

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

KAMILLY DA SILVA PEREIRA

EFEITO DA TRATAMENTO TÉRMICO NA COR DAS MADEIRAS DE *Hymenaea*
spp. E *Ficus* sp.

ITACOATIARA – AM

2022

KAMILLY DA SILVA PEREIRA

EFEITO DA TRATAMENTO TÉRMICO NA COR DAS MADEIRAS DE *Hymenaea*
spp. E *Ficus* sp.

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

Orientador: Dr. Victor Fassina Brocco

ITACOATIARA – AM

2022

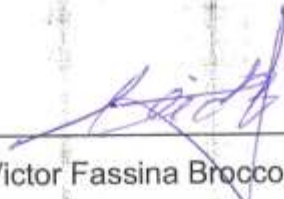
KAMILLY DA SILVA PEREIRA

EFEITO DA MODIFICAÇÃO TÉRMICA NA COR DAS MADEIRAS DE
Hymenaea spp. E *Ficus* sp.

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 Engenheira Florestal.

Aprovada em 11 de outubro de 2022

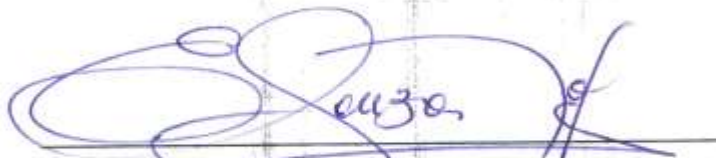
BANCA EXAMINADORA



Victor Fassina Brocco – UEA
(Orientador)



Flavia Maria Silva Brito
Membro Externo



Eduardo de Souza Mafra – UEA

Dedico este trabalho a minha **mãe**, por todo o amor e carinho, por sempre me motivar e me ensinar sobre o valor do conhecimento. Aos meus **avós** (*in memoriam*), que cuidaram de mim com todas as suas forças e a toda minha **família**. Sem vocês nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida.

A minha mãe, a mulher mais forte que conheço. Por tudo que faz por mim, por nunca deixar faltar nada e sempre me dar forças para continuar mesmo com todas as dificuldades, amo você.

A toda minha família, tias (Sônia, Creuza, Cândida, Carla e Daiana), tio (Mateus), primos (Paulo, Matheus, Pedro, Carlos e Almiro) e primas (Vitória, Julia e Sophia), em especial à minha avó, Cândida (*in memoriam*) e avô, Paulo (*in memoriam*), amo vocês.

Ao meu melhor amigo e namorado, Anderson. Por todo amor e carinho, por todos os momentos vividos juntos, por me apoiar e cuidar de mim durante os anos, obrigada por tudo, amo você.

Aos professores do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESIT, por terem contribuído para minha formação acadêmica, em especial a professora Deolinda por ter me dado a oportunidade de participar de projetos e ao professor Victor Brocco por toda paciência e conhecimento compartilhado.

A professora Giselle Rebouças, Andressa Vitória e ao professor Eduardo Mafra pelas contribuições e correções deste trabalho.

Ao professor Ademir Castro e Silva pela ajuda na identificação das madeiras.

Aos parceiros de laboratório Marcelly, Lais Gonçalves, Jair, Valeska, Flávia e Genesse por me ajudarem na elaboração desse trabalho. Sem vocês eu não conseguiria, meus agradecimentos.

Ao meu amigo e parceiro de laboratório, Rafael Pedreno (Gatodo), por sempre está disposto a me ajudar desde o início da graduação, muito obrigada.

A família Castro, por toda ajuda. Ao meu amigo Julião, obrigada por tudo.

A família Neves, pelos momentos divertidos e pelas viagens para Silves, em especial para Lyviston, Layna e Vanice.

Ao meu amigo, Antony pela confecção das amostras. À minha amiga, Karina (mãe dos gêmeos) por todos os momentos que passamos juntas.

Aos meus amigos da T14, a turma dos entediados. Especialmente para Emerson, David, Andriw, Fellip, Larissa, Drielly, Jaylene, Joane, Noeme e Sebastiana, também as nossas calourinhas, Lara e Lohanne, por deixarem essa trajetória mais divertida.

RESUMO

O processo de tratamento térmico é uma opção viável na melhoria das propriedades da madeira, promovendo a maior resistência biológica, maior estabilidade dimensional e alteração da cor, dando maior valor agregado ao produto, além, de ser um método que não causa danos ao meio ambiente, já que não ocorre o uso de agentes químicos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes temperaturas de tratamento térmico nas propriedades colorimétricas de *Hymenaea* spp. e *Ficus* sp. O material utilizado nesse estudo foi proveniente de serrarias do município de Itacoatiara – AM, onde foram produzidas amostras com dimensões de 12 x 10 x 5 cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente). A identificação das espécies foi realizada a partir das análises anatômicas macroscópicas. Os ensaios de tratamento térmico foram realizados em estufa com temperaturas de 140°, 160° e 180°C por um período de duas horas e meia, visando a caracterização da perda de massa e colorimetria. Para a determinação dos extrativos foi realizada a extração em álcool com as madeiras reduzidas a serragem. A influência das temperaturas na cor da madeira foi analisada pela tabela de cores de Munsell. Os resultados demonstraram que houve perda de massa para todas as madeiras tratadas e o escurecimento nas amostras conforme o aumento da temperatura. A temperatura de 180 °C foi a que promoveu maior escurecimento das respectivas espécies. Nos índices de teores de extrativos verificou-se uma variação entre o gênero *Hymenaea* spp sendo que a *Hymenaea intermedia* Ducke foi a que apresentou o maior valor (18,21%). Destaca-se as principais diferenças das características anatômicas macroscópicas do gênero *Hymenaea* spp. sendo eles: tipos de parênquimas, vasos, frequência dos raios, assim também como a altura e largura dos raios. Por tanto, o tratamento térmico das madeiras promoveu o escurecimento da cor em todas as espécies, e essas alterações agregam valor devido a homogeneização das peças e ampliam a utilização no setor madeireiro.

Palavras-chave: Caxinguba. Colorimetria. Jatobá. Tratamento térmico.

ABSTRACT

The process of thermal modification is a viable option in improving wood properties, promoting greater biological resistance, greater dimensional stability and color change, giving greater added value to the product, besides being a method that does not cause damage to the environment, since the use of chemical agents does not occur. This study aimed to evaluate the effect of different thermal modification temperatures on the colorimetric properties of *Hymenaea* spp. and *Ficus* sp. The material used in this study came from sawmills in the municipality of Itacoatiara - AM, where samples with about 12 x 10 x 5 cm were produced (length, width and thickness, respectively). The identification of the species was performed from macroscopic anatomical analyses. The heat treatment tests were carried out in an oven with temperatures of 140°, 160° and 180°C for a period of two and a half hours, aiming at characterizing mass loss and colorimetry. Alcohol extraction was extracted from the reduction of the sawdust samples. The influence of temperatures on wood color was analyzed by Munsell's color table. The results showed that there was mass loss for all treated woods and darkening in the samples as the temperature increased. The temperature of 180 °C was the one that promoted the highest darkening of the respective species. In the indices of extractive contents, there was a variation between the genus *Hymenaea* spp. and *Hymenaea intermedia* Ducke presented the highest value (18.21%). The main differences in the macroscopic anatomical characteristics of the genus *Hymenaea* spp. are highlighted: types of parenchymas, vessels, frequency of rays, as well as the height and width of the rays. Therefore, the heat treatment of the woods promoted the darkening of the color in all species, and these changes add value due to the homogenization of the parts and expand the use in the timber sector.

