



Caracterização da madeira de espécies da Amazônia

Characterization of Amazon woods

Dayane Targino de Medeiros¹, Rafael Rodolfo de Melo^{2*}, Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori³,
Felipe Gomes Batista¹ e Adriano Reis Prazeres Mascarenhas¹

¹ Universidade Federal de Lavras. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira. Lavras, Minas Gerais, Brasil.
dayanemedeiros@gmail.com
felipejp.gomes@gmail.com
adriano.mascarenhas@unir.br

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

³ Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba, Paraná, Brasil. pedrocademartori@gmail.com

* Autor de correspondência.
rafael.melo@ufersa.edu.br

RESUMO

Diante da elevada demanda por madeira de qualidade pelo setor florestal e madeireiro, o conhecimento das propriedades de novas espécies florestais torna-se imprescindível para que se tenha um comércio abastecido e diversificado, reduzindo assim, a exploração de um pequeno grupo de espécies em função do desconhecimento das demais. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar as propriedades físicas, químicas e de superfície da madeira de quatro espécies da Amazônia. Foram utilizadas amostras de madeira de timborana (*Piptadenia suaveolens*), pequiá (*Caryocar villosum*), sucupira amarela (*Bowdichia nitida*) e maçaranduba (*Manilkara huberi*). As madeiras foram avaliadas quanto a sua composição química, propriedades físicas (densidade, porosidade, contrações e umidade) e propriedades de superfície (colorimetria e molhabilidade). Na madeira de pequiá obteve-se os maiores percentuais de holocelulose (73,42%), extrativos (5,10%) e cinzas (1,06%). Observou-se que as madeiras de maçaranduba e sucupira amarela foram as mais densas, com valores de densidade aparente de 0,96 e 0,98 g/cm³, respectivamente. Na madeira de timborana registrou-se a maior estabilidade dimensional, obtendo valores de 2,03 (β_r), 4,45 (β_t) e 7,23 (β_v). Já nas propriedades de superfície, conforme os valores dos parâmetros colorimétricos, as madeiras classificaram-se como rosa-acinzentado (timborana), oliva-amarelado (pequiá), oliva (sucupira amarela) e marrom-escuro (maçaranduba). Com relação a molhabilidade, verificou-se redução do ângulo de contato da água de 5 s para 10 s, em ambas as madeiras e planos. E constatou-se que as madeiras timborana diferiram estatisticamente quando se analisou o ângulo de contato em relação à face da madeira e o tempo. Assim, as madeiras tropicais avaliadas apresentaram propriedades relevantes para aplicações diversas no comércio madeireiro.

PALAVRAS CHAVE: colorimetria, física da madeira, madeira tropical, molhabilidade.

ABSTRACT

The high demand for quality wood by the forestry and timber sector, the knowledge of the properties of new forest species becomes essential to have a stocked and diversified trade, thus reducing the exploitation of a small group of species due to the unfamiliarity of the other species. Thus, the objective of this work was to analyze the physical, chemical, and surface properties of the wood of four species of the Amazon. Samples of timborana (*Piptadenia suaveolens*), pequiá (*Caryocar villosum*), sucupira (*Bowdichia nitida*) and maçaranduba (*Manilkara huberi*) were obtained. The wood was evaluated for their chemical constitution, physical properties (density, porosity, shrinkage, and moisture content) and surface properties (color and wettability). The highest percentage of holocellulose (73,42%), extracts (5,10%) and ashes (1,06%) were obtained in the pequiá wood. It was observed that the maçaranduba and sucupira were the densest, with apparent density values of 0,96 and 0,98 g/cm³, respectively. In timborana wood the greatest dimensional stability was registered, obtaining values of 2,03 (β_r), 4,45 (β_t) and 7,23 (β_v). In the surface properties, according to the values of the colorimetric parameters, the woods were classified as pinkish gray (timborana), yellowish olive (pequiá), olive (sucupira) and dark brown (maçaranduba). Regarding wettability, there was a reduction in the water contact angle from 5 s to 10 s, in both wood and planes. And it was found that the timborana woods differed statistically when the contact angle in relation to the face of the wood and the time was analyzed. Thus, the tropical woods evaluated presented relevant properties for various applications in the timber trade.

KEYWORDS: colorimetry, wood physics, tropical wood, wettability.

INTRODUÇÃO

Devido à grande diversidade e quantidade, os recursos florestais da Amazônia proporcionam inúmeros serviços ecossistêmicos e benefícios socioeconômicos para parcela considerável da população amazônica, principalmente quando se trata da exploração dos produtos não-madeireiros e madeireiros (Reis *et al.* 2019).

As madeiras da Amazônia são comercializadas em diversos países, suas aplicações abrangem a produção de móveis, produção de laminados, instrumentos musicais, pisos e vigas na construção civil. Porém, a exploração de madeira tropical restringe-se a poucas espécies, das quais pode-se destacar a maçaranduba (*Manilkara huberi*), tauari (*Couratari* spp.), sucupira (*Bowdichia* sp.), jatobá (*Hymenaea* spp.), pequiá (*Caryocar villosum*) e timborana (*Piptadenia suaveolens*) (Kloczko *et al.*, 2017; Teixeira, Cunha, Wimmer e Andrade, 2019).

Além da extração significativa de espécies madeireiras, o crescimento da fronteira agropecuária e a exploração ilegal de madeiras ocasionaram danos severos aos maciços florestais da Amazônia, apesar de existirem políticas governamentais e legislações direcionadas ao uso sustentável desses recursos. Isso afeta diretamente a disponibilidade de madeira tropical nativa, haja vista que é um parâmetro dependente da conservação de florestas naturais.

A pequena quantidade de informações relacionadas a caracterização das madeiras amazônicas deve-se a diversidade das espécies do bioma, além da complexibilidade de estudar as variações ocasionadas pelo processo de crescimento das árvores, no qual proporcionam alterações nas constituições químicas, no arranjo anatômico e nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cada espécie (Rocha *et al.* 2020).

