento, propriedades abrasivas e gosto. Sua quantidade relativa e composição depende da idade da planta, espécie e região de procedência. Nas árvores eles predominam nas folhas, acículas, flores, frutos, sementes e casca, sendo que na maioria das vezes, as quantidades nesses compartimentos são, proporcionalmente, superiores aos encontrados no tronco, e dentro dessa região, eles se concentram preferencialmente na casca e no cerne (BROWNING, 1963).

Eles poderão desvalorizar ou valorizar as madeiras e depende do uso que se deseja. As espécies para serem empregadas no processamento mecânico e futura colagem, não devem conter grande quantidade de extrativos, pois eles podem migrar para a superfície das peças e impedir a colagem ficando ancorados, impedindo o contato da madeira com

a cola, não permitindo a ligação física e química do aderente e do adesivo, provocando uma linha de cola fraca (TSOUMIS, 1991). Entretanto, em outras áreas tais como farmacologia, cosmetologia, biorrefinarias e bioenergia sua presença é desejável (FUMAGALI, et al, 2008)

Na análise da madeira de bracatinga, Barrichelo (1968) obteve teores de 1,6%, 4,1% e 19% para extrativos em água fria, água quente e hidróxido de sódio (1%) respectivamente. Corroborando que o hidróxido de sódio (1%) solubiliza mais e a água fria menos. Ferreira et al. (2015), trabalhando com madeira de teca, encontraram para os teores de extrativos solúveis em água os seguintes resultados: 3,44% para água fria e 9,66% para água quente, comprovando que a água quente retira mais extrativos que a água fria. Santos et al. (2020), pesquisando a espécie mogno africano obtiveram valores percentuais médios de 3,91; 4,97; 20,57 e 6,35 para extrativos solúveis em água fria, quente, NaOH (1%) e álcool/tolueno, conforme ordem de valores numéricos apresentada. Almeida et al (2015) analisando a composição química de cinco espécies da Amazônia Meridional obtiveram valores de extrativos totais variando de 1,99 a 3,47%.

Devido à proibição de corte do mogno, o número de trabalhos encontrados na mesma linha de pesquisa foi reduzido, por isso algumas comparações foram realizadas com outras espécies de folhosas, cujas metodologias estavam em conformidade com as utilizadas no presente estudo.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os menores teores de extrativos foram para os ensaios com água fria e os maiores foram com o uso de hidróxido de sódio (1%), sendo a base o local do tronco onde ocorreu a maior solubilidade desses compostos, independentemente do tipo de solvente utilizado. A quantidade de material extraído foi compatível com o de outras folhosas estudadas na literatura, o que motiva as pesquisas com essa espécie para uso em plantios homogêneos e/ou consorciados, para fins de suprimento de madeira e derivados para o setor florestal.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. P. S.; RODRIGUES, D. A.; CASTELO, P. A. R. Determinação das Propriedades Químicas de Madeiras da Amazônia Meridional. **Scientific Electronic Archives**, v.8, n.1, p. 2015. DOI: <https://doi.org/10.36560/812015113>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – **ABTCP** – Coletâneas de Normas Técnicas, 2005.

BARRICHELO, L. E. G. Celulose sulfato de bracinga. **IPEF**, p.43-46, 1968.  
Disponível em:  
<[http://www.celsofoelkel.com.br/artigos/outros/01\\_Celulose%20sulfato%20bracinga.pdf](http://www.celsofoelkel.com.br/artigos/outros/01_Celulose%20sulfato%20bracinga.pdf)>

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: John Wiley & Sons, 1963, 689 p.

CARVALHO, P. E. R. Mogno - *Swietenia macrophylla*. Circular Técnica nº 140, **Embrapa Florestas**, 2007, 12p. ISSN 1517-5278

ELIAS, G. A.; SANTOS, R. Produtos florestais não madeireiros e valor potencial de exploração sustentável da floresta atlântica no sul de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 249-262, jan.-mar., 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509821117>

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. 2. ed., Berlin: Walter de Gruyter, 1989, 613 p.

FERREIRA, K. A. C.; MENDOZA, Z. M. S. H.; RIBEIRO, E. S.; BATISTA, B. M. F.; SILVA, J. C. da. Análise dos compostos acidentais na madeira de *Tectona grandis* L.F. **Biodiversidade**, v.14, n.1, p. 1-7, 2015.

FUMAGALI, E.; GONÇALVES, R. A. C.; MACHADO, M. F. P. S.; VIDOTI, G. J.; OLIVEIRA, A. J. B. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n. 4, p. 627-641, Out./Dez. 2008.  
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000400022>

GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. Mogno na Amazônia Brasileira: Ecologia e Perspectivas de Manejo. **IMAZON**. 2002, 40 p.

LIMA, R. B.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; GUEDES, M.C.; SILVA, D. A. S.; OLIVEIRA, C. P.; SANTOS, R. M.; CARVALHO, E. P. F.; SILVA, R. M. A. Valoração de componentes não madeireiros na Amazônia: metodologias de quantificação para a geração de renda. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 2, p.561-591mar./abr. 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv4n2-012>

MENDOZA, Z. M. S. H. Tecnologia Química de Produtos Florestais. Cadernos didáticos, Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 110 p., 2021.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; DELLA LUCIA, R. M.; SOUZA JUNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. SIF (Sociedade de Investigações Florestais). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.819-826, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000500017>

SANTOS, L. H. O.; ALEXANDRE, F. S. MENDOZA, Z. M. S. H.; SOUZA, E. C.; BORGES, P. H. M.; MARIANO, R. R.; DIAZ, L. M. G. R.; NUNES, C. A. Características químicas e físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 3, p. 361-366, mai./jun. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9526>

SARTO, C.; SANSIGOLO, C. A. Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v.32. n.3. p.277-235, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i3.4237>

SILVA, J. G. M.; VIDAURRE, G. B.; MININI, D.; OLIVEIRA, R. F.; ROCHA, S. M. G.; GONÇALVES, F.G. Qualidade da madeira de mogno brasileiro plantado para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 1-12, mar. 2019. DOI: <dx.doi.org/10.18671/scifor.v47n121.01>

TECHNICAL ASSOCIATION FOR THE WOLDWIDE PULP, PAPER AND CONVERTING INDUSTRY -TAPPI. **TAPPI 212**: One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta; 1994c.

TEREZO, E. F. M. Status do mogno (*Swietenia macrophylla*, King) na Amazônia Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002, 47 p.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: Structure, properties, utilization**. New York, Chapman & Hall. 1991, 494 p.

WASTOWSKI, A. D. **Química da madeira**, 1. ed., Rio de Janeiro, Interciência, 2018, 584 p.