Keywords: Caxinguba. Colorimetry. Jatoba. Thermal treatment.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS	11
1.1.1. Objetivo geral	11
1.1.2. Objetivos específicos	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Espécies estudadas	13
2.1.1. Jatobá (<i>Hymenaea</i> sp.)	13
2.1.2. Caxinguba (<i>Ficus</i> sp.).....	14
2.2. Extrativos	15
2.3. Colorimetria da madeira	15
2.4. Efeitos do tratamento térmico	18
3. METODOLOGIA	20
3.1. Coleta de material e preparo das amostras	20
3.2. Identificação macroscópica	21
3.3. Teores de extrativos.....	22
3.4. Tratamento térmico das madeiras.....	24
3.5. Caracterização colorimétrica.....	25
3.6. Análise e avaliação dos resultados estatísticos	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Descrição anatômica macroscópicas das espécies estudadas.....	27
4.1.1. <i>Hymenaea</i> sp. (Jatobá 1)	27
4.1.2. <i>Hymenaea courbaril</i> L. (Jatobá).....	28
4.1.3. <i>Hymenaea intermedia</i> Ducke (Jatobá)	29
4.1.4. <i>Hymenaea</i> sp. (Jatobá 2)	30
4.1.5. <i>Ficus</i> sp. (Caxinguba).....	32
4.2. Teores de extrativos.....	33

4.3. Efeito do tratamento térmico nos parâmetros colorimétricos das madeiras .	35
4.4. Perda de massa	41
5. CONCLUSÃO	43
6. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material muito utilizado desde a antiguidade, por isso estudos sobre suas propriedades e a aplicação de novas tecnologias são fundamentais para melhorar a qualidade do produto final. Por se tratar de um material biológico heterogêneo, é possível encontrar madeiras de diferentes densidades, cores e desenhos resultantes da combinação de estruturas anatômicas e químicas do xilema. Essa combinação, durante o desenvolvimento da planta, resultará em uma grande variabilidade de cores na madeira formada (SOUSA, 2019).

A homogeneidade de cor em um lote de madeira influencia diretamente na qualidade da maioria dos produtos resultantes de seu processamento, como por exemplo, num lote de peças de madeira destinadas para produção de pisos formais é conveniente que todas as peças tenham a mesma cor escura (MARTINS et al., 2015). Neste contexto, a alteração artificial da cor da madeira, por meio de tratamentos térmicos, pode ser uma alternativa para aumentar a comercialização de espécies pouco utilizadas devido a este aspecto particular da cor (GRIEBELER, 2013).

A modificação superficial de peças de madeira pela ação do calor tem forte apelo técnico, econômico e ambiental, pois a técnica de tratamento térmico, além de exigir baixo investimento tecnológico e de mão de obra, pode ser realizada uma única vez e ainda pode eliminar a aplicação de produtos químicos como vernizes e tintas que demandam aplicações anuais (GOUVEIA, 2008). Entretanto, o tratamento térmico tem como desvantagem a redução das propriedades mecânicas da madeira, devido à deterioração dos polissacarídeos amorfos e hidrofílicos que compõem as paredes celulares, sendo a degradação de hemicelulose o principal fator para a diminuição na resistência (GARCIA et al., 2012).

Desta forma, o uso de tratamentos térmicos se torna uma opção viável na melhoria da qualidade da madeira. A madeira tratada termicamente adquire considerável resistência mecânica e a intempéries, além da alta estabilidade dimensional devido à redução da higroscopicidade. Entretanto, o uso do tratamento térmico afeta as características físicas, mecânicas e químicas da madeira, podendo inviabilizar seu uso (RONSONI, 2015).

Em elevadas temperaturas ocorre a decomposição parcial desses constituintes químicos da madeira, como a celulose, hemicelulose e lignina (FIGUEROA, 2008). As alterações nas propriedades mecânicas estão relacionadas ao processo utilizado, pois

quanto maior a temperatura utilizada, maior será a variação nas propriedades da madeira e maior a sua fragilidade, podendo ocorrer rachaduras e a estrutura da parede celular pode ser parcialmente degradada (PONCSAK et al., 2006). Nas propriedades físicas inclui-se algumas mudanças desejáveis como a redução da contração e inchamento, diminuição do conteúdo de umidade de equilíbrio, além de uma melhora na resistência às intempéries, coloração escura decorativa e superior resistência ao apodrecimento (KORKUT; BEKTAS, 2008).

Cada espécie pode apresentar um comportamento diferente quando submetida ao tratamento térmico. Algumas podem perder mais massa do que outras, estarem mais susceptíveis ao aparecimento de defeitos como fissuras (MENDOZA; BORGES; MORAIS, 2020).

Para Bellon (2013), a tratamento térmico pode, assim, melhorar as qualidades das madeiras comerciais, produzindo um produto alternativo para utilização em ambientes externos. Esse processo em espécies nativas da Amazônia ainda é pouco compreendido, principalmente quando se refere ao efeito de combinação entre diferentes temperaturas e tempos de tratamentos utilizados (RONSONI, 2015).

Silva et al. (2017) observaram que as madeiras amazônicas apresentaram um amplo espectro de variação dos parâmetros colorimétricos básicos. Diante deste quadro, existe a necessidade da realização de pesquisas que visem avaliar as alterações colorimétricas das espécies amazônicas, submetidas ao efeito de tratamento térmico afim de proporcionar melhores índices de qualidade da madeira.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes temperaturas de tratamento térmico nas colorações das madeiras de *Hymenaea* spp. e *Ficus* sp.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Realizar a caracterização anatômica macroscópica para a devida identificação das espécies madeireiras;
- b) Quantificar os teores de extrativos das espécies;
- c) Analisar, por meio da escala de cores de Munsell, o efeito das temperaturas de tratamento térmico na cor das madeiras testadas; e

- d) Verificar a perda de massa das amostras submetidas ao processo de tratamento térmico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Espécies estudadas

2.1.1. Jatobá (*Hymenaea* sp.)

De acordo com Mainieri e Chimelo (1989), o gênero *Hymenaea* é representado por treze espécies, ocorrendo em todo o território brasileiro, tanto em matas pluviais como em matas secas, sendo a maioria das espécies de valor comercial. Já para Lewis et al. (2005), neste gênero são reconhecidas 16 espécies, distribuídas do México à América do Sul. Dentre elas, 13 espécies são encontradas no Brasil e apresentam grande variedade morfológica entre si, fato que as colocam em 23 táxons diferentes, delimitados principalmente pelos caracteres biométricos e reprodutivos, com ênfase as folhas, as estruturas florais e os frutos (LEE; LANGENHEIM, 1975; LEWIS et al., 2005).

Espécies do gênero *Hymenaea* podem ocorrer desde o sul do México até grande parte da América do Sul, incluindo o Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia (COSTA; SOUZA; SOUZA, 2011).

As plantas de *Hymenaea*, popularmente conhecidas como “jatobás”, são árvores de troncos retos e cilíndricos, de súber liso e de coloração cinza. As folhas são compostas, bifolioladas, de filotaxia alterna com estímulas e pecíolo livre do lado interno. A floração e a frutificação têm início entre oito e doze anos de idade da planta, e não são necessariamente anuais. No Brasil, florescem durante os meses de dezembro a fevereiro e os frutos amadurecem entre os meses de agosto e setembro (BARROSO, 1991).

Dependendo da região o jatobá (*Hymenaea* sp.) também é chamado de jatai, jataí amarelo, jatai peba, jatai vermelho, jataí, farinheira, jataiba, burandã, imbiuva, jatobá miúdo e jatobá da caatinga (SILVA, 2017). Possui importância florestal e ambiental devido ao seu potencial como planta de armazenamento e fixação de carbono (MELO; PÓLO, 2007). No Brasil, as espécies de *Hymenaea* de maior expressão econômica e medicinal são a *H. stigonocarpa*, *H. courbaril* e *H. martiana* (BARROSO et al., 2011).

Esta espécie apresenta elevada massa específica e boas propriedades mecânicas, durabilidade natural média a alta e baixos valores de contração (radial,

tangencial, volumétrica) (KLITZKE et al., 2008). Segundo Lorenzi (2008) a madeira é descrita como sendo, difícil trabalhabilidade, com alburno branco amarelado espesso e nitidamente diferenciado do cerne.

A madeira possui várias utilidades, tanto de uso interno, como ripas, caibros, vigas, marcos de porta, tacos, pisos e assoalhos, móveis, artigos de esporte, cabos de ferramentas etc., como de uso externo, em cercas, dormentes, cruzetas, esquadrias, lâminas, peças torneadas, móveis de jardim, carrocerias, vagões etc. (MAINIERI; CHIMELO, 1989).

