

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**RAFAEL PEDRENO VIANA**

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE MADEIRAS AMAZÔNICAS  
COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE ITACOATIARA - AM**

ITACOATIARA - AM

2022

**RAFAEL PEDRENO VIANA**

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE MADEIRAS AMAZÔNICAS  
COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE ITACOATIARA - AM**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Engenheiro (a) Florestal.

Orientador: Dr. Victor Fassina Brocco

ITACOATIARA - AM

2022


RAFAEL PEDRENO VIANA

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE MADEIRAS COMERCIALIZADAS NO  
MUNICÍPIO DE ITACOATIARA-AM

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal.


Aprovada em 11 de outubro de 2022

BANCA EXAMINADORA



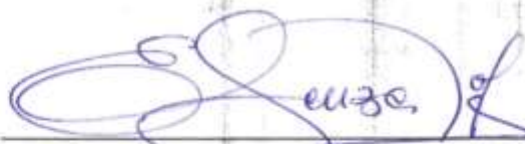
---

Victor Fassina Brocco – UEA  
(Orientador)



---

Lais Gonçalves da Costa Brocco  
Membro Externo



---

Eduardo de Souza Mafra – UEA

Dedico este trabalho à minha família: ao meu pai Edson Carlos Viana, minha mãe Márcia Pedreno Viana (*in memoriam*), meus irmãos Ernan Pedreno Viana, Márcia Loyana Pedreno Viana e Edson Carlos Viana Junior, minha filha Luna Shofie Pedreno Viana, minha vó Maria Conceição Santos Pedreno (*in memoriam*), meu Avô Emanuel Carlos Viana que foi minha inspiração para escolher a Engenharia Florestal e a todos os meus familiares que me apoiaram de maneira incondicional durante a faculdade. Obrigado por tudo.

“Vá além, faça com que cada dia seja uma conquista e aprecie tudo aquilo que despertará a sua coragem pra viver o inesquecível”

*Vodka Vorus*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela sua infinita bondade e misericórdia.

Ao meu Pai Edson Carlos, meus irmãos Ernán Pedreno Viana, Márcia Loyana Pedreno Viana e Edson Carlos Viana Junior, por todo apoio, amor e carinho que tiveram comigo durante todos esses anos fora de casa.

Ao orientador Professor Dr. Victor Fassina Brocco, por desempenhar tal função com dedicação, apoio e confiança, tornando possível a conclusão desta monografia.

Ao corpo docente do CESIT/UEA que contribuíram para minha formação profissional, por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

Aos caros colegas na turma 12 e turma 13, por compartilharem comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado.

Meus agradecimentos à minha amiga Kamilly Silva pela parceria ao longo da faculdade e pela ajuda na realização do trabalho. Sou muito grato!

Aos colegas de pesquisa do Laboratório de tecnologia da Madeira Lais Gonçalves, Vitória Barbosa, Marcellly Monteiro, Jair Franco Aguiar, Emmanuel Jeronimo, Valeska Farias, Sebastiana Braga, Railza Wosayme, Letícia Ramos e Flávia Brito por toda ajuda e conselhos durante o desenvolvimento dos trabalhos realizados.

Aos meus amigos engenheiros Marcos Souza, Kellyson Reis, Pablo Ozório, Ériton Gonçalves, Jorge Chaves pelos conhecimentos compartilhados.

Aos meus amigos Tiago Silva e Seu Héder Lopes pela parceria e momentos de alegria que compartilhamos.

Ao meu amigo Igor Brasilico por todo apoio, parceria e momentos de alegria que vivemos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho e minha formação profissional, os meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

A madeira, como matéria-prima na construção civil, é utilizada no desde o período neolítico, conforme estruturas localizadas na Escócia. A Amazônia brasileira é uma das principais regiões produtora de madeira tropical no mundo. O Brasil produz cerca de 26 milhões de m<sup>3</sup> de toras para serrarias e laminação de folhosas, provenientes de florestas naturais. É conhecido que nem todas as espécies madeireiras têm a mesma visibilidade de mercado e ao se estudar o valor tecnológico destas, evidencia-se a alta possibilidade de comparação ou semelhanças entre essas espécies. Assim, neste mister, pretendeu-se caracterizar tecnologicamente diferentes madeiras amazônicas por meio do estudo de suas propriedades físicas e químicas. As madeiras utilizadas foram arurá vermelho (*Iryanthera* sp.), louro gamela (*Sextonia rubra*), louro preto (*Ocotea* sp.), Marupá (*Simarouba amara* Aubl.), Sucupira preta (*Diplotropis racemosa* (Hoehne) Amshoff), Sucupira vermelha (*Andira parviflora*) e Tanimbuca (*Buchenavia* sp.). Observou-se que as espécies de arurá vermelho, louro gamela e louro preto apresentaram densidade básica média, 0,64, 0,53, 0,51 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, as espécies sucupira vermelha, sucupira preta e tanimbuca apresentaram densidade alta, 0,72; 0,79; 0,78 g·cm<sup>-3</sup> respectivamente e o marupá apresentou densidade baixa 0,38 g·cm<sup>-3</sup>. Quanto ao fator anisotrópico pode-se observou-se a uniformidade das propriedades físicas das espécies em estudo, exceto para a espécie louro preto, que apresentou resultados fora do padrão. O teor de cinzas variou de 0,12 a 0,73 %. Os resultados encontrados para arurá vermelho e marupá apresentaram os maiores valores médios para os teores de cinza de 0,47 e 0,73, respectivamente. O louro gamela, louro preto e tanimbuca apresentaram os menores valores de 0,12; 0,21 e 0,21%, respectivamente.

Palavras-chave: Madeiras tropicais. Amazônia. Propriedades físico-químicas.

## ABSTRACT

Wood, as a raw material in civil construction, has been used since the Neolithic period, according to structures located in Scotland. The Brazilian Amazon is one of the main tropical wood producing regions in the world. The Brazilian logs production is about 26 million of m<sup>3</sup>, that supply sawmills and lamination industry, managed from natural forests. Somehow, there is not same market visibility for all species, but when studying the technological value these species, there is high possibility of comparison or similarities. Thus, this study aimed to characterize different Amazonian wood species through the study of their physical and chemical properties. The wood samples used were arurá vermelho (*Iryanthera sp.*), louro gamela (*Sextonia rubra*), louro preto (*Ocotea sp.*), marupá (*Simarouba amara* Aubl.), sucupira preta (*Diplotropis racemosa*), sucupira vermelha (*Andira parviflora*) and Tanimbuca (*Buchenavia sp.*). It was observed that the species of arurá, louro gamela and louro preto presented average basic density of 0.64, 0.53, 0.51 g/cm<sup>3</sup> respectively. The species of sucupira vermelha, sucupira preta and tanimbuca presented high density, 0.72, 0.79, 0.78 g/cm<sup>3</sup> respectively and marupá presented low density 0.38 g/cm<sup>3</sup>. For the anisotropic factor, it was possible to observe the uniformity of the physical properties of the species under study, except for the louro preto, which presented non-standard results. The ash content ranged from 0.12 to 0.73%. The results found for arurá vermelho and marupá presented the highest average values for ash contents of 0.47 and 0.73, respectively. Louro gamela, louro preto and tanimbuca showed the lowest values of 0.12, 0.21 and 0.21%, respectively.

Keywords: Tropical woods. Amazon. Physico-chemical properties.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. OBJETIVO .....</b>	<b>10</b>
1.1.1. Objetivo Geral .....	10
1.1.2. Objetivos Específicos.....	10
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
2.1. Madeiras Amazônicas .....	11
2.2. Química da Madeira .....	12
2.2.1. Celulose .....	12
2.2.2. Hemiceluloses.....	12
2.2.3. Lignina .....	13
2.2.4. Extrativos .....	13
2.3. Relações Entre Propriedades Físicas e Características Anatômicas e .....	15
Químicas.....	15
2.3.1. Densidade .....	15
2.3.2. Variação dimensional.....	16
2.4. Coeficiente de Anisotropia.....	16
2.5. Caracterização Tecnológica .....	17
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
3.1. Espécies Estudadas e Coleta de Material .....	18
3.2. Determinação das Propriedades Físicas da Madeira .....	19
3.3. Determinação dos Teores de Extrativos e Cinzas.....	21
3.4. Análise e Avaliação dos Resultados .....	23
<b>4. RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
4.1. Propriedades físicas.....	24
4.1.1. Densidade básica.....	24
4.1.2. Instabilidade dimensional e coeficiente de anisotropia .....	25



4.2. Propriedades Químicas.....	27
4.2.1. Teores de extrativos.....	27
4.2.2. Teores de cinza.....	28
4.2.3. Correlações.....	29
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Por um longo período o homem utiliza-se dos recursos madeireiros e não madeireiros e continua estudando suas aplicações nos mais diversos campos do conhecimento, começando por um processo manual e primitivo, até a vasta e engenhosa indústria moderna (LOURENÇO; BRANCO, 2012). A madeira esteve sempre ao alcance do homem desde os tempos remotos, existem registros de que a madeira, como matéria-prima na construção civil, é utilizada no mínimo desde o período neolítico, conforme análises de estruturas localizadas na Escócia (FAIRWEATHER; RALSTON, 1993).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2017), a indústria do Manejo sustentável no Brasil produz cerca de 26 milhões de m<sup>3</sup> de toras para serrarias e laminação de folhosas, proveniente de florestas naturais da Amazônia, representando 10% do mercado global. É o segundo maior produtor do mundo depois dos Estados Unidos. A Amazônia brasileira é uma das principais regiões produtoras de madeira tropical no mundo, atrás apenas da Malásia e Indonésia (OIMT, 2012).