Conhecendo essas características, pode-se subsidiar a exploração racional das florestas, no qual otimiza-se o uso da madeira, reduz o desperdício e agrega valor aos produtos. Além disso, possibilita que madeiras pouco conhecidas atinjam o mesmo patamar de mercado daquelas

tradicionalmente comercializadas (Melo *et al.* 2019; Zaque e Melo, 2019; Reis *et al.* 2019).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas, químicas e de superfície da madeira de quatro espécies da Amazônia (timborana, pequiá, sucupira amarela e maçaranduba) que possuem destinação diversificada na cadeia produtiva do setor florestal da região Amazônica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para implementação deste estudo, utilizou-se madeiras em forma de pisos comerciais das espécies tropicais *Piptadenia suaveolens* (timborana), *Caryocar villosum* (pequiá), *Bowdichia nitida* (sucupira amarela) e *Manilkara huberi* (maçaranduba), obtidas a partir de planos de manejo florestal conforme a legislação vigente. A madeira foi gentilmente doada pela Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira (ANPM), sediada no município de Piracicaba, São Paulo.

O material foi caracterizado quanto as suas propriedades químicas, físicas, colorimétricas e de superfície.

Caracterização química

As amostras de madeira das espécies em estudo foram transformadas em palitos, depois processadas em moinho de facas do tipo Willey e o pó produzido foi peneirado em malha de 40 *mesh*. Em seguida, com base nas normas TAPPI T 204 e TAPPI T 207 (Technical Association of the Pulp and Paper Industry [TAPPI], 1997; TAPPI, 1999), realizou-se, em triplicata, a determinação do teor de extrativos em água quente, água fria e solvente orgânico (acetona).

Os teores de cinzas e de lignina foram determinados seguindo as metodologias apresentadas em TAPPI T 211 e TAPPI T 222 (TAPPI, 1998; TAPPI, 1999) em triplicata. O teor de holocelulose foi calculado pela diferença entre a composição química total e soma do teor de lignina, extrativos e fração inorgânica.



Caracterização física

Utilizou-se doze corpos de prova da madeira de cada espécie medindo $4,7\text{ cm} \times 2,5\text{ cm} \times 1,8\text{ cm}$ (longitudinal $\times$ radial $\times$ tangencial), em seguida essas amostras foram acondicionadas em câmara climática ajustada com temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 65%. Posteriormente, as amostras foram saturadas em água até obter peso constante para determinação dos valores de contrações e densidade básica, em seguida, foram secas em estufa.

Seguindo as diretrizes apresentadas na norma ASTM D 143 (ASTM, 2014), determinou-se a densidade aparente (ρ_a) pela relação entre massa e volume da madeira em umidade de 12%. A densidade básica (ρ_b) foi obtida por meio da relação entre massa anidra e volume saturado da madeira. Para obtenção da massa e volume das peças utilizou-se balança analítica (0,001 g) e paquímetro digital (0,01 mm), respectivamente. A densidade das quatro madeiras tropicais foi categorizada por meio da classificação sugerida pelo Instituto de Defesa Agropecuária do estado de Mato Grosso [INDEA] (2011).

As contrações longitudinal (β_l), radial (β_r), tangencial (β_t) e volumétrica (β_v) foram calculadas utilizando-se as dimensões dos corpos de prova saturados e após serem submetidos a secagem em estufa sob temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. O fator anisotrópico foi obtido pela razão entre as contrações tangenciais e radiais.

A porosidade (Φ) foi calculada com base na relação inversamente proporcional entre a densidade básica e a densidade da parede celular ($1,54\text{ kg/m}^3$). Também foram obtidas a umidade de equilíbrio (UEq) e de saturação da madeira (USat).

Colorimetria

Precedendo-se os ensaios, um grupo de amostras foram utilizadas para determinação das propriedades colorimétricas. Após atingirem massa constante em temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 65%, estas tiveram as superfícies regularizadas aplicando-se lixa com granulometria 220. Na sequência, utilizando-se dez

amostras de madeira de cada espécie e um espectrofotocolorímetro, os parâmetros colorimétricos foram determinados realizando-se três leituras no plano radial e transversal das peças de madeira. O sistema CIELab 1976 foi adotado para obtenção dos parâmetros colorimétricos, luminosidade (L^*) e as coordenadas cromáticas a^* (vermelha a verde) e b^* (amarelo a azul), conforme a metodologia de Camargos e González (2001).

Propriedades de superfície

Analisou-se a superfície das madeiras quanto a molhabilidade em solvente polar, utilizando-se goniômetro modelo Krüss DSA30 e o software DSA25 para a obtenção do ângulo de contato do líquido de referência (água destilada), em que utilizou-se três unidades de amostras por espécie. O volume adotado para as gotas de água destilada foi de $5\text{ }\mu\text{L}$, aplicando-as, em triplicata, nas faces transversal e radial da madeira. Mediu-se o ângulo de contato do líquido com superfície após 5 s (Θ_5) e após 10 s (Θ_{10}) da aplicação, conforme apresenta-se na norma TAPPI T 458 cm-14 (TAPPI, 2014).

Análise estatística

Aplicou-se ao conjunto de dados o teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,01$), em seguida, verificando-se normalidade dos dados, aplicou-se o teste de Fisher ($p < 0,01$) para avaliar a independência dos dados. Havendo diferenças entre os valores de média em função das variações aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,01$).

RESULTADOS

Caracterização química

Observou-se que no método de extração com água quente obteve-se maiores percentuais de extrativos seguido do método com água fria (Tabela 1), no entanto, em ambos os métodos não houve diferenças nas quantidades de extrativos entre as espécies analisadas. Já utilizando solvente orgânico, obteve-se maiores percentuais de extrativos para madeira da sucupira amarela.

TABELA 1. Valores médios dos extrativos das madeiras tropicais em diferentes métodos de extração, sendo eles, água quente, solvente orgânico e água fria, com unidade de medida em porcentagem (%).

<i>Espécie</i>	<i>Água Quente</i>	<i>Água Fria</i>	<i>Solvente Orgânico</i>
Timborana	13,48 ± 0,13Aa	5,01 ± 0,06Ba	1,82 ± 0,41Bb
Pequiá	13,11 ± 0,43Aa	5,10 ± 0,06Ba	0,08 ± 0,01Bc
Sucupira amarela	10,21 ± 0,15Aa	4,77 ± 0,11Ba	3,73 ± 0,02Ca
Maçaranduba	13,50 ± 0,14Aa	4,77 ± 0,05Ba	0,19 ± 0,00Cc

Valores seguidos por letras minúsculas distintas em uma mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,01$), e valores com letras maiúsculas diferentes entre colunas do mesmo parâmetro.