2.1.2. Caxinguba (*Ficus* sp.)

O gênero *Ficus* pertence à família Moreacea e é composto por cerca de 750 espécies de plantas lenhosas espalhadas principalmente em regiões Neotropicais (PEREIRA, 2015). É conhecida vulgarmente como caxinguba, coajinguba, coaxinguba, figueira, figueira-do-brejo, figueira-branca, figueira-vermelha, gameleira, gameleira-branca, lombrigueira, mata-pau e outros (RIOS; PASTORE JUNIOR, 2011). Ocorre desde o Brasil e Peru até ao norte, no sul do México, aparecendo na América Central e também na Argentina. No Brasil ocorre nas regiões Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste, Sul. (CORREA; BERNAL, 1995).

Para Lima et al. (1995) é uma árvore de grande porte, ocorrente nas várzeas e com múltiplas aplicações. Essa espécie tem múltiplos usos, o látex tem uso na indústria de alimento, e o fruto, embora reputado como insípido, é comestível. O látex ainda pode ser usado como isca para pegar passarinho e tem vários usos medicinais, bem como as folhas e cascas, porém, está planta possui toxicidade em virtude do látex que se encontra distribuído por toda a árvore, principalmente no tronco (RIOS; PASTORE JUNIOR, 2011).

Esta espécie tem madeira esbranquiçada, suave e fibrosa, pouco durável (CORREA; BERNAL, 1995), densidade média, macia, fácil de se trabalhar, textura grossa, grã direita, pouco resistente, de baixa durabilidade natural, com alburno indistinto. Pode ser aproveitada para fazer embalagens, lenha, miolo de portas e painéis, caixotaria leve e para a confecção de chapas, lâminas decorativas e de utilidade geral. Possui copa frondosa que proporciona ótima sombra, excelente para arborização e paisagismo de grandes praças e parques e arborização rural e de

pastos, também muito inserida em reflorestamento devido alta atração de animais (LORENZI, 1992).

2.2. Extrativos

Os compostos orgânicos que podem ser extraídos da madeira com solventes orgânicos como por exemplo: etanol, acetona ou diclorometano e água são chamados de extrativos (DE PAULA, 2016). Essas substâncias químicas que não fazem parte da parede celular ou lamela média, com baixa massa molecular, geralmente são constituídos de materiais orgânicos como graxas, óleos, gorduras, taninos, carboidratos, ácidos gomas e resina (SJÖSTRÖM, 1981).

Os extrativos são frequentemente responsáveis por atribuírem características como cor, cheiro, resistência natural, gosto e propriedades abrasivas a madeira (COSTA, 2016). Sua composição e quantidade relativa dependem de diversos fatores, como espécie, idade, região de procedência (condições edafoclimáticas) e de sua estrutura anatômica (DE PAULA, 2016). Além do solvente, metodologia de extração e tempo de extração.

Sjöström (1981) afirma que o teor de extrativos é em geral inferior a 10%, as madeiras tropicais apresentarem maiores quantidades. Para Klock et al. (2005) os extrativos são componentes químicos presentes na madeira, compondo cerca de 0 a 20% do peso seco da madeira.

Segundo Silva (2010), o teor de extrativos tem um papel fundamental na utilização da madeira sólida, visto que se relaciona diretamente com a durabilidade natural desta, sendo assim possível sugerir a sua conveniente utilização, considerando o teor de extrativos. Sendo assim, a presença de extrativos na madeira pode conferir-lhe uma maior ou menor durabilidade natural, modificando a vida útil do material em condições de campo, submetida a ação biótica e abiótica, mantendo suas propriedades físicas, mecânicas e químicas (COSTA, 2016).

2.3. Colorimetria da madeira

A cor pode ser definida de várias maneiras devido ao seu peculiar caráter abstrato. É uma característica de objetos que produzem, refletem ou transmitem

radiação na faixa visível (GRIEBELER, 2013). A cor da madeira é bastante instável, estando sujeita a rápidas alterações (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

A cor é uma das características para a identificação, classificação e indicação de uso de espécies de madeira, principalmente quando combinada aos aspectos de textura e desenho em usos finais com maior valor econômico (BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014). Na indústria madeireira, a medição das cores ainda é uma técnica pouco conhecida e utilizada, que começa aos poucos a ser aplicada com o objetivo principal de agregar valor aos produtos finais (GRIEBELER, 2013). Para Zanuncio et al. (2014), as mudanças na cor ampliam as oportunidades de mercado, fazendo que essa técnica apresente potencial.

Ao se observar uma espécie de madeira, a primeira impressão vem do seu aspecto visual, proveniente, basicamente, da sua cor e desenho, por isso é comum a indicação ou o uso em larga escala de uma determinada espécie, levando-se em conta somente estes parâmetros (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001). A coloração da madeira normalmente tem tonalidades que vão do bege claro ao marrom escuro, com variações de espécies madeireiras de tonalidades amareladas, avermelhadas, arroxeadas e alaranjadas, que são o resultado da sua composição química, caracterizados principalmente como extrativos (MORI et al. 2005).

A diferença de tonalidades é influenciada por fatores genéticos e ambientais. Fatores endógenos (características anatômicas, camadas de crescimento, e o tamanho e tipo de parênquima). Já Mady (2000) comenta que a cor é derivada, principalmente, da composição química de substâncias presentes no xilema (polifenóis, flavonóides, estilbenos, quinonas, entre outras).

Além da diversidade de suas características intrínsecas (químicas e anatômicas), a madeira pode sofrer alteração da cor em razão de fatores externos, tais como: temperatura, teor de umidade, tratamento térmico, produtos de acabamentos, tratamento químico, reações fotoquímicas e deterioração causada por agentes xilófagos e, principalmente, fungos (STANGERLIN et al., 2013; CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

No tratamento térmico a variação da cor da madeira é dependente tanto do tempo como da temperatura, e uma formação mais lenta da cor produzida a uma temperatura mais baixa pode ser equilibrada estendendo o tempo de tratamento (GRIEBELER, 2013). A tratamento térmico altera a cor da madeira e possibilita o uso mais amplo da mesma (ZANUNCIO; FARIAS; SILVEIRA, 2014).

Existem dois métodos para a determinação da cor: o método comparativo e o quantitativo. O método comparativo, ou sistema de ordenação de cores, mais conhecido é o sistema Munsell, que tem como base um atlas de cores que serve para selecionar, medir e comparar a coloração dos objetos (BONFATTI; LENGOWSKI, 2018).

O sistema Munsell determina a cor por codificação alfa numérica numa tabela colorimétrica tridimensional, tendo como componentes a matiz, o valor (luminosidade) e o croma (saturação). Baseia-se em uma tabela de amostras pintadas de igual percepção visual entre um intervalo de uma amostra e sua adjacente. As amostras em cada página são de idêntico matiz, variando apenas a claridade e o croma (GRIEBELER, 2013).

O valor de “Matiz” é representado pela abreviação da letra que determina a cor, suas respectivas representações são: amarelo (Y); vermelho (R); verde (G); azul (B) e púrpuro (P), procedido pelo número de 0 a 10 com base na contribuição de cada cor, onde 10Y é a presença de 100% da cor amarela; 10R representa 100% da cor vermelha e 5YR é 50% amarelo e 50% vermelho. A notação do “Valor” indica luminosidade e varia de 0 para preto absoluto e 10 para o branco absoluto, em função desta escala quanto maior o “Valor” mais claro é o material. Já o “Croma” representa a saturação/intensidade, que pode variar de 0 a 10 ou mais, sendo que cores de croma baixa são consideradas fracas, enquanto as de croma com maiores valores são consideradas saturadas (MUNSELL COLOR, 2000; BROCCO, 2014; BONFATTI e LENGOWSKI, 2018).

No método quantitativo, o sistema CIE (Comissão Internacional de L’Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) é um dos mais conhecidos. É um método que define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001). É resultado do contínuo desenvolvimento de espaços de cores e variações do espaço XYZ com o objetivo de fornecer uma melhor uniformidade perceptiva e correlação com a percepção humana das cores (GRIEBELER, 2013).