De Lima Caires et al. (2019), denotou que entre 2000 a 2017, em termos de VBP (Valor Bruto da Produção), o Brasil incrementou, para os três produtos (carvão, lenha e madeira em tora), 53,51%, 93,18% e 113,11%, respectivamente. Mostrou também que a formação deste valor é maior, em termos absolutos, com o produto madeira em tora, passando de R\$956 milhões em 2000 para mais de R\$2,04 bilhões. Nesse caso, a região Norte forma este valor com o percentual de 52,52% em 2017.

Apesar desta grande diversidade, a produção industrial de madeira é reduzida a um grupo seletivo de espécies (GONÇALEZ; GONÇALVEZ, 2001). Barros e Veríssimo (2002) demonstra que existem cerca de 350 espécies exploradas pela indústria madeireira na Amazônia, destas se destacam no estado do Pará o Ipê, Cedro, Maçaranduba, Angelim Pedra, Angelim Vermelho, Jatobá, Louro Vermelho, Muiracatiara, Tauari, Faveira, Cumaru, Pequiá, Marupá e Tatajuba.

A problemática em relação à produção madeireira na Amazônia está na procura desenfreada e insistente por espécies consolidadas, com isso, crescendo a pressão sobre as espécies mais comerciais, ocasionando a redução drástica na densidade populacional, tornando-as raras. Para evitar essa situação, é importante promover comercialmente novas espécies (REIS, 2017).

O mercado de madeira tropical tem apresentado uma nova dinâmica com o comércio de “madeiras brancas”, que está em pleno processo de desenvolvimento. Sua utilização está aumentando na indústria de móveis, construção civil e artefatos de madeira em substituição às madeiras como o Cedro, Cedrorana e Tauari. Isto tem criado oportunidades para a comercialização de novas espécies de madeira, algumas desconhecidas do mercado e outras que eram destinadas a indústria de laminado e compensado, no mercado de móveis, artefatos e da construção civil (SANTANA; SANTOS, 2010).

Nesse contexto e considerando-se que toda madeira é nobre, minimizar a intensidade de exploração por espécies tradicionais adquire importância, tanto no âmbito comercial como no de conservação da biodiversidade (GONZAGA, 2006). Para Barbosa (2020), ao se estudar o valor tecnológico de diferentes espécies, evidencia-se a alta possibilidade de comparação ou semelhanças entre elas, porque nem todas as espécies madeireiras têm a mesma visibilidade de mercado. Assim, neste trabalho, pretendeu-se caracterizar tecnologicamente diferentes madeiras amazônicas por meio do estudo de suas propriedades físico-químicas.

## **1.1. OBJETIVO**

### 1.1.1. Objetivo Geral

Caracterizar tecnologicamente diferentes madeiras amazônicas por meio do estudo das propriedades físicas e químicas.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar as propriedades físicas das espécies estudadas por meio dos ensaios de densidade e estabilidade dimensional da madeira;
- b) Caracterizar quimicamente as espécies estudadas por meio dos teores de extrativos e cinzas da madeira
- c) Correlacionar as propriedades pelo método de Pearson.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Madeiras Amazônicas

Conforme o Serviço Florestal Brasileiro (2013), A floresta Amazônica tem importância reconhecida nacional e internacionalmente, principalmente devido sua larga extensão e enorme diversidade de ambientes, com mais de 600 tipos diferentes de habitats terrestres e de água doce, o que resulta numa riquíssima biodiversidade, com cerca de 45.000 espécies de plantas e vertebrados. O bioma Amazônia estende-se ao longo de nove países da América do Sul, por uma área de 6,4 milhões de quilômetros quadrados, sendo o Brasil o detentor de 63% desse bioma, com uma área de 4 milhões de quilômetros quadrados (PEREIRA et al., 2010).

Além de sua importância ecológica, a floresta amazônica tem grande potencial econômico, principalmente no setor madeireiro. Segundo a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (2015), a renda obtida pela venda de madeiras no estado do Pará foi de aproximadamente 369 milhões de reais, sendo comercializado 2 milhões de metros cúbicos de madeira. Conforme Pereira et al. (2010), a exploração e comercialização da madeira é uma das principais atividades econômicas da região amazônica, com a mineração e a pecuária. Para Lentini (2008), no setor florestal amazônico, a madeira serrada representa uma participação de 4,5% da comercialização mundial de produtos e utensílios florestais.

O tamanho das reservas de madeira da Amazônia, estimadas em mais de 45 bilhões de metros cúbicos no início da década de 1980, dos quais quase 14 bilhões de metros cúbicos são substituíveis, levou as pesquisas a se concentrarem no manejo florestal. Para se ter uma ideia do tamanho desse estoque, o país consumiu 108 milhões de metros cúbicos de toras plantadas no entre 2008 a 2010, que duraria mais de um século. Os estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, localizados à beira da floresta amazônica, já começam a carecer madeira para construção rural, lenha para a produção de farinha e cozimento, olarias e etc. (HOMMA, 2011).

Para Zenid (2011), a variedade de espécies de madeira - e a amplitude de suas propriedades - existente na floresta amazônica dificulta as atividades de exploração florestal sustentada e mesmo uma comercialização mais intensa de todo potencial madeireiro da floresta.

## 2.2. Química da Madeira

A madeira é um material bastante heterogêneo, podendo ser definida como um biopolímero tridimensional, formado por celulose, hemiceluloses e lignina numa proporção aproximada de 50:20:30%, respectivamente, além de uma porção minoritária de extrativos e componentes inorgânicos, tendo a água como substância química mais abundante numa árvore viva, porém na madeira em base seca, toda a parede celular da madeira é formada por polímeros de açúcares (carboidratos, 65 a 75%), que são combinados com a lignina (18 a 35%), sem considerar os traços de nitrogênio e de outros elementos (MARTINS, 1980; ROWELL et al., 2005; LEPAGE et al., 1986).

### 2.2.1. Celulose

A celulose é o polissacarídeo mais abundante da natureza, e a molécula orgânica mais abundante do planeta Terra (ROWELL *et al.*, 2005). De acordo com Klock e Andrade (2013), a celulose é o principal componente da madeira, chegando a constituir de 40% a 50% de todas as plantas. Pode ser conceituada como um polímero de cadeia linear com comprimento suficiente para ser insolúvel em solventes orgânicos, água, ácidos e álcalis diluídos, à temperatura ambiente, consistindo, única e exclusivamente, de unidades de  $\beta$ -D-anidroglicopiranosose, as quais se ligam por meio dos carbonos 1-4, possuindo estrutura organizada e parcialmente cristalina.

As cadeias de celulose nas paredes celulares das plantas são arranjadas compactamente, de modo que suas fibras apresentam regiões nitidamente cristalinas, devido ao elevado número de ligações de hidrogênio que resulta na forte interação entre as moléculas, embora medidas de raio-X indicam que, a cada 600 Å de celulose cristalina, a estrutura apresenta regiões amorfas (PENEDO, 1980).

### 2.2.2. Hemiceluloses

As Hemiceluloses, segundo Lepage et al. (1986), são polissacarídeos associados a celulose e a lignina em tecidos vegetais. São constituídas por diferentes monossacarídeos, formando uma cadeia ramificada. Klock et al. (2005), mostrou que são bastante reativas a produtos químicos por não possuir cadeias cristalinas.

Assim, o termo hemicelulose não designa um composto químico definido, mas sim uma classe de componentes poliméricos presentes em vegetais fibrosos, possuindo, cada componente, propriedades peculiares. Como no caso da celulose e da lignina, o teor e a proporção dos diferentes componentes encontrados nas hemiceluloses de madeira variam grandemente com a espécie e, provavelmente, também de árvore para árvore (PHILLIPP; D'ALMEIDA, 1988 *apud* SANTOS, 2008).

### 2.2.3. Lignina

Ligninas são substâncias fenólicas formadas de polímeros de unidades de fenilpropano. Como hemicelulose, a lignina envolve as células de celulose formando uma estrutura rígida, relativamente resistente à biodegradação e não é prontamente solúvel (SAMIS *et al.*, 1999).

Do ponto de vista morfológico a lignina é uma substância amorfa localizada na lamela média composta, bem como na parede secundária. Durante o desenvolvimento das células, a lignina é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e assim fortalecendo, enrijecendo as paredes celulares (FENGEL, WEGENER, 1984).

A lignina é uma macromolécula formada pela polimerização de três álcoois precursores que geram unidades fenilpropanóides chamadas siringil (S), guaiacil (G) e hidroxifenil (H). A fração molar das unidades fenilpropanóides H, S e G nas plantas dependem principalmente do grupo vegetal, alguns autores demonstraram que em madeiras de folhosas existe uma mistura de quantidades significativas de subestruturas G e S, já em coníferas existe apenas G (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980; LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2012).

Sousa (2004) mencionou que a parede celular de fibras de madeiras folhosas é levemente lignificada, possuindo um alto conteúdo de celulose, baixo conteúdo de lignina, maior quantidade de galactanas e menor quantidade de xilanas do que o normal; no entanto, há uma variação desses constituintes entre as espécies.