Para a composição química das quatro espécies amazônicas (Tabela 2), os teores de lignina, extrativos, cinzas e holocelulose apresentaram-se em proporções distintas. Na madeira de timborana observou-se o maior percentual de lignina, seguido das madeiras de maçaranduba, sucupira amarela e pequiá. As madeiras de pequiá e timborana apresentaram os maiores valores para extrativos e cinzas, nessa ordem. Apenas nas madeiras de sucupira amarela e pequiá registrou-se valores de holocelulose acima de 70%.

Caracterização física

Na tabela 3 é possível observar que os maiores valores de ρ_a e ρ_b foram obtidos para as madeiras das espécies sucupira amarela e maçaranduba. O menor valor de ρ_a foi encontrado para a madeira de timborana. Os valores de porosidade foram inversamente proporcionais aos valores observados para densidade.

Quanto a umidade de equilíbrio (12%), na maçaranduba observou-se o menor valor, enquanto que as madeiras das demais espécies não diferiram entre si. No teor de umidade saturado, a madeira de timborana exibiu a maior porcentagem (35,99%).

Os valores de β_l não diferiram entre as madeiras das espécies estudadas (Tabela 4). Na madeira de timborana registrou-se os menores valores de β_r , β_t e β_v , isso indica maior estabilidade dimensional em relação a madeira das demais espécies.

Quanto aos valores de FA, para a madeira de timborana verificou-se maior significância estatística, indicando que quando contraída, a relação entre os planos tangencial e radial ocorrem em proporções distintas. Já para as madeiras de sucupira amarela e maçaranduba, os valores de FA não diferiram entre si, enquanto que a madeira de pequiá apresenta o segundo maior valor para esse parâmetro.

Colorimetria

Para todas as madeiras estudadas a variável L^* diferiu entre os planos radial e transversal, exceto para a madeira de maçaranduba. A luminosidade das madeiras de sucupira amarela e maçaranduba não diferem entre si no plano radial, mas no plano transversal o parâmetro é distinto para todas as espécies.

Apenas nas madeiras de timborana e maçaranduba houve diferenças nos valores das coordenadas cromáticas a^* e b^* , entre os planos radial e transversal. Considerando apenas o plano radial, o valor mais elevado da coordenada cromática a^* foi observado para a madeira de maçaranduba e não diferiu entre as madeiras de timborana, pequiá e sucupira amarela. No plano transversal a coordenada a^* não diferiu somente entre as madeiras de pequiá e sucupira amarela.



TABELA 2. Composição química das madeiras tropicais.

<i>Espécie</i>	<i>Lignina (%)</i>	<i>Extrato (%)</i>	<i>Cinzas (%)</i>	<i>Holocelulose (%)</i>
Timborana	30,38a	5,01b	0,52b	64,09d
Pequiá	20,42d	5,10a	1,06a	73,42a
Sucupira amarela	23,32c	4,77c	0,07d	71,84b
Maçaranduba	29,03 b	4,77c	0,22c	65,98c

Valores seguidos por letras distintas em uma mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

TABELA 3. Densidade aparente (ρ_a), densidade básica (ρ_b), porosidade (ϕ), umidade de equilíbrio (UEq) e umidade de saturação saturado (USat) das madeiras tropicais.

<i>Espécie</i>	ρ_a (g/cm ³)	ρ_b (g/cm ³)	ϕ (%)	TUEq (%)	TUSat (%)
Timborana	0,86 $\pm$ 0,02c	0,71 $\pm$ 0,01c	53,73 $\pm$ 0,55a	10,44 $\pm$ 0,07a	35,99 $\pm$ 0,60a
Pequiá	0,92 $\pm$ 0,01b	0,76 $\pm$ 0,01b	50,31 $\pm$ 0,76b	10,54 $\pm$ 0,06a	32,18 $\pm$ 0,60b
Sucupira amarela	0,98 $\pm$ 0,01a	0,81 $\pm$ 0,01a	47,63 $\pm$ 0,32c	10,01 $\pm$ 0,04a	28,48 $\pm$ 0,38c
Maçaranduba	0,96 $\pm$ 0,02a	0,80 $\pm$ 0,02a	48,31 $\pm$ 1,04c	9,86 $\pm$ 0,19b	32,60 $\pm$ 0,98b

Valores seguidos por letras distintas em uma mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

TABELA 4. Contrações longitudinal (β_l), radial (β_r), tangencial (β_t), volumétrica (β_v) e fator anisotrópico (FA) das madeiras tropicais, valores expressos em porcentagem (%).

<i>Espécies</i>	β_l	β_r	β_t	β_v	FA
Timborana	0,90 $\pm$ 1,93a	2,03 $\pm$ 0,22c	4,45 $\pm$ 0,27b	7,23 $\pm$ 1,85b	2,22 $\pm$ 0,30a
Pequiá	0,28 $\pm$ 0,20a	2,86 $\pm$ 0,26b	5,13 $\pm$ 0,58a	8,1 $\pm$ 0,59ab	1,82 $\pm$ 0,30b
Sucupira amarela	0,25 $\pm$ 0,10a	3,24 $\pm$ 0,28a	5,06 $\pm$ 0,22a	8,37 $\pm$ 0,34a	1,57 $\pm$ 0,14c
Maçaranduba	0,31 $\pm$ 0,17a	3,10 $\pm$ 0,29a	4,86 $\pm$ 0,27a	8,09 $\pm$ 0,53ab	1,58 $\pm$ 0,14c

Valores seguidos por letras distintas em uma mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Quanto a coordenada b^* no plano radial, o maior valor foi registrado para madeira de pequiá, diferindo entre as demais espécies. A madeira de maçaranduba não diferiu das madeiras de timborana e sucupira amarela. No plano transversal, as madeiras de pequiá apresentaram os maiores valores para a coordenada b^* , e não diferenciou-se entre o plano radial (Tabela 5).