Para Camargos e Gonzalez, (2001) a luminosidade ou claridade define a escala cinza entre o branco e o preto. A tonalidade é expressa pelas cores primárias vermelho, verde, amarelo e azul. Os pigmentos vermelho, verde, amarelo e azul são definidos pelas variáveis “+a*”; “-a*”, “+b*” e “-b*”, respectivamente. A saturação ou cromaticidade é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L ou de

luminosidade. São estes três elementos (claridade, saturação e tonalidade) que definem o sistema conhecido como CIELa*b*, segundo os mesmos autores.

O dispositivo de mensuração de cor mais utilizado é o espectrofotômetro, constituído por uma unidade de base, um instrumento de mão e um cabo de fibra ótica conectado entre eles, que passa as informações para um computador (BONFATTI e LENGOWSKI, 2018).

2.4. Efeitos do tratamento térmico

O tratamento térmico da madeira apresenta características positivas, comparando com os métodos tradicionais que fazem uso de produtos químicos, enquadrando-se nas técnicas benéficas, tanto pelo motivo de menor custo, quanto à redução de uso de substâncias químicas (EUFLOSINO, 2012). Segundo Carvalho et al. (2019) essa técnica vem conquistando cada vez mais espaço devido à sua facilidade de uso, baixo custo e baixo impacto ambiental, além de trazer alguns benefícios para a madeira, também estimula o desenvolvimento de novas pesquisas e trabalhos voltados ao melhor aproveitamento dos produtos madeireiros.

Para Hill (2006), o tratamento térmico é uma técnica que apresenta vantagem sobre a modificação química, pois não polui o meio ambiente, visto que o aumento da densidade não ocorre através da inserção de agentes químicos, mas por meio da redução dos espaços vazios dos lumens na madeira, após a aplicação de um esforço de compressão. No entanto, a desvantagem desse tratamento é que o aquecimento da madeira em altas temperaturas provoca a degradação dos seus componentes químicos (SEVERO, CALONEGO e SANSÍGOLO, 2012).

As modificações químicas que ocorrem na madeira em altas temperaturas são acompanhadas por uma variedade de alterações favoráveis em suas propriedades físicas, incluindo redução de contração, baixo equilíbrio de teor de umidade, maior resistência às intempéries, cor escura decorativa e melhor resistência à deterioração (YILDIZ, 2002). Algumas propriedades mecânicas são reduzidas, dependendo dos parâmetros, como: temperatura máxima de tratamento, taxa de aquecimento, duração do tratamento e umidade (EUFLOSINO, 2012).

Alguns dos constituintes da madeira podem ser degradados quando submetida a temperaturas superiores a 105°C, seja por longos períodos ou por curtos (mas em alta temperatura) (STAMM, 1964). A degradação térmica pode ser dividida em 4 fases

(BROWN et al., 1952): até 100°C liberação de água e óleos voláteis; de 100 a 275°C são liberados gases e ácido pirolenhoso; 275 a 350°C reações exotérmicas, formação da maior parte dos destilados e liberação de gases inflamáveis; e a partir de 350°C ocorre a formação de carvão.

Silva e Trugilho (2003) avaliaram as reduções nas dimensões lineares da madeira do cerne de *Hymenaea courbaril* submetida às temperaturas de 200°, 300°, 400°, 500°, 600°, 700°, 800° e 900°C. De acordo com os resultados ocorreu uma redução para cada 100°C de elevação na temperatura, com redução média de 2,55% e 4,24%, 5,95% e 7,21% e 8,36% nas dimensões: linear longitudinal e transversal, seccional longitudinal e transversal e volumétrica, respectivamente.

Quando expostas a condições de envelhecimento acelerado Ayadi et al. (2003) observaram que o tratamento térmico provoca um escurecimento na cor da madeira e a torna menos susceptível ao fenômeno de amarelecimento ou avermelhamento superficial. Em geral, a variação da cor da madeira aumenta à medida que o tempo e a temperatura aumentam (NUNES, 2012).

Dentre as utilizações da madeira termorretificada, citam-se: revestimentos, instalações de paredes à prova de som, assoalhos, terraços, móveis para jardim, batentes de porta e janela, móveis residenciais, decorações, e na fabricação de instrumentos musicais, visto que a estabilidade garante propriedades acústicas consistentes (EUFLOSINO, 2012).

Nunes (2012) diz que a madeira termorretificada está sendo comercializada principalmente na Europa, Estados Unidos e Canadá, onde diversos processos foram patenteados, entre eles: Retification® (França), Bois Perdure® (França e Canadá), Oil Heat Treatment-OHT (Alemanha), Plato® Wood (Países Baixos), ThermoWood® (Finlândia, Suíça e Canadá) e Westwood® (Estados Unidos, Canadá, Rússia).

No Brasil, as pesquisas sobre o tratamento térmico ainda são pouco exploradas cientificamente e o esforço de poucos pesquisadores tem colocado este tema em pauta nos eventos científicos por volta da década de 1980, e tem se realizado em temperaturas próximas de 200°C (BATISTA, 2012). As principais diferenças entre estes tratamentos são: temperatura máxima utilizada, uso ou não de atmosfera inerte com nitrogênio ou com vapor, uso de óleos ou se a técnica é adequada para a madeira seca ou úmida, tempo (duração do tratamento), taxa de aquecimento, uso de pressão, água ou apenas ar quente, além da interação com a espécie utilizada (CALONEGO, 2017).

3. METODOLOGIA

3.1. Coleta de material e preparo das amostras

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESIT/ Universidade do Estado do Amazonas – Universidade do Estado do Amazonas – UEA. Foram utilizadas um total de 5 espécies madeireiras, sendo 4 espécies do gênero *Hymenaea* e uma espécie do gênero *Ficus*. O material lenhoso utilizado para o estudo foi proveniente de serrarias do município de Itacoatiara – AM, sendo espécies madeireiras que ocorrem naturalmente na Região Amazônica (Figura 1).