### 2.2.4. Extrativos

Os extrativos não são parte integrante da formação estrutural da parede celular ou lamela média do tecido xilemático, mas têm presença marcante nas suas

características e propriedades, como o cheiro, cor, resistência ao ataque de organismos xilófagos, resistência mecânica, densidade básica e higroscopicidade (PETTERSEN, 1984). Sua quantidade relativa e composição dependem de vários fatores, por exemplo, idade, espécie, região de procedência, tratamentos silviculturais e, principalmente, a sua estrutura anatômica (SEVERO; CALONEGO; SANSÍGOLO, 2006; SILVA, 2013; MARIANO, 2017).

Os extrativos da madeira compreendem uma ampla classe de compostos fenólicos, terpenóides e ácidos alifáticos, que podem ser removidos com o uso de solventes orgânicos ou água (SAMIS et al., 1999). Moraes, Nascimento e Melo (2005) afirmam que os extrativos representam entre 4 e 10% da massa total da madeira seca, e o seu conteúdo varia muito entre as espécies de madeiras. Em geral, ocorre uma maior concentração de extrativos na parte central do tronco das árvores correspondendo à região do cerne (VAREJÃO; NASCIMENTO; CRUZ, 2012).

Apesar dos extrativos possuírem baixa massa molar em relação aos demais componentes, sua presença pode influir na escolha da madeira para determinados fins, como os extrativos de cor ou voláteis que dão valor estético ou os compostos aromáticos que impedem o ataque da madeira por fungos e insetos; ou os taninos e resinas que interferem negativamente nos processos de hidrólise da madeira ou de produção da polpa (SANTOS, 2008).

Alguns dos extrativos da madeira são precursores de outros produtos químicos, alguns são formados em resposta a feridas e outros agem como parte de um mecanismo de defesa (ROWELL, 2005). Os extrativos são classificados pelo tipo de solvente utilizado para extraí-los, por exemplo, podem ser extraídos por água (quente ou fria) e solventes orgânicos, como etanol, acetona, diclorometano, metanol e etanol/tolueno, ou mesmo por volatilização (OLIVEIRA et al., 2005; SANTOS, 2008).

#### 2.2.5. Cinzas

Segundo Souza (2017), madeiras crescendo naturalmente em zonas temperadas, contém de 0,2 a 0,9% de componentes minerais, dos quais, 0,5% de cinzas, enquanto de que madeiras de zonas tropicais podem conter até 5% de cinzas. A análise desses compostos é obtida pela incineração da madeira sob temperatura de 600~850 °C (SILVA, 2013; MENDOZA, 2016).

## 2.3. Relações Entre Propriedades Físicas e Características Anatômicas e Químicas

As características químicas, anatômicas, físicas e mecânicas da madeira apresentam diversos níveis de variação. Tais propriedades variam na madeira oriunda de indivíduos de espécies distintas, de indivíduos de mesma espécie, de indivíduos pertencentes ao mesmo material genético e variam ainda em diferentes posições internas do fuste. Dentro de um fuste há dois tipos básicos de variação: variação longitudinal e radial (TOMAZELLO, 1987; TOMAZELLO; SILVA, 1987; VALE; BRASIL; MARTIS, 1999), sendo mais proeminente a variação no sentido radial (MALLAN, 1995).

### 2.3.1. Densidade

A densidade é uma propriedade de grande importância devido à sua relação com a maior parte das propriedades físicas e tecnológicas, servindo na prática como uma referência para a classificação da madeira, pois, geralmente, madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras que as leves. Porém, em paralelo a estas vantagens, são de mais difícil trabalhabilidade e apresentam maior variabilidade dimensional (MORESCHI, 2010).

Para Bowyer et al. (2003), a densidade básica é definida como a massa seca por unidade de volume saturado sendo a forma mais utilizada, entre várias, para expressar essa característica física da matéria. Trata-se de um parâmetro de qualidade muito utilizado nos diversos setores florestais. Desconsiderando-se o teor de extrativos e de materiais estranhos à madeira, a densidade é um reflexo fiel da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou, de forma inversa, está diretamente relacionada ao volume vazio dos poros e, conseqüentemente, com outras propriedades físicas e mecânicas (MORESCHI, 2010).

O valor da densidade básica pode ser obtido fazendo-se a relação entre a menor massa (massa seca) e o maior volume (volume saturado). O valor da densidade básica pode ser expresso em gramas (g) por centímetro cúbico ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ou quilograma por metro cúbico ( $\text{kg m}^{-3}$ ) (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971; GLASS; ZELINKA, 2010; ALMEIDA, 2015).



Conforme a classificação de Melo, Coradin e Mendes (1990), a densidade básica é considerada baixa, se o valor for menor a  $0,50 \text{ g cm}^{-3}$ , média, se os valores situarem entre  $0,50$  e  $0,72 \text{ g cm}^{-3}$  e pesada, se os valores estiverem acima de  $0,72 \text{ g cm}^{-3}$ .

### 2.3.2. Variação dimensional

Por ser um material higroscópico, a madeira é capaz de absorver ou perder água para o meio que se encontra, assim como vários outros materiais celulósicos, apresentando contração quando o teor de umidade a partir do ponto de saturação das fibras (PSF) é reduzido até a condição absolutamente seca ou anidra. Este fato pode ser explicado pela sua constituição química, composta pelos polímeros de celulose, hemicelulose e lignina. Nesse conjunto de circunstância, o estudo das variações dimensionais (retratibilidade) da madeira é essencial para sua utilização industrial, tanto na construção civil como na confecção de móveis (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

A variação dimensional da madeira é um fenômeno importantíssimo, caracterizado pela contração ou inchamento quando da dessorção ou adsorção de água, que ocorrem abaixo da umidade de saturação das fibras. A contração longitudinal é geralmente desconsiderada, por ser muito pequena; já a contração tangencial costuma ser maior que a radial por fator variando 1,5 a 3,0.

Segundo Ziech (2008), quando se fala em propriedades para a determinação da melhor espécie para usos estruturais e industriais, a densidade básica e a retratibilidade são as propriedades mais importantes dentre as demais, visto que, estão diretamente relacionadas com a resistência e a instabilidade dimensional.

Diante disto, as alterações dimensionais ocasionadas pela contração e pelo inchamento da madeira, juntamente com coeficiente de anisotropia elevado, indicam características indesejáveis desse material, limitando o seu uso para diversas finalidades ou, ainda, exigindo técnicas específicas de utilização (BOWYER et al., 2003; RODRIGUES; SILVEIRA; CASTELLO, 2014).

## 2.4. Coeficiente de Anisotropia

Segundo Balloni (2009) o coeficiente de anisotropia (A) é a relação entre as contrações tangencial e radial e da relação do inchamento tangencial e radial, que

servem como parâmetro de avaliação para a qualidade da madeira. Durlo e Marchiori (1992) afirmam que o coeficiente de anisotropia para avaliar a estabilidade dimensional de uma determinada espécie de madeira. Este coeficiente é calculado pela relação entre as variações dimensionais lineares tangencial e radial (T/R).

Para Durlo e Marchiori (1992), um coeficiente de anisotropia igual a 1 seria o ideal, o que significaria haver alterações de mesma grandeza nas direções tangencial e radial ou que não tenha havido variação. Tal situação ideal indicaria que não provocaria formação de tensões internas. Os autores (Tabela 1) estabeleceram a seguinte classificação da madeira em função dos seus coeficientes de anisotropia:

**Tabela 1** – Classificação do coeficiente de anisotropia.

Classe	Coeficientes de anisotropia
Excelente	1,2 – 1,5
Normal	1,5 – 2,0
Ruim	> 2,0

**Fonte:** Durlo e Marchiori (1992).

## 2.5. Caracterização Tecnológica

Os fatores que tem contribuído para os frequentes usos dessas espécies, tem sido a tradição ao longo dos anos em torno das mesmas, devido a excelente performance apresentada nesse tipo de utilização e o outro fator é decorrente do desconhecimento das características tecnológicas de espécies denominadas "pouco conhecidas" e/ou "desconhecidas", onde determinadas propriedades são imprescindíveis como indicadores para agrupá-las satisfatoriamente na indústria (CAMARA, 1992).

Zenid (2011), relata que na escolha da madeira correta para um determinado uso, deve-se considerar quais são as propriedades e os respectivos níveis requeridos para que a madeira possa ter um desempenho satisfatório. Esse procedimento é primordial principalmente em países tropicais onde a exuberância do número de espécies de madeiras existentes na floresta é uma das expressões da sua biodiversidade.

### 3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Química e Tecnologia da Madeira do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESIT/UEA.

#### 3.1. Espécies Estudadas e Coleta de Material

Na pesquisa foram empregadas espécies madeireiras de ocorrência natural da Região Amazônica, provenientes uma área de manejo da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. – Precious Woods Amazon/PWA (Figura 1), com exceção do Marupá, o qual foi adquirido em serraria local do município de Itacoatiara. Foram selecionadas madeiras de interesse comercial de acordo com a disponibilidade da empresa. Para cada espécie, foram obtidas 5 peças retiradas do cerne, medindo aproximadamente 50 x 10 x 8 cm (comprimento x largura x espessura), para a confecção de corpos de prova utilizados no presente estudo. As espécies foram identificadas macroscopicamente por Aguiar (2022) e estão contidas na Tabela 2.