Associando a reflectância com o comprimento de onda (Fig. 1), nota-se tendência crescente em ambas espécies, sendo que a maçaranduba foi a madeira com a maior refletância nos dois planos de corte, enquanto o pequiá obteve reflectância inferior em relação as demais espécies, em decorrência do valor elevado do parâmetro L^* . Nota-se também que na face radial houve valores de refletância mais elevados em relação a face transversal.

TABELA 5. Parâmetros colorimétricos observados nas madeiras tropicais na face radial e transversal: L* (luminosidade), e as coordenadas cromáticas a* e b*.

Espécie	L*		a*		b*	
	Rad	Transv	Rad	Transv	Rad	Transv
Timborana	58,79 ± 0,97Ab	55,51 ± 1,44Bb	7,32 ± 0,89Ab	5,01 ± 0,43Bc	14,67 ± 0,61Ab	11,56 ± 1,00Bb
Pequiá	65,53 ± 1,37Aa	63,37 ± 0,72Ba	6,40 ± 0,63Ab	6,73 ± 0,26Ab	20,27 ± 0,53Aa	20,03 ± 0,65Aa
Sucupira	44,11 ± 2,04Ac	41,27 ± 2,56Bd	6,81 ± 1,20Ab	6,27 ± 0,48Ab	12,37 ± 1,84Ac	11,52 ± 1,26Ab
Maçaranduba	42,61 ± 1,50Ac	43,38 ± 1,59Ac	10,77 ± 1,24Aa	8,19 ± 0,59Ba	13,58 ± 1,21Abc	11,64 ± 0,78Bb

Valores seguidos por letras minúsculas distintas em uma mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,01$), e valores com letras maiúsculas diferentes entre colunas do mesmo parâmetro.

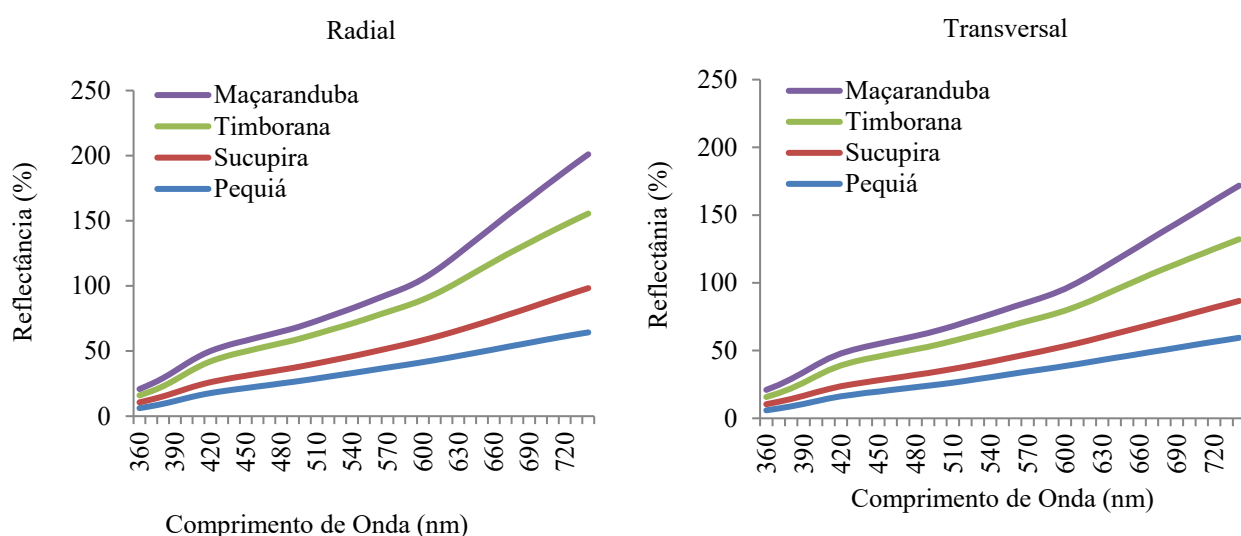


FIGURA 1. Curvas de reflectância colorimétrica para as madeiras tropicais.

Propriedades de superfície

Nos resultados do ângulo de contato das quatro madeiras (Tabela 6), observou-se que houve diminuição na fase de espelhamento da água de 5 s para 10 s, em todas as espécies e planos. Na face radial, a maçaranduba apresentou o maior ângulo entre as espécies avaliadas, com valor de 104,9° em 5 s e 102,78° nos 10 s, ou seja, possui maior hidrofobicidade superficial. Nas madeiras das demais espécies, não ocorreu diferenciação estatística entre os valores dos ângulos de contato das espécies e dos planos analisados.

Ao se observar a variação dos ângulos de contato na face transversal das madeiras, nota-se que a maçaranduba não diferiu da espécie timborana nos dois tempos

analisados, enquanto as madeiras de pequiá e sucupira amarela não apresentaram diferenças entre si.

Quando se analisou o ângulo de contato em relação à face da madeira e o tempo, constatou-se que as madeiras de pequiá, sucupira amarela e maçaranduba não diferiram entre si. Na madeira de timborana, o ângulo de contato foi superior no plano transversal quando comparado com o radial, tanto em 5 s quanto em 10 s.

DISCUSSÃO

Caracterização química

Os valores de extrativos retirados em água quente foram mais elevados em comparação com as madeiras de *Bagassa*



guianensis, *Hymenea courbaril* e *Tabebuia* sp. estudadas por Jankowska, Drozddek, Sarnowski e Horodenski (2017). Segundo Trugilho, Akira, Tarcísio e Pereira (2003), a maior quantidade de extrativos removidos em água quente deve-se as frações solúveis em água, como taninos hidrolisáveis, sais inorgânicos e substâncias pécicas.

Silveira *et al.* (2018) e Cosme Jr, Turchen e Guedes (2020), expuseram que é comum espécies tropicais apresentarem teores de extrativos elevados, isso, por sua vez, contribui para aumento da resistência natural da madeira ao ataque de organismos xilófagos, pois são compostos produzidos para defesa natural de espécies lenhosas. Desta forma, reduz-se os principais danos em peças expostas a umidade e temperatura, como pilares, postes, janelas e outros.

A variação e a redução dos teores de extrativos removidos em solvente orgânico pode ser explicada pelos tipos de compostos extraídos, visto que a acetona remove os componentes lipofílicos como os ácidos graxos, ceras, pigmentos e substâncias não saponificáveis (Sarto e Sansigolo, 2010).