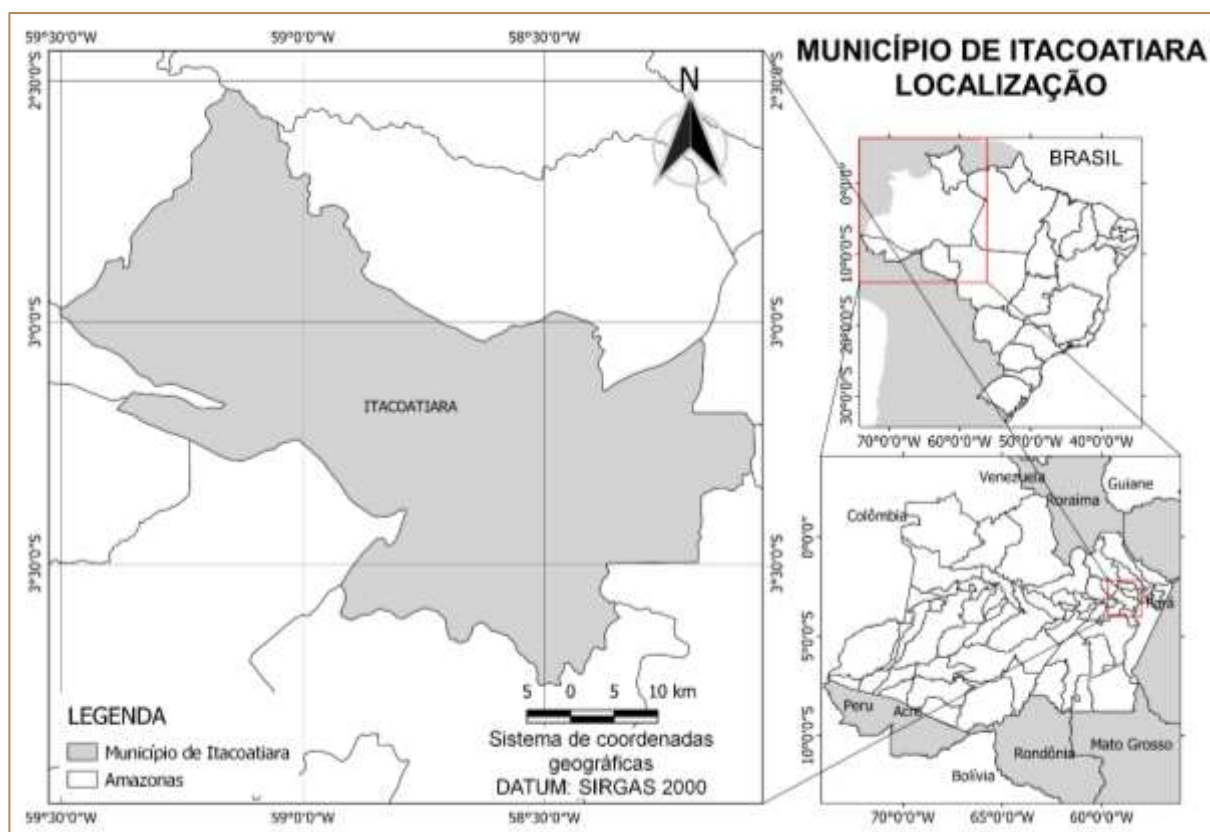


Figura 1 – Mapa de localização de Itacoatiara – AM.

Fonte: Jardim (2022).

Das espécies selecionadas, foram preparadas amostras com dimensões de aproximadamente 40 x 10 x 5 cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente), como mostrado na Figura 2.



Figura 2 – Amostras das espécies estudadas.

Fonte: Autor (2022).

Para os ensaios posteriores, foram fabricadas amostras com dimensões de 12 x 10 x 5 cm (comprimento x largura x espessura, respectivamente) para o tratamento térmico. Os corpos de prova foram lixados (granulações de 60 e 100) manualmente e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ para a obtenção da massa anidra e pesados em uma balança analítica para posterior cálculo de perda de massa.

3.2. Identificação macroscópica

A identificação das espécies foi realizada com base nas características macroscópicas seguindo as observações da Norma Comissão Panamericana de Normas Técnicas – COPANT (1972). Para isso, foram obtidos amostras orientadas nas dimensões de 3 cm x 3 cm x 3 cm (transversal, tangencial e radial), em seguida lixadas com sequência de lixas com granulações de 60, 100, 150, 220, 310, 400, 500, 600 e 800 retirando a aspereza das peças para melhor visualização das estruturas anatômicas.

Após esses procedimentos, as macrofotografias foram capturadas com o auxílio de uma lente macroscópica com aumento de 24x, acoplada a um smartphone com câmera traseira de 12 megapixels com abertura de f/1:8 (Figura 3) e com o auxílio

de um estereomicroscópio com sistema fotográfico e software para análise de imagens. Foram feitas uma imagem cada uma das faces radial, tangencial e transversal e realizadas as observações das características anatômicas, conforme Freitas e Vasconcelos (2010).

Foram observadas as características macroscópicas: parênquima axial (vasos/poros), visibilidade, tipos, disposição dos vasos, obstrução dos vasos, parênquima radial (raios), frequência, largura e altura. As amostras foram comparadas as amostras de madeiras registradas na Xiloteca do Laboratório de Anatomia da Madeira, do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESIT, além de dados de literatura e chaves dicotômicas, sendo possível identificar as amostras corretamente.



Figura 3 – Captura das macrofotografias com auxílio de uma lente macroscópica de 24x de aumento(A); Utilização do estereomicroscópio com sistema fotográfico e software para análise de imagens (B).

Fonte: Autor (2022).

3.3. Teores de extrativos

Para a determinação dos teores de extrativos de cada espécie, feitas extrações em álcool (96° GL) conforme as recomendações da “American Society for Testing and Materials” (ASTM D1105, 2005). Para isso, os corpos de provas foram reduzidos em dimensões menores, semelhantes a palitos de fósforo e então submetidos ao moinho do tipo Willey para o processo de moagem. A serragem produzida foi classificada em peneiras com malha de 40 e 60 “mesh”, sendo material utilizado na extração aquele

que ficou retido na peneira de 60 “mesh” e foram realizadas três repetições para cada espécie.

Utilizou-se cerca de 2,2 g de serragem em cada cadinho de vidro com placa de porosidade 2, posteriormente levados para o conjunto extrator tipo Soxhlet adaptados aos balões de fundo chato com solução de 120 ml de álcool e deixados em refluxo por 6 horas (Figura 6). Ao final de cada extração, os balões e cadinhos foram levados a estufa à temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ para secagem até a massa constante, e depois pesados. Os teores de extrativos foram calculados com base na massa seca antes e após as extrações (Equação 2).

$$TE\% = \left(\frac{P_f - P_i}{P_s} \right) \times 100 \quad (2)$$

Em que:

Pi = Peso inicial do balão seco;

Pf = Peso do balão com extrativos;

Ps = Peso da amostra seca



Figura 4 – Extração em aparelho Soxhlet.

Fonte: Autor (2022).

3.4. Tratamento térmico das madeiras

O tratamento térmico foi realizado conforme a metodologia proposta por Ronsoni (2015), com modificações, sendo elas: tamanho as amostras, temperaturas e tempo utilizado. Foram realizados os tratamentos térmicos em estufa com circulação forçada de ar, aplicando-se separadamente as temperaturas de 140°C, 160°C e 180°C por um período de duas horas e trinta minutos. No início do tratamento é requerida temperatura relativamente baixa, para prevenir colapsos e fendas internas, conforme estudos realizados por Basso et al. (2017), por isso foi realizado o aumento gradual até 100 °C antes da aplicação das temperaturas usadas.

Alcançada a temperatura e o tempo de tratamento, a estufa foi desligada e aguardou-se o resfriamento dos corpos de prova, que em seguida foram transferidos para dessecadores e pesados em balança analítica com 0,01g de precisão, para verificação da massa após o tratamento (Figura 5). A determinação da perda de massa foi realizada a partir da variação entre os valores de massa seca inicial (100 °C) e após os tratamentos térmicos, conforme a equação 1. Posteriormente, os corpos de prova foram submetidos a avaliação da cor.

$$PM\% = \left(\frac{M_i - M_f}{M_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que:

PM (%) = Perda de massa (%);

M_i = Massa seca inicial da amostra;

M_f = Massa seca após tratamento térmico.

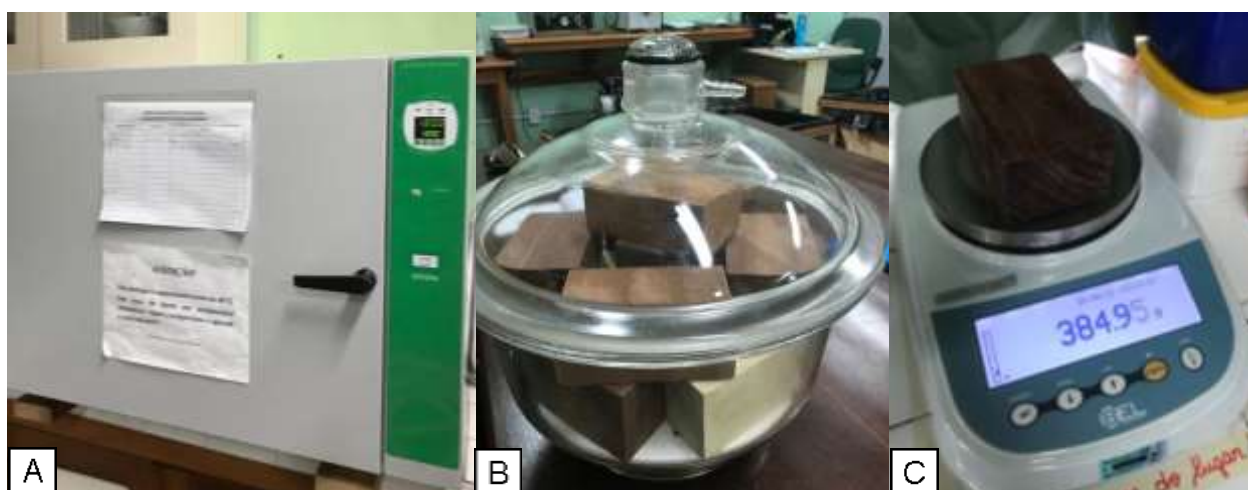


Figura 5 – Estufa utilizada para os tratamentos (A); resfriamento das amostras no dessecador (B); pesagem das amostras na balança analítica (C).