**Tabela 2-** Relação das espécies estudadas.

<b>Nome comum</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Nome científico</b>
Árura-vermelho	ARVE	<i>Iryanthera</i> sp.
Louro-gamela	LOGA	<i>Sextonia rubra</i>
Louro-preto	LOPR	<i>Ocotea</i> sp.
Marupá	MARU	<i>Simarouba amara</i> Aubl.
Sucupira-preta	SUPR	<i>Diploptropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff
Sucupira-vermelha	SUVE	<i>Andira parviflora</i>
Tanimbuca	TANI	<i>Buchenavia</i> sp.



A densidade básica é dada pela relação entre a massa das amostras seca em estufa com temperatura regulada em  $103 \pm 2$  °C e o os seus volumes saturados em água destilada. Para o cálculo da densidade básica foi usada a equação 1.

$$Db = \frac{ms}{vsat} (\text{g. cm}^{-3}) \quad (1)$$

Em que:

Db = Densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ );

Ms = Massa da amostra após secagem em estufa (g);

Vsat = Volume da amostra no estado saturado ( $\text{cm}^3$ ).

Para a determinação dos coeficientes de contração lineares tangencial e radial, e os de anisotropia, foram utilizados os mesmos corpos de prova usados no ensaio de densidade básica, descritos anteriormente. As contrações lineares e o coeficiente de anisotropia foram determinados com o uso das equações 2 e 3, respectivamente.

$$\beta_L = \left( \frac{Dv - Ds}{Dv} \right) \times 100 \quad (2)$$

Em que:  $\beta_L$  = Coeficiente de contração linear tangencial ( $\beta_t$ ) ou radial ( $\beta_r$ ), em (%);

Dv = Dimensão verde ou saturada, tangencial ou radial, em (cm);

Ds = Dimensão seca, tangencial ou radial, em (cm).

$$A_\beta = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad (3)$$

Em que:

$A_\beta$  = Coeficiente de Anisotropia

$\beta_t$  = Coeficiente de contração linear tangencial, em (%);

$\beta_r$  = Coeficiente de contração linear radial, em (%).

### 3.3. Determinação dos Teores de Extrativos e Cinzas

Para a determinação dos teores de extrativos, foram realizadas extrações em água quente e na sequência etanol/tolueno, etanol e água quente (totais) conforme as recomendações da “American Society for Testing and Materials” (ASTM D1105, 2005). Para tanto, os corpos de prova selecionados para a realização da análise química da madeira foram transformados em serragem em moinho do tipo Willey e classificados em peneiras com malha de 40 e 60 “mesh”, sendo utilizado o que ficou retido da peneira de 60 mesh. Os teores de extrativos foram calculados com base na massa seca antes e após as extrações.



Figura 3 – a) moinho de facas; b) agitador de peneiras; c) extração em água quente; d) extração em aparelho soxhlet.

Fonte: Autor, 2022.

Com o uso da equação 4 determinar-se-á a porcentagem de extrativos de acordo com o solvente empregado (TE%).

$$TE\% = \left( \frac{P_f - P_i}{P_s} \right) \times 100 \quad (4)$$

Em que:

P<sub>i</sub> = Peso inicial do balão seco;

P<sub>f</sub> = Peso do balão com extrativos;

P<sub>s</sub> = Peso da amostra seca

O teor de cinzas foi determinado pela Norma ASTM D1102-84 (2007), usando cadinhos de porcelana para calcinação das amostras em forno mufla à temperatura de 500~525°C.

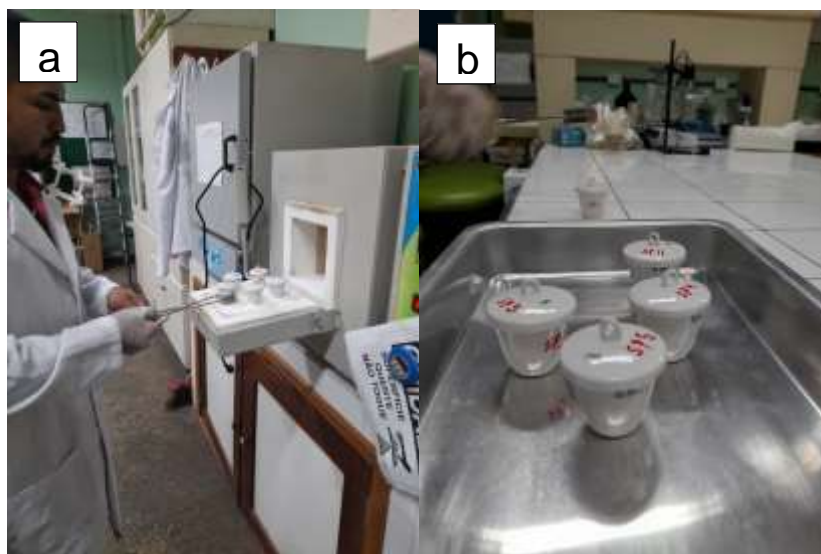


Figura 4 – a) mufla de calcinação; b) amostras para obtenção do teor de cinzas.

Fonte: Autor, 2022.

O teor de cinzas foi obtido pela relação entre o peso da cinza obtida na calcinação e a massa da amostra seca em estufa, expressa em porcentagem, e calculado pela Equação 5.

$$C = \frac{mc}{ms} \times 100(\%) \quad (5)$$

Em que:

C = Teor de cinzas (%);

mc = Massa de cinzas (g);

ms = Massa de madeira seca (g)

### **3.4. Análise e Avaliação dos Resultados**

Os resultados foram tabulados e interpretados por meio de estatística descritiva para a avaliação das propriedades das madeiras, em função da média e desvio padrão dos dados obtidos. Foram feitas análises de correlações entre as propriedades de densidade básica, fator anisotrópico e teor de extrativos totais, determinadas pelo método de Pearson. Os dados foram analisados no software ASSISTAT versão 7.7 e no Excel versão 2013.



## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1. Propriedades físicas

#### 4.1.1. Densidade básica

Na Figura 5 encontram-se os valores de densidade básica, média e desvio padrão das espécies analisadas. Pode-se observar que as espécies de arurá vermelho, louro gamela e louro preto apresentaram densidade básica média, 0,64, 0,53, 0,51 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente. As espécies sucupira vermelha, sucupira preta e tanimbuca apresentaram densidade alta, com valores de 0,72, 0,79, 0,78 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente e o marupá apresentou densidade baixa 0,38 g.cm<sup>-3</sup>, segundo classificação de acordo com o proposto por Coradin e Muniz (1991).

Zenid (2009), constatou a densidade básica de 0,780 g.cm<sup>-3</sup> para a madeira de sucupira, valor que Mainieri e Chimelo (1989), obtiveram para o mesmo gênero (*Bowdichia* spp.). Vale et al. (2000) avaliando a sucupira branca (*Pterodon pubescens*), obtiveram o valor de 0,720 g.cm<sup>-3</sup>. Valores aproximados aos encontrados neste estudo para as duas espécies de sucupira.

O valor da densidade encontrada para a espécie de louro gamela neste estudo foi diferente da encontrada por Silveira, Rezende e Vale (2013), correspondendo a 0,720 g.cm<sup>-3</sup>. Em relação à densidade do arurá vermelho, Coelho et al. (2014), obteve resultados próximos ao testar a densidade da base em direção ao topo de *Iryanthera grandis*, com valores variando de 0,69 g.cm<sup>-3</sup> a 0,55 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente.

Em um estudo da densidade da madeira de espécies florestais de quatro áreas experimentais da Amazônia oriental brasileira, Carneiro et al. (2020), encontraram a densidade de *Buchenavia parvifolia* a 0,72 g.cm<sup>-3</sup> e para o gênero *Ocotea* variou de 0,4 a 0,5 g.cm<sup>-3</sup>.

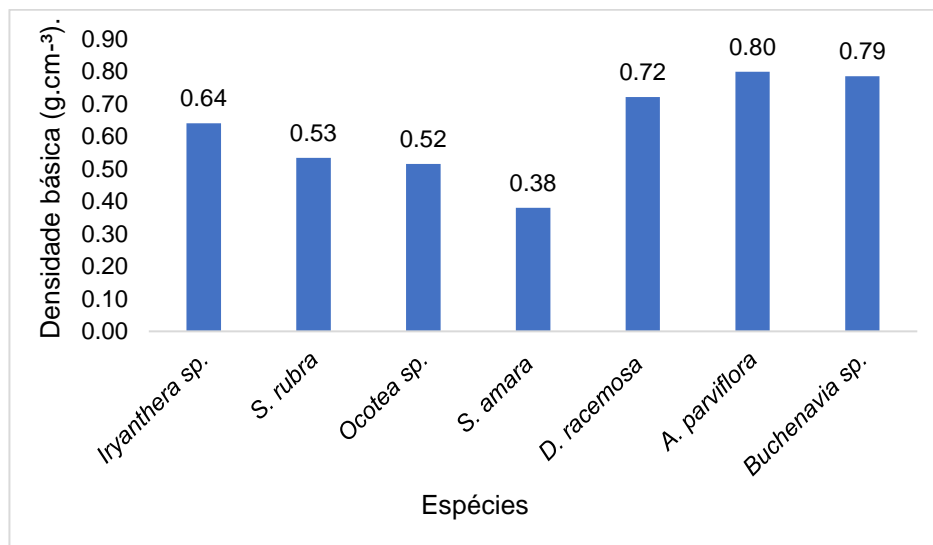


Figura 5 - Valores médios da densidade básica das espécies.