A composição química da madeira, em especial considerando os extrativos, pode conceder uma base teórica sobre as mudanças de cores vistas nas madeiras tropicais (Qiu, Liu e Long, 2019). Por isso é possível se encontrar madeiras com colorações brancas, pretas, amarelas, marrons, róseas e roxas (Barreto e Pastore, 2009). Sendo que, a tonalidade das peças madeireiras tem grande importância em suas aplicações práticas, visto que para a produção de pisos e móveis a cor é um parâmetro estético relevante. Os extrativos influenciam ainda, no odor das madeiras, principalmente nas espécies tropicais que são diversificadas, desde sua quantidade até a natureza química de sua composição (Zeniya, Endo-Ujiie, Obataya, Nakagawa-Izumi e Matsuo-Ueda, 2018; Silva *et al.*, 2019).

Jankowska *et al.* (2017) e Jankowska *et al.* (2018) explicaram que a quantidade e os grupos químicos dos extrativos influenciam diretamente na redução da adsorção de água e nos valores de umidade de equilíbrio da madeira, pois esses compostos impregnam a parede celular e as

cavidades intercelulares inibindo reatividade das hidroxilas da celulose e hemiceluloses.

Os extrativos influenciam ainda, no odor característico da madeira, principalmente nas espécies tropicais que são diversificadas, desde sua quantidade até a natureza química de sua composição (Zeniya, Endo-Ujiie, Obataya, Nakagawa-Izumi e Matsuo-Ueda, 2018; Silva *et al.*, 2019).

A quantidade de lignina nos vegetais também é importante para a proteção dos mesmos contra agentes deterioradores. Contudo, a sua proporção pode variar principalmente conforme a idade do indivíduo, pois madeiras de cerne e alburno provenientes de lenho em estágio adulto exibem porcentagens superiores de lignina que a madeira juvenil, apresentando resistência natural mais elevada (Vidaurre, Lombardi, Oliveira e Arantes, 2011). Além disso, este componente químico também atribui resistência mecânica aos tecidos das espécies florestais, em virtude de sua estrutura molecular ser tridimensional (Kacik *et al.*, 2016).

Quanto as cinzas, os maiores valores foram encontrados para madeira de pequiá, esse resultado representa efeito positivo quando se trata da durabilidade natural, pois, de acordo com o estudo de Paes, Medeiros Neto, Lima, Freitas e Diniz (2013), o aumento do teor de cinza minimiza o ataque de cupins na madeira. Segundo os mesmos autores, esse comportamento se dá através da dificuldade de os agentes xilófagos escarificarem madeira com maiores teores de substâncias abrasivas, acarretando danos em suas mandíbulas, reduzindo então o potencial de ataque.

De acordo com Silva, Oliveira, Calegari, Pimenta e Dantas (2017), a menor proporção de cinzas torna-se benéfico quanto a integridade de equipamentos utilizados no processo de usinagem da madeira, reduzindo assim, a manutenção, limpezas e desgastes de serras.

No que concerne ao teor de holocelulose, a menor proporção foi vista na madeira timborana. Segundo Silva, Matos, Oliveira e Evangelista (2005), em árvores maduras ocorre redução ou estabilização deste componente químico. Os valores de holocelulose encontrados neste estudo foram próximos dos resultados apresentados por

Silva, Almeida, Viana, Klock e Muñiz (2014), com porcentagens de 69,42, 70,55 e 68,60 para as madeiras de *Scleronema micranthum*, *Scleronema* sp. e *Caryocar villosum*, respectivamente.

Caracterização física

Quanto a densidade básica, considerando a classificação proposta pelo INDEA (2011), apresentada na metodologia, a timborana enquadrou-se como moderadamente pesada e as espécies pequiá, sucupira amarela e maçaranduba categorizaram-se como madeiras pesadas. Os resultados obtidos no presente estudo são similares aos verificados por Texeira *et al.* (2019) para as mesmas espécies. A densidade da madeira influencia diretamente na resistência de peças, como em pisos confeccionados de madeira, no qual pode proporcionar mais ou menos suscetibilidade de arranhões em função do movimento intenso de pessoas (Silva Filho, Rocha e Moura, 1992).

A madeira de timborana apresentou o maior valor de porosidade, esse resultado explica a menor densidade quando comparada com as demais madeiras, pois quanto mais elevada à quantidade de poros, menos material lenhoso apresentará o material. Madeira com maior quantidade de poros tende a facilitar o processo de aplicação de preservantes químicos e proporciona rapidez no procedimento de secagem, contudo apresenta maior troca de umidade com o ambiente, ocasionando redução da sua resistência mecânica, afetando a qualidade dos produtos madeireiros e propiciando defeitos, tais como empenamento e rachadura (Gallio *et al.*, 2016).

As madeiras avaliadas apresentaram alta estabilidade dimensional, devido aos baixos valores das contrações lineares e volumétricas (Tabela 4). A capacidade da madeira contrair e expandir em função da variação de umidade implica diretamente em sua aplicação. Por exemplo, ao confeccionar peças para construção civil (portas e janelas) com madeiras de alta instabilidade dimensional, potencializa-se a ocorrência de empenamentos e rachaduras, comprometendo a qualidade e vida útil dos produtos (Christoforo *et al.*, 2016; Elaieb, Shel, Jalleli,

Langbour e Candelier, 2019; Serenine Jr, Melo, Castro e Souza, 2019).

A anisotropia decorrente da disposição irregular das fibras, provoca mudanças nas propriedades da madeira conforme a sua direção, influenciando no desgaste de ferramentas de corte nos métodos de usinagem. Segundo Oliveira, Tomazello Filho e Fiedler (2010), o fator anisotrópico tende a variar de 1,3 a 1,4 em madeiras estáveis dimensionalmente, enquanto que madeiras com instabilidade elevada pode chegar a 3. Desta maneira, as madeiras tropicais estudadas apresentaram FA elevado, quando considerada tal variação.

As análises realizadas nas quatro madeiras amazônicas propiciaram o conhecimento de suas características físicas. Essas informações são aplicáveis na destinação e utilização da madeira para diversos fins. Além de fornecer escolhas de novas espécies florestais para o mercado consumidor de madeira e reduzir a pressão exploratória de determinadas espécies em função do desconhecimento dos aspectos de outras.