Fonte: Autor (2022).

3.5. Caracterização colorimétrica

A influência das temperaturas do tratamento térmico, nos padrões colorimétricos das madeiras tratadas, foi analisada pela tabela de cores de Munsell “Munsell Color Soil Charts” (MUNSELL COLOR, 2000). Para a comparação da cor e obtenção dos dados colorimétricos, a leitura de cor na tabela de cores de Munsell foi realizada por meio de percepção visual de três avaliadores que escolheram a cor da madeira em função dos atributos matiz “hue” (tonalidade), valor “value” (luminosidade) e croma “chroma” (saturação), conforme a Figura 6.

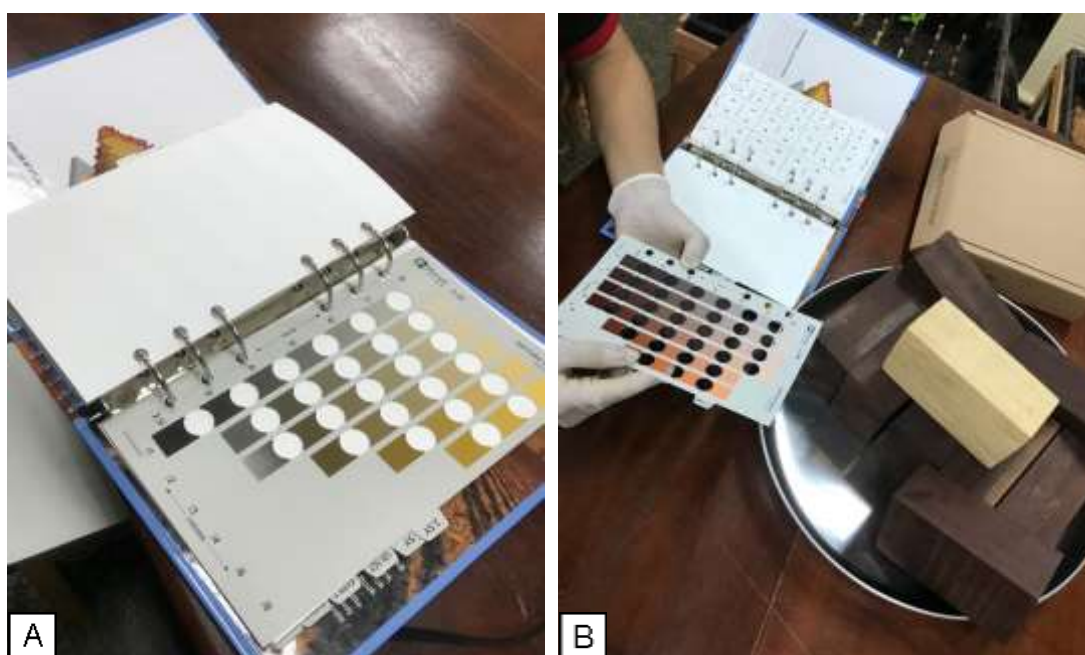


Figura 6 – Tabela de Munsell utilizada (A); análise colorimétrica a partir da tabela de cores de Munsell (B).

Fonte: Autor (2022).

Após a obtenção dos resultados, os dados de cor do sistema Munsell foram convertidos para coordenadas CIE-L*a*b* seguindo a tabela de conversão proposta por Vodyanitskii e Kirillova (2016). Foram calculadas as diferenças de cores para as

coordenadas L^* , a^* e b^* , além da variação total da cor (ΔE ; Equação 2). Para classificação da variação colorimétrica foi utilizada Tabela 1, proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2001).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (2)$$

Em que:

ΔE = variação da cor entre o tratamento e a testemunha;

ΔL^2 = variação da luminosidade;

Δa^2 = variação do parâmetro a^* (parâmetro colorimétrico do eixo de cores vermelho-verde); e

Δb^2 = variação do parâmetro b^* (parâmetro colorimétrico do eixo de cores amarelo-azul).

Tabela 1 – Classificação da variação total da cor (ΔE) das espécies madeireiras.

Variação da cor (ΔE)	Classificação
0,0 - 0,5	Desprezível
0,5 - 1,5	Ligeiramente perceptível
1,5 - 3,0	Notável
3,0 - 6,0	Apreciável
6,0 - 12,0	Muito apreciável

Fonte: HIKITA; TOYODA; AZUMA, (2001).

3.6. Análise e avaliação dos resultados estatísticos

Na avaliação dos resultados, a caracterização anatômica das espécies foi realizada com base em pesquisas bibliográficas e comparação com o acervo de amostras de madeiras registradas na Xiloteca do CESIT/UEA. Os teores de extrativos, perda de massa foram avaliados com estatística descritiva por meio de médias e desvios padrões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição anatômica macroscópicas das espécies estudadas

De acordo com as características das espécies analisadas, as amostras utilizadas neste estudo foram identificadas cientificamente como apresentado na Tabela 2 e posterior com as suas descrições macroscópicas. Para duas espécies de Jatobá, a sua identificação só foi possível a nível de gênero.

Tabela 2. Espécies utilizadas no estudo.

Nome vulgar	Nome científico	Família
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp. 1	Fabaceae
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae
Jatobá	<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke	Fabaceae
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp. 2	Fabaceae
Caxinguba	<i>Ficus</i> sp.	Moreacea

A seguir, descrevem-se as características gerais e macroscópicas de cada espécie:

4.1.1. *Hymenaea* sp. (Jatobá 1)

Características gerais: Material cerne e albarno distintos pela cor. Cerne de cor amarelo avermelhado. Cheiro imperceptível. Camadas de crescimento distintas. Madeira com boa trabalhabilidade. Textura média.

Características macroscópicas

Parênquima axial: observados, visível a olho nu, do tipo em faixas marginais ou simulando faixas marginais e aliforme losangular a vasicêntrico. Raios: observados, visível a olho nu nos planos transversal e tangencial, na superfície radial pouco contrastado, finos (43,379 μm), baixo (0,564 mm), pouco frequentes (5,8 raios/mm). Vasos: presentes, visíveis a olho nu, porosidade difusa, predominantemente solitários, frequência baixa (4,8 vasos/2mm²), desobstruídos (Figura 7).

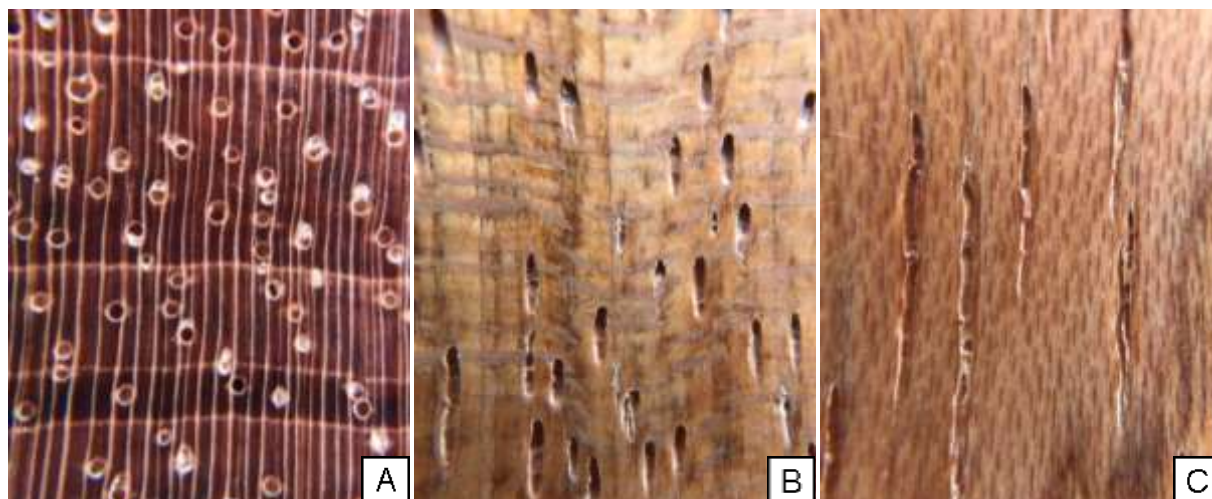


Figura 7 – Macrofotografia da espécie *Hymenaea* sp.1 nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

Fonte: Autor (2022).