Fonte: Autor (2022).

#### 4.1.2. Instabilidade dimensional e coeficiente de anisotropia

O fator anisotrópico é um número expresso pela razão entre os valores das contrações lineares tangencial e radial. Os resultados do fator de anisotropia, bem como seus valores médios e desvio padrão, estão apresentados na Tabela 3 e Figura 6. Pode-se observar que, para todas as espécies, as contrações lineares tangenciais foram maiores que as contrações lineares radiais, o que era de se esperar.

De maneira geral, pode-se observar a uniformidade das propriedades físicas das espécies em estudo, exceto para a espécie louro preto e tanimbuca, que apresentaram resultados fora do padrão, sendo necessário refazer os experimentos.

Na classificação de Durlo e Marchiori (1992), o coeficiente de anisotropia classifica as madeiras de tanibuca e sucupira vermelha como madeira excelente, com indicações pra usos externos, construção civil, construção naval entre outros. Para as madeiras de arurá vermelho, louro gamela, louro preto, marupá e sucupira preta, classifica-se como madeira normal, podendo ser indicadas para usos de marcenaria e movelaria.

Em estudo de caracterização das propriedades físicas de madeiras disponíveis no mercado da construção civil em vitória da conquista – BA, Santos et al. 2017, obteve resultados parecidos quanto a madeira de *Pinus* sp., foi a que apresentou menor contração volumétrica, porém com não diferiu de *Bowdichia* sp.

em relação ao coeficiente de anisotropia, 1,63 e 1,11, refletindo em maior instabilidade dimensional.

**Tabela 3** - Valores médios e desvios padrão dos valores de contração linear ( $\beta$ ) das espécies estudadas.

Grupo	Espécie	Contração Linear Total (%)	
		Tangencial	Radial
Arurá vermelho	<i>Iryanthera</i> sp.	6,78 (1,15)	3,90 (0,53)
Louro gamela	<i>Sextonia rubra</i>	5,79 (0,48)	3,40 (0,19)
Louro preto	<i>Ocotea</i> sp.	6,42 (0,56)	1,52 (0,20)
Marupá	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	6,81 (0,88)	3,45 (0,34)
Sucupira preta	<i>Diplotropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff	5,98 (0,98)	3,72 (0,19)
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i>	8,90 (0,51)	5,88 (0,52)
Tanibuca	<i>Buchenavia</i> sp.	18,51 (0,68)	12,38 (0,49)

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão

Fonte: Autor (2022).

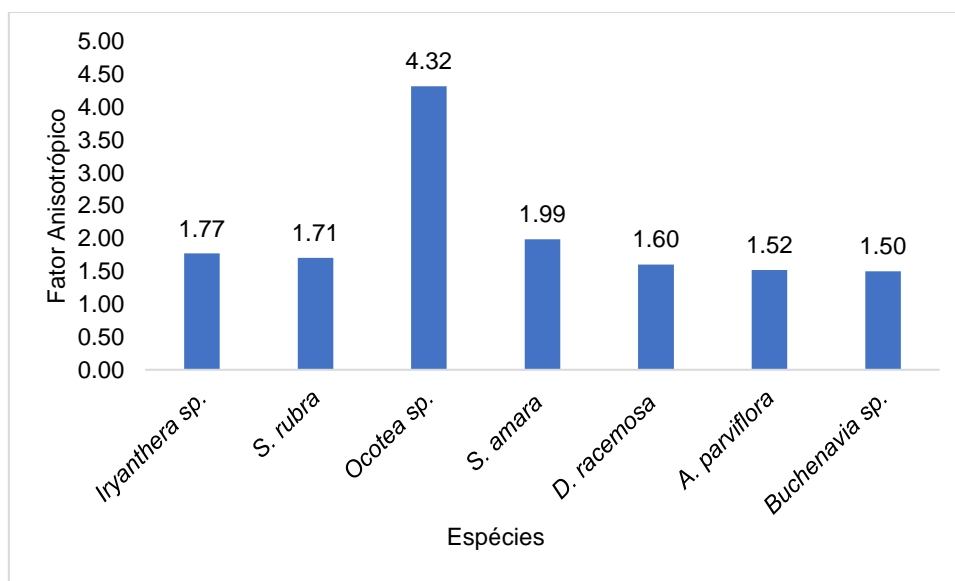


Figura 6 - Valores médios gerais do fator anisotrópico (T/R).

Fonte: Autor (2022).

Fernandes (2020), mostrou que os valores da média geral (base, meio e topo) foram de 1,47 para a sucupira preta e de 1,56 para a sucupira vermelha. Esses valores indicam madeiras de excelentes a alta qualidade, conforme classificam Durlo e Marchiori (1992). Esses valores variam entre 1,2 a 1,5, e que podem ser, também, encontrados no cedro (*Cedrela odorata* L.), no mogno (*Swietenia macrophylla* King.) e na maçaranduba (*Manilkara amazonica*).

Lima (2014), concluiu que a madeira de *Iryanthera grandis* Duck, não apresentou diferenças significativas na variação longitudinal e radial das propriedades físicas, indicando que a madeira poderá apresentar comportamento mais homogêneo destas propriedades tecnológicas, o coeficiente de anisotropia de 1,63 da madeira em estudo, permite indicar sua utilização como armários, estantes e mesas.

Para Oliveira et al. (2010) a diferença de retração entre a direção radial e tangencial é uma das principais causas de defeitos na madeira durante a secagem, resultante da manifestação da anisotropia, que quanto mais elevada, maior a probabilidade de defeitos na madeira. Alguns autores citam que apenas o coeficiente de anisotropia não caracteriza uma madeira como sendo instável, diante disto, Santos (2017) relatou que se deve considerar ainda as contrações radiais e tangenciais, além de fatores inerentes à formação da madeira, operações no processamento, secagem e armazenamento.

## **4.2. Propriedades Químicas**

### **4.2.1. Teores de extrativos**

Na Figura 7 estão dispostos os valores de médias e desvio padrão dos teores de extrativos encontrados para cada espécie.

De modo geral, a extração em água quente apresentou o menor valor de teor de extrativos. Segundo Oliveira et al (2014) a quantidade de extrativos variam de espécie para espécie e o modo como os extrativos são solubilizados podem influenciar. De acordo com Morais, Nascimento e Melo (2005), os extrativos encontrados em água quente contem açúcares, sais orgânicos, polissacarídeos e algumas substâncias fenólicas.

O teor de extrativos, como mostrado na Figura 4, obteve maiores índices para a espécie *Buchenavia sp*, em relação as outras, e menores índices para a espécie de marupá, a madeira de coloração bem mais clara se comparada as demais. A literatura, que correlaciona as cores das madeiras tropicais e a quantidade de extrativos, geralmente localizados na parede celular do cerne, é escassa.

Castro et al. (2015) quando estudou os teores de extrativos presentes em quatro madeiras da Amazônia, obteve diferenças significativas quanto à quantidade existente nas diferentes madeiras variando de 9 a cerca de 13%. Para Carneiro et al. (2009), de modo geral, o teor de extrativos acima de 7% em espécies amazônicas revelam que elas possuem uma maior resistência o ataque de organismos xilófagos.

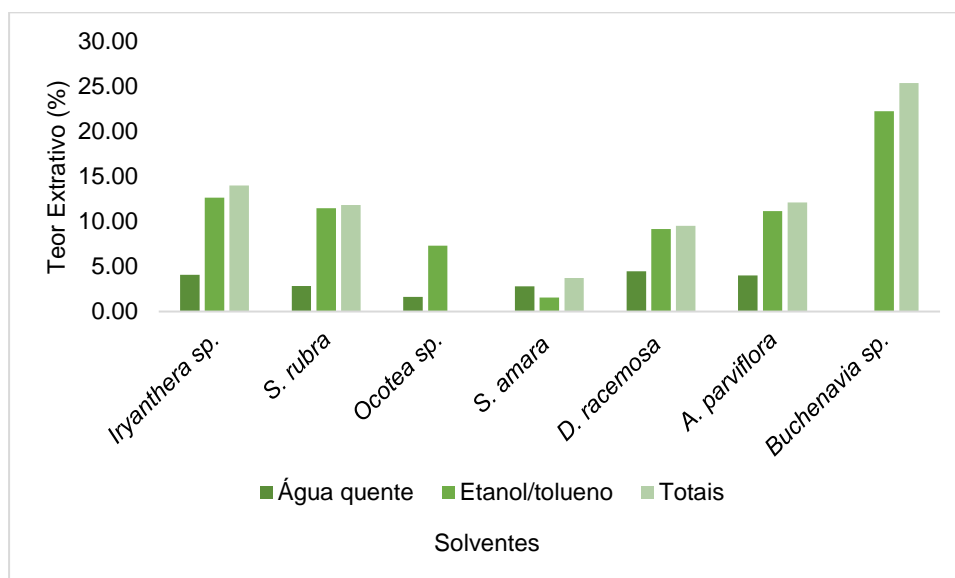


Figura 7 - Valores médios gerais dos teores de extrativos.

Fonte: Autor (2022).