Colorimetria

A madeira de pequiá apresentou a superfície mais clara, como demonstrado pelos valores de luminosidade, tanto no plano radial, quanto no transversal. Na coordenada cromática b^* , pode-se observar o mesmo comportamento, no qual a madeira apresenta tonalidade voltada para amarelo. Os resultados obtidos foram ligeiramente menores do que os encontrados por Silva, Setter, Mazette, Melo e Stangerlin (2017), sendo os valores de 66,87 (L^*), 9,21 (a^*) e 24,36 (b^*).

A madeira de maçaranduba apresentou coloração mais escura e próxima do vermelho, tendo o maior valor no parâmetro a^* e o menor na luminosidade, nas faces radial e transversal (Tabela 5). Os valores foram superiores aos apresentados por Maia, Moura, Magalhães e Castro (2018) no plano radial, com luminosidade igual a 39,43 e o coordenada cromática a^* de 9,30.

Quanto a madeira de sucupira amarela, considerando o plano radial, esta obteve valores de L^* e b^* inferiores aos



encontrados por Sousa, Barbosa, Soares, Goulart e Protásio (2020), com 51,53 e 20,86, respectivamente. No plano radial, também observa-se que os valores referentes a luminosidade foram superiores ao plano transversal. Segundo Burger e Richter (1991), a face anatômica radial torna-se mais brilhante, em função das faixas horizontais dos raios.

Na madeira timborana, os valores dos parâmetros colorimétricos apresentaram resultados intermediário em comparação com as espécies supracitadas.

Assim, categorizou-se as espécies com base nos intervalos de parâmetros colorimétricos sugeridos por Camargos e González (2001). A classificação das cores para as madeiras (Fig. 2) foram rosa-acinzentado (timborana), oliva-amarelado (pequiá), oliva (sucupira amarela) e marrom-escuro (maçaranduba).

O comportamento da reflectância quanto a madeira de maçaranduba se dá pela sua luminosidade ser inferior às demais espécies, expressando uma superfície mais escura, e assim refletindo maior quantidade de luz incidida sobre o material. O inverso pode ser visto para madeira de pequiá, no qual obteve-se menor reflectância e maior absorção de radiação em função de possuir tons mais claros, voltados para o amarelo, como demonstra a coordenada b^* .

Propriedades de superfície

Comparando os resultados encontrados com as pesquisas de Borzi (2014), verificou-se valores superiores de ângulo de contato em relação a madeira de jatobá, que apresentou ângulo de contato correspondente a $40,78^\circ$ nos primeiros 5 s e $40,10^\circ$ em 10 s. Essa diferença de ângulos entre as madeiras tropicais pode ocorrer em função da variabilidade anatômica, bem como devido as condições de sítio que auxiliam no desenvolvimento do lenho, propiciando características e propriedades particulares em cada espécie florestal (Raabe, Del Menezzi e González, 2017).

O ângulo de contato propicia indicativos para avaliar a qualidade da superfície de madeiras. Pois, através de noções quanto a molhabilidade da face de materiais, pode-se destiná-los para uso adequado, principalmente quando utilizados em ambientes desprovidos de cobertura (Cademartori, Nisgoski, Magalhães e Muniz, 2016; Wang *et al.* 2017). Desta forma, as madeiras tropicais estudadas apresentaram qualidade de superfície significativa, em função dos elevados ângulos de contato quando comparados com outras espécies do mesmo bioma.

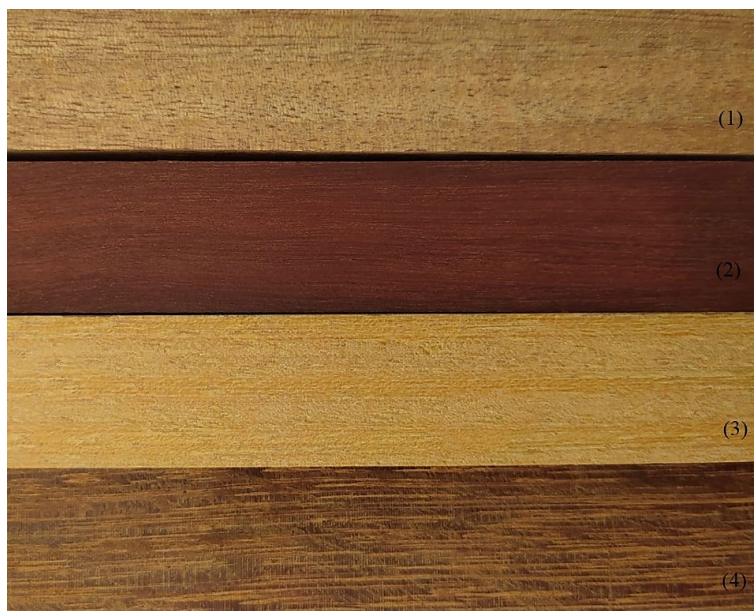


FIGURA 2. Classificação colorimétrica das madeiras timborana (1), maçaranduba (2), pequiá (3) e sucupira amarela (4).

O maior ângulo verificado para a maçaranduba está relacionado a alta densidade básica da madeira, isso representa maior quantidade de material lenhoso por unidade de área. Assim, madeiras com densidade alta tendem a apresentar maior ângulo de contato e durabilidade, isso acontece devido a anatomia e composição química das espécies madeireiras, como por exemplo, teor de extrativos, compostos fenólicos e ácidos graxos (Papp, Csiha, Makk, Hofmann e Csoka, 2020).

CONCLUSÕES

A madeira de timborana enquadrrou-se como moderadamente pesada e as demais espécies (pequiá, sucupira amarela e maçaranduba) categorizaram-se como madeiras pesadas. Os menores valores para contrações lineares e volumétrica foram obtidos para madeira de timborana.

As cores observadas para as madeiras foram rosa-acinzentado (timborana), oliva-amarelado (pequiá), oliva (sucupira amarela) e marrom-escuro (maçaranduba), sendo a sucupira amarela e a maçaranduba as madeiras com os valores mais baixos de luminosidade, implicando nas suas tonalidades escuras.