4.1.2. *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá)

Características gerais: Material cerne e alborno distintos pela cor. Cerne de cor amarelo amarronzado/marrom muito pálido. Cheiro imperceptível. Camadas de crescimento distintas. Desenho característico. Madeira moderadamente de fácil trabalhabilidade. Textura média.

Características macroscópicas

Parênquima axial: observados, visível a olho nu, do tipo em faixas marginais ou simulando faixas marginais, também com a presença de do tipo paratraqueal vasicêntrico e aliforme losangular. As camadas de crescimento são distintas, individualizadas por parênquima marginal. Raios: observados, na transversal e tangencial visível a olho nu, na superfície radial pouco contrastado, finos (51,683 μm), baixo (0,441 mm), pouco frequentes (5,2/1mm). Vasos: presentes, visíveis a olho nu, porosidade difusa, predominantemente solitários, quando múltiplos até 2, frequência baixa (4,00/2mm²), desobstruídos (Figura 8).

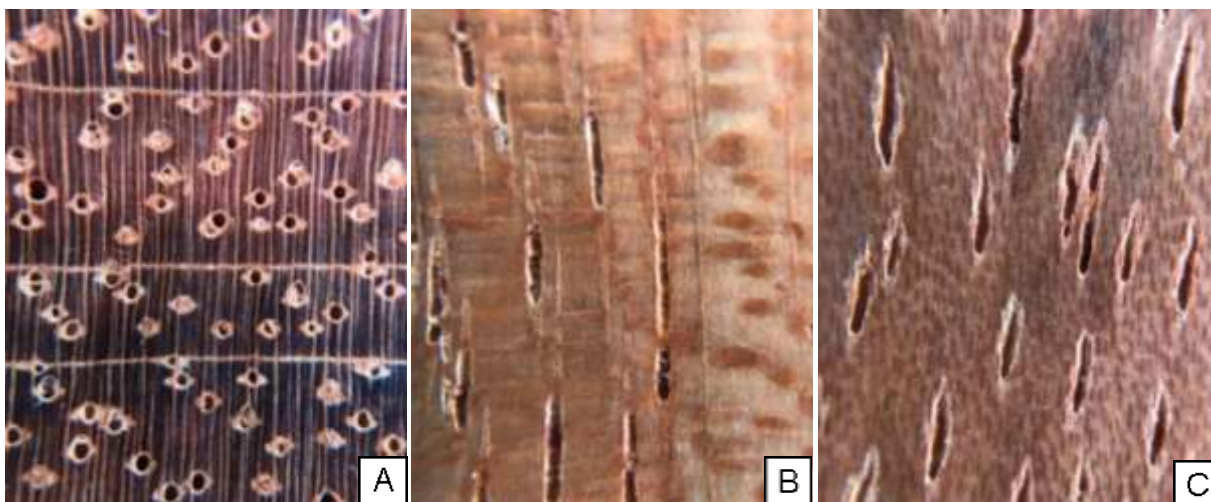


Figura 8– Macrofotografia da espécie *Hymenaea courbaril* L. nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c)

Fonte: Autor (2022).

4.1.3. *Hymenaea intermedia* Ducke (Jatobá)

Características gerais: Material cerne e alburno distintos pela cor. Cerne de cor vermelho amarelado. Cheiro imperceptível. Camadas de crescimento distintas. Madeira moderadamente dura ao corte. Textura média.

Características macroscópicas

Parênquima axial: observados, visível a olho nu, do tipo em faixas marginais ou simulando faixas marginais, predominância do parênquima aliforme losangular. Raios: observados, na transversal visível a olho nu, e na tangencial visível a lente de 10x, na superfície radial pouco contrastado, finos ($27,787 \mu\text{m}$), baixos ($0,762 \text{ mm}$), pouco frequentes ($6,00/1\text{mm}$). Vasos: presentes, visíveis a olho nu, porosidade difusa, predominantemente solitários, frequência baixa ($5,00/2\text{mm}^2$), desobstruídos (Figura 9).

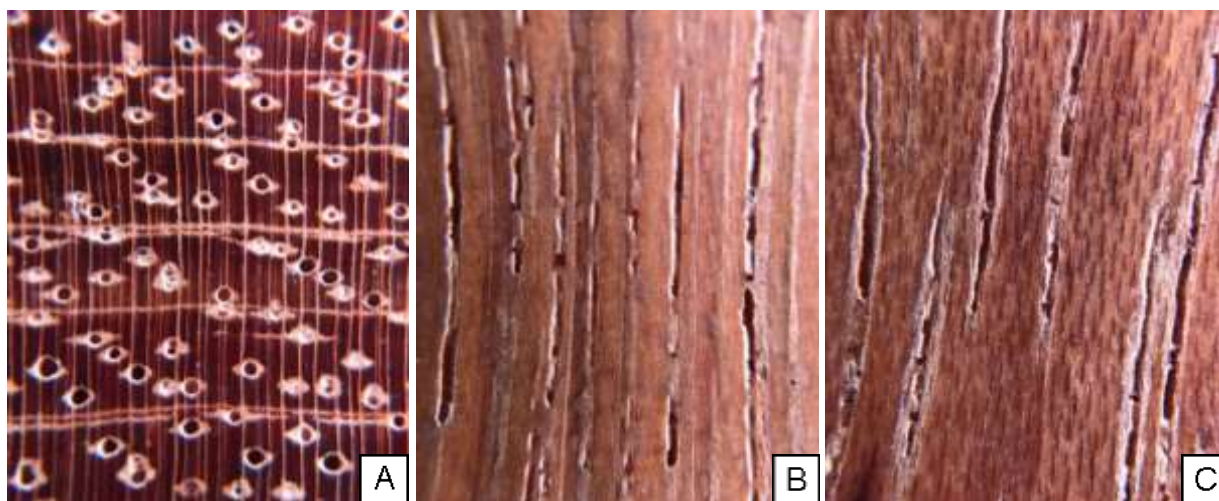


Figura 9 – Macrofotografia da espécie *Hymenaea intermedia* Ducke nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

Fonte: Autor (2022).

4.1.4. *Hymenaea* sp. (Jatobá 2)

Características gerais: Material cerne e alburno distintos pela cor. Cerne de cor marrom avermelhado. Cheiro imperceptível. Camadas de crescimento distintas. Madeira moderadamente dura ao corte. Textura média.

Características macroscópicas

Parênquima axial: observados, visível a olho nu, do tipo em faixas marginais ou simulando faixas marginais em menor distância de uma pra outra. Raios: observados, na transversal visível a olho nu, e na tangencial visível a lente de 10x, na superfície radial pouco contrastado, finos (44,546 μm), baixos (0,498 mm), pouco frequentes (6,60/1mm). Vasos: presentes, visíveis a olho nu, porosidade difusa, predominantemente solitários, frequência média (6,4 /2mm²), desobstruídos (Figura 10).