#### 4.2.2. Teores de cinzas

Foi possível observar que o teor de cinzas variou de 0,12 a 0,73% para as espécies estudadas (Figura 5). Os resultados encontrados para arurá vermelho e marupá apresentaram os maiores valores médios para os teores de cinza, de 0,47 e 0,73, respectivamente. O louro gamela, louro preto e tanimbuca apresentaram os menores valores de 0,12; 0,21 e 0,21%, respectivamente. Basso (2017), encontrou valores entre 1,17 e 2,52% para os teores de cinzas analisando espécies do gênero

*Eucalyptus*. Santos (2010) estudando as espécies de *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla* encontrou valores médios entre 0,5 e 1,6%. Contudo, Souza, Varejão e Nascimento (2007), estudando madeiras tropicais encontrou valores para cinza que variaram de 0,2% para *Duckeodendron cestroides* Kuhl e 1,8% para *Qualea Vochisiacea*.

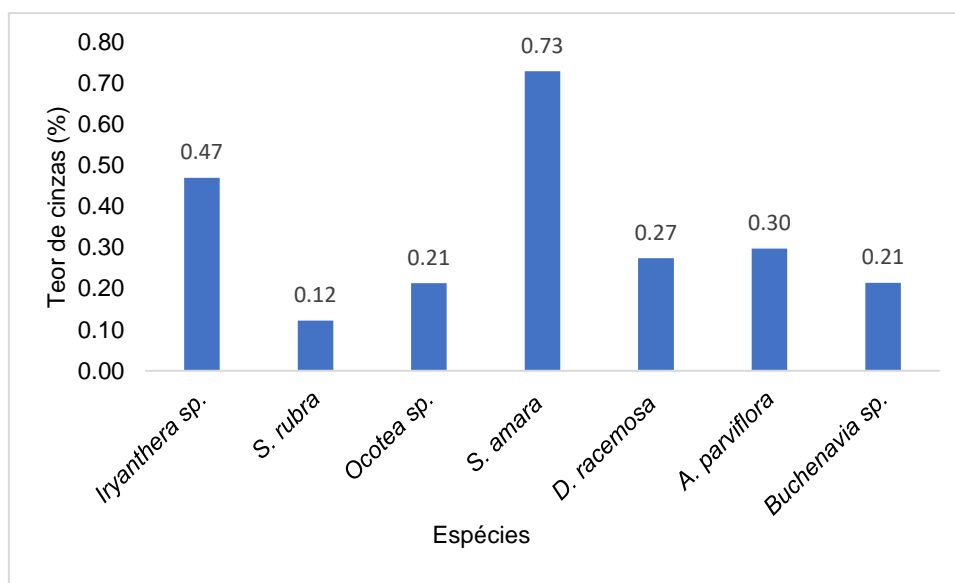


Figura 8 - Valores médios gerais dos teores de cinza.

Fonte: Autor (2022).

Os teores de cinzas obtidos das espécies estudadas neste trabalho estão dentro de valores aceitáveis para espécies tropicais em conformidade com Santos, Varejão e Nascimento (2008), que encontraram teor de cinzas de até 0,5% em florestas temperadas e até 5% em florestas tropicais. Nesse contexto, Fontes (1994), afirma que é aceitável que o teor de cinzas seja o menor possível, pois trata-se de componentes inorgânicos que, após a queima, comportam-se como material residual que deve ser descartado, podendo também causar problemas de corrosão em equipamentos metálicos como material abrasivo.

#### 4.2.3. Correlações

A Figura 9 apresenta a correlação entre a densidade básica e o fator anisotrópico das espécies. Nota-se que houve correlação negativa moderada ( $r = -0,42$ ), ou seja, o fator anisotrópico, de modo geral, se comportou inversamente

proporcional a densidade básica, para as espécies estudadas. O mesmo comportamento foi observado por Nascimento et al. (2015), que correlacionaram densidade básica e coeficiente de anisotropia para as espécies de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, afirmando que, madeiras mais densas tendem a apresentar menores coeficientes de anisotropia.

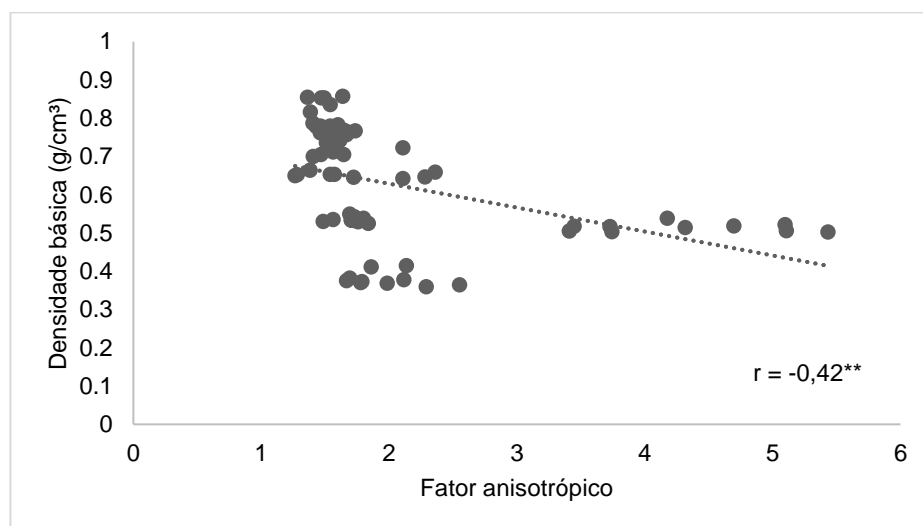


Figura 9 - Relação entre densidade básica e fator anisotrópico. \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade. Fonte: Autor (2022).

As Figuras 10 e 11 apresentam a correlação entre o teor de extrativos etanol/tolueno e a contração linear tangencial/radial das espécies. Conforme Santos (2008), madeiras de densidade alta geralmente apresentam maior quantidade de extrativos. A presença desses compostos na madeira pode aumentar o efeito da densidade sobre a contração radial e tangencial pois tende a diminuir o ponto de saturação das fibras e aumentar o volume da parede celular (SANTOS, 2008). Nota-se que houve correlação positiva alta para as duas contrações  $r = 0,78$  e  $r = 0,81$ , tangencial e radial, respectivamente.

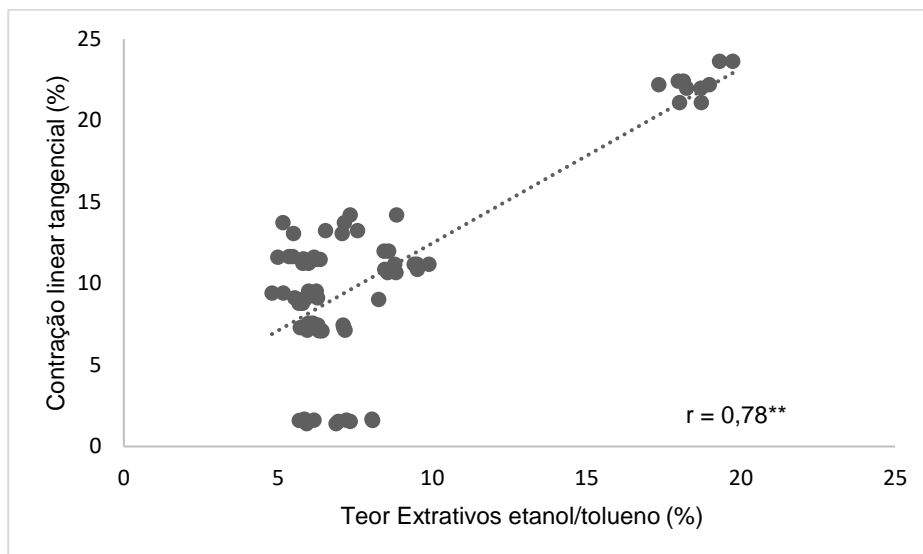


Figura 10 - Relação entre a Contração linear tangencial (%) e teor de extrativos  
**\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.**

Fonte: Autor (2022).

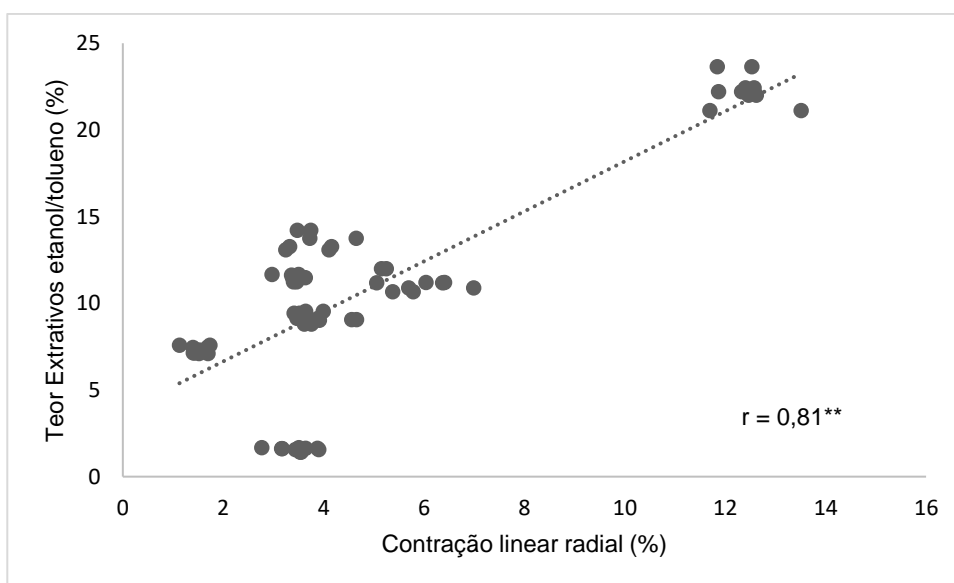


Figura 11 - Relação entre a Contração linear radial (%) e teor de extrativos  
**\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.**

Fonte: Autor (2022).