O ângulo de contato de todas as madeiras tendeu a redução na fase de espelhamento da água, no qual a madeira timborana obteve diferença estatística entre os planos analisados e apresentou menor grau de molhabilidade na face transversal.

REFERÊNCIAS

- American Society for Testing and Materials [ASTM] (2014). *ASTM D143*: Standard methods of testing small clear specimens of timber. Philadelphia: ASTM Standards.
- Barreto, C. C. K., & Pastore, T. C. M. (2009). Resistência ao intemperismo artificial de quatro madeiras tropicais: o efeito dos extrativos. *Ciência Florestal*, 19(1), 23-30. doi: 10.5902/19805098416.
- Borzi, R. F. G. (2014). *Colorimetria e molhabilidade em piso engenheirado*. Monografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Burguer, L. M., & Richter, H. G. (1991). *Anatomia da madeira*. São Paulo: Nobel, Barueri.
- Cademartori, P. H. G., Nisgoski, S., Magalhães, W. L., & de Muniz, G. I. B. (2016). Surface wettability of Brazilian tropical wood flooring treated with he plasma. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(4), 715-722. doi: 10.4067/S0718-221X2016005000062
- Camargos, J. A., & Gonçalves J. C. (2001). A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. *Brasil Florestal*, 20(71), 30-41.
- Christoforo, A. L., Almeida, T. H., Almeida, D. H., Santos, J. C., Panzera, T. H., & Lahr, F. A. R. (2016). Shrinkage for some wood species estimated by density. *International Journal of Materials Engineering*, 6(2), 23-27. doi: 10.5923/j.ijme.20160602.01
- Cosme Jr, L., Turchen, L. M., & Guedes, R. N. C. (2020). Chemical constituents of tropical woods and resistance to the invasive drywood termite *Cryptotermes brevis*. *Journal of Applied Entomology*, 144(4), 270-277. doi: 10.1111/jen.12729
- Elaieb, M. T., Shel, F., Jalleli, M., Langbour, P., & Candelier, K. (2019). Physical properties of four ring-porous hardwood species: influence of wood rays on tangential and radial wood shrinkage. *Madera y Bosques*, 25(2), e12521695. doi: 10.21829/myb.2019.2521695
- Gallio, E., Santini, E. J., Gatto, D. A., de Souza, J. T., Ravasi, R.; Menezes, W. M., Floss, P. A., & Beltrame, R. (2016). Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Revista Scientia Agraria Paranaensis*, 15(3), 244-250. doi: 10.1818/sap.v15i3.13557
- Instituto de Defesa Agropecuária do estado de Mato Grosso [INDEA] (2011). *Noções básicas de anatomia e identificação macroscópica de madeiras*. Cuiabá: INDEA
- Jankowska, A., Drozddek, P., Sarnowski, P., & Horodenski, J. (2017). Effect os extractives on the equilibrium moisture content and shrinkage of selected tropical wood species. *BioResources*, 12(1), 597-607. doi: 10.15376/biores.12.1.597-607
- Jankowska, A., Boruszewski, P., Drożdżek, M., Rębkowski, B., Kaczmarczyk, A., & Skowrońska, A. (2018). The role of extractives and wood anatomy in the wettability and free surface energy of hardwoods. *BioResources*, 13(2), 3082-3097. doi: 10.15376/biores.13.2.3082-3097
- Kacik, F., Luptáková, J., Šmíra, P., Nasswettrová, A., Kačíková, D., & Vacek, V. (2016). Chemical alterations of pine wood lignin during heat sterilization. *BioResources*, 11(2), 3442-3452. doi: 10.15376/biores.11.2.3442-3452
- Kloczko, C., Zaque, L. A. M., Tavares, S. G., Melo, R. R., Machado Neto, A. D. P., & Pedrosa, T. D. (2017). Análise da produção e comercialização brasileira de madeira serrada. *Nativa*, 5(Esp.), 563-567. doi: 10.5935/2318-7670.v05nespa15