A correlação entre o teor de extrativos totais e a densidade básica (Figura 10) indicou uma correlação positiva alta ( $r = 0,72$ ). No presente estudo a densidade básica encontrada para as espécies variou de 0,38 a 0,79 g/cm<sup>3</sup>, este resultado foi acompanhado de um aumento significativo do teor de extrativo, resultando em uma relação diretamente proporcional.



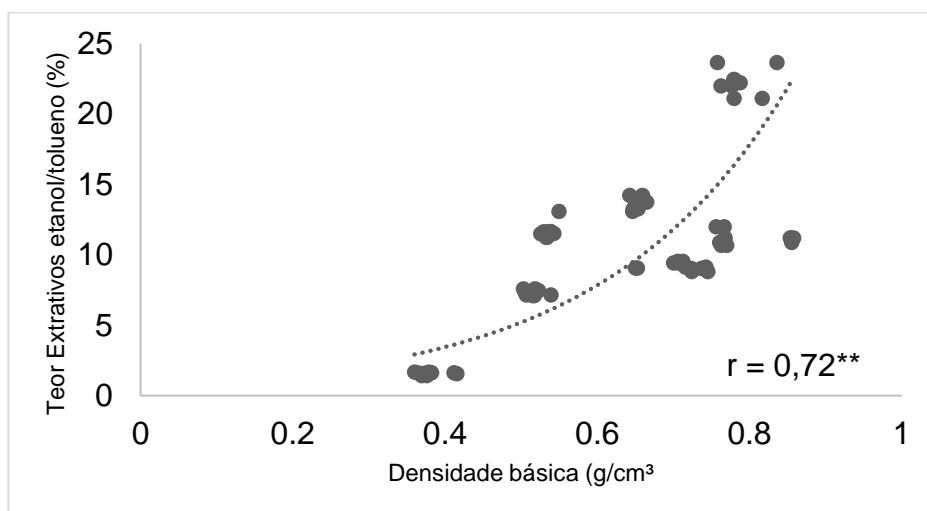


Figura 12 - Relação entre a densidade básica e teor de extrativos  
 \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Autor (2022).

Ao verificar a correlação entre a densidade básica da madeira e o teor de cinzas por meio do coeficiente de Pearson, foi constatado uma baixa/moderada correlação ( $r = 0,47$ ).

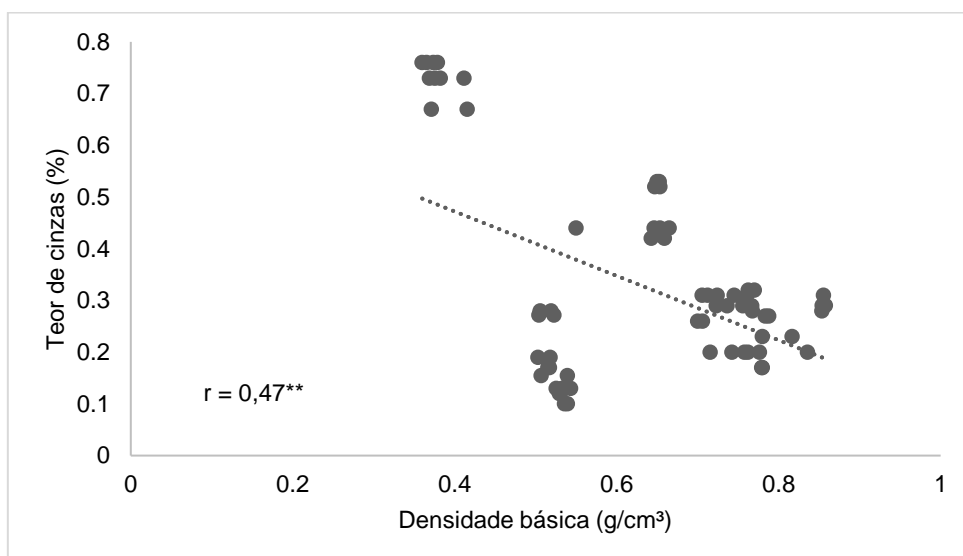


Figura 13 - Relação entre a densidade básica e teor de cinzas\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Autor (2022).

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho para as propriedades físicas, no geral as espécies apresentaram média a alta densidade e boa estabilidade dimensional, podendo ser indicadas para as mais diversas aplicações em laminação, portas, decoração, movelaria, entre outros. Não foi obtido o resultado esperado para o louro preto.

De maneira geral, este estudo concluiu que as espécies amazônicas analisadas possuem altos teores de extrativos, com exceção do marupá. Foram extraídas quantidades expressivas de substâncias para os solventes testados. A tanimbuca foi a que apresentou maior teor de extrativos para todos os solventes.

Os teores de cinzas encontrados em todas as espécies estão entre os valores aceitáveis para espécies tropicais, o marupá apresentou o valor mais alto.

Mais pesquisas são necessárias para a caracterização das madeiras amazônicas, a fim de prever seu uso pelas propriedades anatômicas, físicas, mecânicas e químicas e processo de usinagem. Os testes devem ser realizados novamente com as espécies louro preto e tanimbuca, para obtenção de resultados mais expressivos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Tiago Hendrico de. **Estudo da estabilidade dimensional de madeiras tropicais brasileiras**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D1102 – 84**: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1105: Standard Test Method for Preparation of Extractive-Free Wood**. Philadelphia, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-7190: Projeto de Estruturas de Madeiras**. São Paulo: 1997.

BALLONI, Carlos José Vespúcio. Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii*. Itapeva: UNESP, 2009. Trabalho de Graduação (Curso de Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2009.

BARBOSA, Andressa Vitoria Xavier. Tecnologia da madeira: conhecimento tecnológico e viabilidade de espécies madeireiras da Amazônia. 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2020.

BARROS, Ana Cristina.; VERÍSSIMO, Adalberto. A Expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará. **Belém: IMAZON**, 2002. 180 p.

BASSO, Sabrine. Análise do carvão vegetal para uso doméstico. Ponta Grossa: UTFPR, 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

BOWYER, Jim L.; SHMULSKY, Rubin; HAYGREEN, John G. **Forest products and wood science: an introduction**. 2003.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.157 p.

CAMARA, Vânia Maria O. da; ROCHA, Jadir de Souza. Caracterização Tecnológica De Madeiras Amazônicas Para A Construção Pesada. **Acta Amazonica**, v. 22, p. 8590, 1992.

CARNEIRO, F. da S. et al. Densidade da madeira de espécies florestais de quatro áreas experimentais da Amazônia oriental brasileira. **Embrapa Amazônia Oriental- Livro científico (ALICE)**, 2020.

CARNEIRO, Jane Silveira et al. Suscetibilidade à deterioração de espécies de madeira da Amazônia do Brasil contra fungos de podridão branca e podridão marrom 10th EWLP, Estocolmo, Suécia, 25 a 28 de agosto de 2008. 2009.

CASTRO, Ademir et al. **Madeiras da Amazônia: características gerais, nome vulgar e usos**. Instituto de Tecnologia da Amazônia, 2002.

CASTRO, Jonnys Paz et al. Uso de espécies amazônicas para envelhecimento de bebidas destiladas: análises física e química da madeira. **Cerne**, v. 21, p. 319-327, 2015.

COELHO, José Clailson et al. VARIAÇÃO LONGITUDINAL E RADIAL DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE *Iryanthera grandis* Ducke (Myristicaceae). **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 10, n. 19, 2014.

Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **COPANT-459**: métodos de ensayos físicos y mecánicos. [S.l.], 1972.

**Confederação Nacional da Indústria, Fórum Nacional das Atividades de Base Florestal** – Brasília: CNI, 2017. 94 p.

CORADIN, V. T. R. *et al.* Madeiras comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos. **Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais**, 2010.

CORADIN, Vera Teresinha Rauber; MUNIZ, Graciela Ines Bolzon de. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae; II. Gimnospermae. Brasília: IBAMA. DIRPED, Laboratório de Produtos Florestais. IBAMA. DIRPED. LPF (Série Técnica, 15). 1991. 19 p.

COSTA, Ana Carolina Silva. **Qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos comercializado em cuiabá – MT**. Cuiabá: UFMT, 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2016.

DE LIMA CAIRES, Maria do Socorro et al. A OFERTA DE MADEIRA EM TORA NO BRASIL E NA AMAZÔNIA, PERÍODO DE 2000 a 2017. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 11, n. 3, p. 121-137, 2019.

DI BLASI, Colomba et al. Distribuição de produtos da pirólise de madeira e resíduos agrícolas. **Pesquisa em Química Industrial e Engenharia**, v. 38, n. 6, pág. 2216-2224, 1999.

DURLO, M. A. **Tecnologia da madeira: peso específico**. Centro de Pesquisas Florestais, 1991.

DURLO, Miguel Antão; MARCHIORI, José Newton Cardoso. Tecnologia da madeira: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992.

FAIRWEATHER, Alan D.; RALSTON, Ian BM. The Neolithic timber hall at Balbridie, Grampian Region, Scotland: the building, the date, the plant macrofossils. **Antiquity**, v. 67, n. 255, p. 313-323, 1993.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin; New York: W. 1984.

FERNANDES, Alaeene Araújo. ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Diploptropis purpurea* (Rich.) Amshoff. (SUCUPIRA PRETA) E *Andira parviflora* Ducke (SUCUPIRA VERMELHA). **Universidade do Estado do Amazonas**, Itacoatiara, 2020.

FOELKEL, Celso Edmundo Bochetti; BRASIL, Maria Aparecida Mourão; BARRICHELO, Luiz Ernesto George. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF, Piracicaba**, v. 2, n. 3, p. 65-74, 1971.

FONTES, Paulo José Prudente. Auto suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos. Curitiba: UFPR, 1994. Dissertação (Mestrado do curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994

FREDERICO, Pedro Gustavo Ulisses. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. 2009.

GLASS, Samuel V.; ZELINKA, Samuel L. Moisture Relations and Physical Properties of Wood. In: Forest Products Laboratory (Org.). **Wood Handbook - wood as an engineering**. Estados Unidos: FPL, 2010, cap.4, p. 1–19.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília: IPHAN/ MONUMENTA, 2006. 246 p. (Cadernos Técnicos; n. 6).

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Madeira na Amazônia: extração, manejo ou reflorestamento? **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

HOPKINS, Michael John Gilbert; FERREIRA, Gracialda Costa. Manual de identificação botânica e anatômica – angelim. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, 2005. 102 p.

KLOCK, Umberto *et al.* **Química da madeira**. 3. ed. Curitiba: FUPEF; 2005. 85 p.

KLOCK, Umberto; ANDRADE, A. S. **Apostila química da madeira**. 4. ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2013.

LATORRACA, João Vicente de F.; ALBUQUERQUE, Carlos Eduardo C. de. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. único, p. 279-291, 2012.

LENTINI, M. Como funciona a indústria madeireira. **Belém: Imazon**, 2008.

LEPAGE, Ennio S. Química da Madeira. In: LEPAGE, Ennio S. (Ed) **Manual de Preservação de Madeiras**. v. 1. São Paulo: IPT, p. 67-69, 1986.

LIMA, Rosenaira et al. Influência da anatomia nas propriedades físicas da madeira de *Iryanthera grandis* Ducke. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 10, n. 19, 2014.

LOURENÇO, Paulo B.; BRANCO, Jorge M. **Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI**. 2012.

MAINIERI, Calvino; CHIMELO, João Peres. Fichas de características das madeiras brasileiras. **São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT)**, 1989.

MALLAN, François S. Eucalyptus improvement for lumber production. **Seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria**, v. 1, p. 1-19, 1995.

MARIANO, Rheysprincys Rio. **Características químicas e físicas de mogno africano (*Khaya ivorensis*)**. 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

MARTINS, Hebert. Madeira como fonte de energia. **Uso da madeira para fins energéticos**, v. 1, p. 9-26, 1980.

MELO, JE de; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: **Anais do Congresso Florestal Brasileiro**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p. 695-699.

MENDOZA, Zaíra Morais dos Santos Hurtado. Tecnologia química de produtos florestais. Editora UFMT, 182p. 2016.

MORAIS, Sérgio Antônio Lemos de; NASCIMENTO, Evandro Afonso do; MELO, Dárley Carrijo de. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 461–470, 2005.

MORAIS, Sérgio Antônio Lemos de; NASCIMENTO, Evandro Afonso do; MELO, Dárley Carrijo de. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, p. 461-470, 2005.

MORESCHI, João Carlos. Propriedades da madeira. **Curitiba: Universidade Federal do Paraná**, 2010.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva *et al.* Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 819–826, 2005.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; SILVA, José de Castro. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; TOMAZELLO FILHO, Mario; FIEDLER, Nilton César. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de Eucalyptus. **Revista Árvore**, v. 34, p. 929-936, 2010.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS TROPICALES. **Reseña anual e evaluación de la situación mundial de las maderas**. Yokohama: OIMT, 2012. 205 p.

PANSHIN, Alexis John; DE ZEEUW, Carl. Textbook of technology. 4th ed. **New York: McGraw Hill**; 1980. 705 p.

PENEDO, Waldir Resende. Uso da madeira para fins energéticos. **Belo Horizonte. Fundação CETEC**, 1980.

PETTERSEN, Ronald.C. In: Rowell, Roger M. 1984. The chemistry of solid wood. **Advances in Chemistry Series**. vol. 207, 57p.

REIS, Pamella Caroline Marques dos Reis. **Análise estrutural e propriedades tecnológicas da madeira de espécies da Amazônia**. 2017.

RODRIGUES, Carla Krulikowski; HILLIG, Éverton; MACHADO, Gilmara de Oliveira. **Análise química da madeira de Pinus oocarpa**. Congresso da Semana de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão. Guarapuava, 2010.

RODRIGUES, DA; SILVEIRA, A.P; CASTELLO, PAR Determinação das Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de Cinco Espécies de Madeira do Sul da Amazônia. **Arquivos Eletrônicos Científicos** , v. 7, p. 52-58, 2014.

ROWELL, Roger M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. CRC press, 2005.

SAMIS, S. C. et al. **Mitigation of fisheries impacts from the use and disposal of wood residue in British Columbia and the Yukon**. Fisheries and Oceans Canada, 1999.

SANTANA, AC de; SANTOS, MAS dos; OLIVEIRA, CM de. Comportamento histórico da produção e comércio de madeira do estado do Pará nos mercados local e internacional. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v. 6, p. 63-90, 2010.

SANTOS, Iris Dias. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e na contração da madeira e no rendimento e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. 2008.

SANTOS, Paula Oliveira; VAREJÃO, Maria de Jesus Coutinho; NASCIMENTO Claudete Catanhede do. Detecção do teor de cinzas e sílicas em materiais lignocelulósicos. Congresso da Jornada de Iniciação Científica Pibic Cnpq/Fapeam/Inpa. Manaus. 2008.

SANTOS, Vaniele et al. PROPRIEDADES FÍSICAS DE ESPÉCIES UTILIZADAS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM VITÓRIA DA CONQUISTA-BA. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 14, n. 25, 2017.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE (SEMAS-PA). **Comercialização Total por Destino das Vendas: 2015**. Disponível em: Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/servicos/sisflora/relatorios/>. Acesso em: 20/11/2021.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). Florestas do Brasil em resumo – dados de 2007-2012. Brasília: SFB, 2013.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição química da madeira de *Eucalyptus citriodora* em função das direcções estruturais. *Silva Lusitana*, v. 14, n. 1, p. 113–126, 2006.

SILVA, Andressa Caroline Rodrigues da. **Aproveitamento de resíduos madeireiro para a produção de energia elétrica: caracterização química**. Manaus: UFAM, 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2013.

SILVEIRA, Livia Helena Carrera; REZENDE, Alba Valéria; VALE, Ailton Teixeira do. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. *Acta Amazonica*, v. 43, p. 179-184, 2013.

SOUSA, Leonardo Chagas de. Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica [dissertação]. **Viçosa: Universidade Federal de Viçosa**; 2004. 2004. 77 p.

SOUZA, João Ubaldo Borges Rodrigues. **Técnicas multivariadas na análise química de espécies florestais amazônicas**. CUIABÁ: UFMT, 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2017.

SOUZA, Suellyn Siqueira de; VAREJÃO, Maria de Jesus Coutinho; NASCIMENTO, Claudete Catanhede do. Avaliação do teor de cinzas e sílica em espécies madeireiras. XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA. Manaus, 2007.

**Standard Test Method for Ash in Wood**, Estados Unidos da América, 2007.

TOMAZELLO FILHO, Mario. Análise da madeira de compressão em *Pinus oocarpa*: estrutura anatômica e quantificação. **Boletim técnico IPEF** 1987; (37):61-68.

TOMAZELLO FILHO, Mario; Silva DA. Formação e caracterização da madeira de compressão em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Boletim técnico IPEF** 1987; (37): 5159.



VALE, Ailton Teixeira do; BRASIL, Maria Aparecida Mourão; MARTINS, Ildeu Soares. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**, v. 9, p. 85-92, 1999.

VAREJÃO, M. J. C.; NASCIMENTO, C. S.; CRUZ, I. A. Avançando fronteiras: potencial químico, ecológico-econômico de espécies florestais de São Gabriel da Cachoeira, AM. In: SOUZA, L. A. G.; CASTELLÓN, E. G. (Org.) **Desvendando as fronteiras do conhecimento na região Amazônica do alto rio negro**. 2. ed. Manaus, AM: INPA, 2012. cap. 4, p. 51–67.

VIANEZ, Basílio Frasco; NASCIMENTO, Cristiano Souza do; CRUZ, Irineide de Almeida. A. Avançando fronteiras: potencial químico, ecológico-econômico de espécies florestais de São Gabriel da Cachoeira, AM. In: SOUZA, L. A. G.; CASTELLÓN, E. G. (Org.) **Desvendando as fronteiras do conhecimento na região Amazônica do alto rio negro**. 2. ed. Manaus, AM: INPA, 2012. cap. 4, p. 51–67.

ZENID, José Geraldo. Madeira na construção civil. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo**, 2011.

ZENID, José Geraldo. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 2009.

ZIECH, Raiana Quirino de Souza. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzidas no sul do estado de Minas Gerais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.