- Maia, J. H., Moura, M. G. D., Magalhães, A. S., & Castro, V. (2018). Comportamento colorimétrico da madeira de maçanduba tratada com produtos de acabamento. *Nativa*, 6(Esp), 767-772. doi: 10.31413/nativa.v6i0.6139
- Melo, R. R., Stangerlin, D. M., Del Menezzi, C. H. S., de Castro, V. G., de Souza, M. J. C., & de Medeiros, D. T. (2019). Grouping of commercial tropical timber using wood color. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 62. doi: 10.22491/rca.2019.3108
- Oliveira, J. T. S., Tomazello Filho, M., & Fiedler, N. C. (2010). Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. *Árvore*, 34(5), 929-936. doi: 0.1590/S0100-67622010000500018
- Paes, J. B., Medeiros Neto, P. N. D., Lima, C. R. D., Freitas, M. D. F. D., & Diniz, C. E. F. (2013). Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. *Cerne*, 19(3), 399-405.
- Papp, E. A., Csiha, C., Makk, A. N., Hofmann, T., & Csoka, L. (2020). Wettability of Wood Surface Layer Examined From Chemical Change Perspective. *Coatings*, 10(3), 257. doi: 10.3390/coatings10030257
- Qiu, H., Liu, R., & Long, L. (2019). Analysis of Chemical Composition of Extractives by Acetone and the Chromatic Aberration of Teak (*Tectona grandis* L. F.) from China. *Molecules*, 24(1), 10. doi: 10.3390/molecules24101989
- Raabe, J., Del Menezzi, C., & González, J. (2017). Avaliação da superfície de lâminas decorativas de curupixá (*Micropholis venulosa* Mart. Eichler). *Floresta e Ambiente*, 24, e20150054. doi: 10.1590/2179-8087.005415
- Reis, P. C. M. D. R., Reis, L. P., Souza, A. L. D., Carvalho, A. M. M. L., Mazzei, L., Reis, A. R. S., & Torres, C. M. M. E. (2019). Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia com base em propriedades físicas e mecânicas. *Ciência Florestal*, 29(1), 336-346. doi: 10.5902/1980509828114
- Rocha, S. M. G., Vidaurre, G. B., Pezzopane, J. E. M., Almeida, M. N. F., Carneiro, R. L., Campoe, O. C., & Figura, M. A. (2020). Influence of climatic variations on production, biomass and density of wood in eucalyptus clones of different species. *Forest Ecology and Management*, 473, 118290. doi: 10.1016/j.foreco.2020.118290
- Santoni, I., & Pizzo, B. (2011). Effect of surface conditions related to machining and air exposure on wettability of different Mediterranean wood species. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31(7), 743-753. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2011.07.002
- Sarto, C., & Sansigolo, C. A. (2010). Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. *Acta Scientiarum. Technology*, 32(3), 227-235. doi: 10.4025/actascitechnol.v32i3.4237
- Serenine Jr, L., Melo, R. R., Castro, V. G., & Souza, J. C. (2019). Qualidade da madeira juvenil de um híbrido clonal (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – H13). *Advances in Forestry Science*, 6(1), 523-527. doi: 10.34062/afs.v6i1.6488
- Silva, D. A. D., Almeida, V. C., Viana, L. C., Klock, U., & Muñiz, G. I. B. D. (2014). Avaliação das propriedades energéticas de resíduos de madeiras tropicais com uso da espectroscopia NIR. *Floresta e Ambiente*, 21(4), 561-568. doi: 10.1590/2179-8087.043414
- Silva, L. L. H.; Oliveira, E.; Calegari, L.; Pimenta, M. C., & Dantas, M. K. L. (2017). Características dendrométricas, físicas e químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. *Floresta e Ambiente*, 24, e20160022. doi: 10.1590/2179-8087.002216
- Silva Filho, D. F. D., Rocha, J. D. S., & Moura, J. B. D. (1992). Influência da densidade na dureza Janka em oito espécies madeireiras da Amazônia central. *Acta Amazonica*, 22(2), 275-283.
- Silva, S. B., de Andrade, J. K. B., Arantes, M. D. C., da Silva, J. G. M., Brocco, V. F., & Paes, J. B. (2019). Color variability and relationship with basic density and extractive content of *Calycophyllum spruceanum* wood. *Floresta*, 49(4), 803-812. doi: 10.5380/rf.v49 i4.59374
- Silva, J. D. C., Matos, J. L. M. D., Oliveira, J. T. D. S., & Evangelista, W. V. (2005). Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. *Árvore*, 29(3), 455-460.
- Silva, R. A. F., Setter, C., Mazette, S. S., Melo, R. R., & Stangerlin, D. M. (2017). Colorimetria da madeira de trinta espécies tropicais. *Brazilian Journal of Wood Science*, 8(1), 36-41. doi: 10.15210/cmadv8i1.9686
- Silveira, M. F., Gouveia, F. N., Moreira, A. C., Oliveira, J. R. V., Silva, A. S. V., Almeida, G. F., & Costa, A. F. (2019). Natural resistance of eight Brazilian wood species from the region Caatinga determined by an accelerated laboratory decay test against four fungi. *Holzforschung*, 73(2), 151-154. doi: https://doi.org/10.1515/hf-2018-0051
- Sousa, W. C. S., Barbosa, L. J., Soares, A. A. V., Goulart, S. L., & Protásio T. P. (2020). Wood colorimetry for the characterization of amazonian tree species: a subsidy for a more efficient classification. *Cerne*, 25(4), 451-462. doi: 10.1590/01047760201925042650
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry [TAPPI] (1997). *TAPPI T 204: Solvent extractives of wood and pulp*. Atlanta: Tappi Press.

- Technical Association of the Pulp and Paper Industry [TAPPI] (1998). *TAPPI T 222: Acid-insoluble lignin in wood and pulp*. Atlanta: Tappi Press.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry [TAPPI] (1999). *TAPPI T 211: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525 °C*. Atlanta: Tappi Press.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry [TAPPI] (2014). *TAPPI T 458 cm-14: Surface wettability of paper (angle of contact method)*. Atlanta: Tappi Press.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry [TAPPI] (1999). *TAPPI T 207: Water solubility of wood and pulp*. Atlanta: Tappi Press.
- Teixeira, D. E., Cunha, L. E., Wimmer, P., & Andrade, A. (2019). Resistência à abrasão, dureza Janka e a correlação com outras propriedades em 14 espécies de madeiras tropicais brasileiras com potencial para utilização em pisos de madeira. *Brazilian Journal of Wood Science*, 10(2), 135-141. doi: 10.12953/2177-6830/rcm.v10n2p135-141
- Trugilho, P. F., Akira, F. M., Tarcísio, J. L., & Pereira, D. C. (2003). Determinação do teor de taninos na casca de *Eucalyptus* spp. *Cerne*, 9(2), 246-254.
- Vidaurre, G. B., Lombardi, L. R., Oliveira, J. T. D. S., & Arantes, M. D. C. (2011). Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente*, 18(4), 469-480. doi: 10.4322/foram.2011.066
- Wang, X., Wang, F., Yu, Z., Zhang, Y., Qi, C., & Du, L. (2017). Surface free energy and dynamic wettability of wood simultaneously treated with acidic dye and flame retardant. *Journal of Wood Science*, 63(3), 271-280. doi: 10.1007/s10086-017-1621-8.
- Zaque, L. A. M., & Melo, R.R. (2019). *Caracterização macroscópica de madeiras da Amazônia*. Pará de Minas: VirtualBooks Editora, 2019. 114 p.
- Zeniya, N., Endo-Ujii, K., Obataya, E., Nakagawa-Izumi, A., & Matsuo-Ueda, M. (2019). Effects of water-soluble extractives on the vibrational properties and color of hygrothermally treated spruce wood. *Wood Science and Technology*, 53(1), 151-164. doi: <https://doi.org/10.1007/s00226-018-1069-z>

Manuscrito recebido em 15 de julho de 2020

Aceito em 27 de dezembro de 2020

Publicado em 22 de dezembro de 2021

Este documento deve ser citado como:

Medeiros, D. T., Melo, R. R., Cademartori, P. H. G., Batista, F. G., & Mascarenhas, A. R. P. (2021). Caracterização da madeira de espécies da Amazônia. *Madera y Bosques*, 27(2), e2722209. doi: 10.21829/myb.2021.2722209



Madera y Bosques pelo Instituto de Ecología, A.C. é distribuída sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial ShareAlike 4.0.