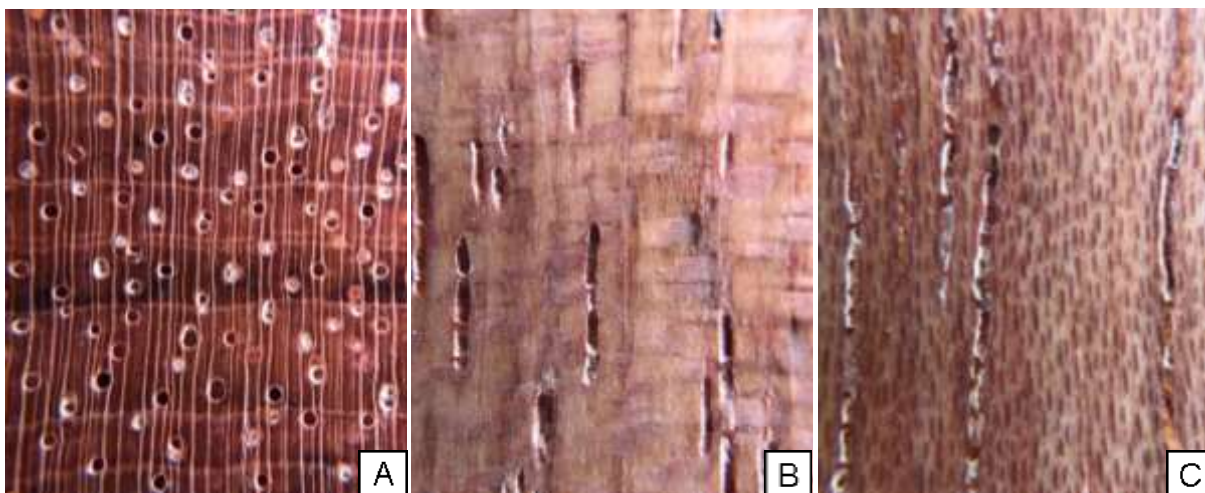


Figura 10 – Macrofotografia da espécie *Hymenaea* sp. (Jatobá 2) nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

Fonte: Autor (2022).

A frequência baixa de vasos *Hymenaea intermedia* Ducke em comparação a média frequência de vasos na espécie *Hymenaea* sp. 2 também pode ser utilizada como critério de diferenciação. A largura do raio variou de 27,78 μm (*Hymenaea intermedia* Ducke) a 51,68 μm (*Hymenaea courbaril* L.). Essas características são as chaves para distingui-las.

O estudo realizado por Alves (2010), para a identificação das espécies madeireiras comercializadas no estado do Espírito Santo, identificou sob lente de 10x de aumento as mesmas características para a espécie de *Hymenaea courbaril* L. citadas neste trabalho. Sousa (2019) também encontrou a presença de parênquima marginal e aliforme na espécie de *Hymenaea courbaril*.

A pesquisa realizada por Nisgoski (1999), corrobora com os resultados obtidos neste estudo, tendo assim as características encontradas semelhantes a do autor ao caracterizar várias espécies de *Hymenaea* spp. Para o autor as espécies do gênero *Copaifera*, da mesma família são frequentemente confundidas com as espécies do gênero *Hymenaea*, já que estas apresentam características anatômicas aproximadas, porém as propriedades físicas e mecânicas se diferem.

4.1.5. *Ficus* sp. (Caxinguba)

Características gerais: Material cerne e albúrnico indistintos pela cor. Cerne de cor amarelo-claro-acinzentado. Cheiro perceptível desagradável. Camadas de crescimento distintas. Madeira com trabalhabilidade moderada e de textura grossa.

Características macroscópicas

Parênquima axial: observado, visível a olho nu, do tipo em faixas largas. Raios: observados, na transversal visível a olho nu, e na tangencial visível somente em lente de 10x de aumento, na superfície radial pouco contrastado, finos ($42,523 \mu\text{m}$), baixo ($0,384 \text{ mm}$), pouco frequentes ($5,6 \text{ mm}$). Vasos: presentes, visíveis a olho nu, porosidade difusa, predominantemente solitários e de baixa frequência ($4,2/2\text{mm}^2$), conforme a Tabela 3, desobstruídos (Figura 11).

A descrição da espécie *Ficus* sp. está de acordo com o observado por Parra; John (2014) onde observou que as espécies do gênero *Ficus* sp. são caracterizadas por apresentarem baixa frequência de vasos e raios, com altura menor que 1 mm. De acordo com os dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2017) o parênquima axial dessa espécie é do tipo faixas largas, porosidade difusa, vasos solitários predominantes, resultados semelhantes as características observadas neste estudo.

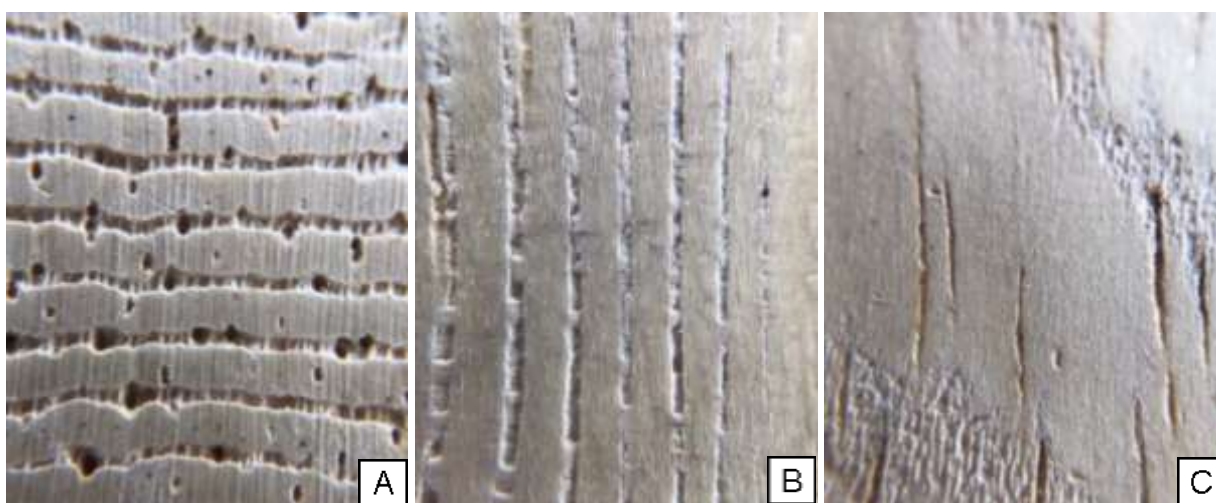


Figura 11 – Macrofotografia da espécie *Ficus* sp. nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 3. Valores médios para frequência do raio (para cada 1 mm), altura e largura do raio, e frequência de vasos (para cada 2 mm²).

Espécie	Frequência de raios (1 mm)	Altura do raio (mm)	Largura do raio (µm)	Frequência de vasos (2 mm²)
<i>Hymenaea</i> sp. 1	5,8	0,564	43,379	4,8
<i>Hymenaea</i> courbaril L.	5,2	0,441	51,683	4
<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke	6	0,762	27,787	5
<i>Hymenaea</i> sp. 2	6,6	0,498	44,546	6,4
<i>Ficus</i> sp.	5,6	0,384	42,523	4,2

As principais diferenças entre as espécies do gênero *Hymenaea* sp. estão nos tipos de parênquimas, vasos, frequência dos raios, assim também como a altura e largura dos raios. A espécie *Hymenaea intermedia* Ducke. apresentou a menor largura de raio, no entanto com a maior altura quando comparada as outras. Em relação aos tipos de parênquimas notou-se diferenças entre as espécies analisadas, tendo uma variação dos tipos como: em faixas marginais ou simulando faixas marginais, paratraqueal vasicêntrico e aliforme losangular.

4.2. Teores de extrativos

Na Figura 12 estão dispostos resultados referentes aos teores de extrativos médios, que variaram entre 1,73% a 18,21% com o maior valor para a *Hymenaea intermedia* Ducke. menor para a *Ficus* sp. Os valores demonstraram que as espécies do gênero *Hymenaea* spp. obtiveram uma variação nos teores de extrativos de 7,12% a 18,21%. Essa variação existente, conforme Moutinho (2008), pode ser entendida como um reflexo das condições ambientais em que os indivíduos se encontraram, pois, mesmo em áreas próximas, fatores locais como abertura de clareiras, espaçamento, acesso à água, bem como a presença de organismos xilófagos, são cruciais para a produção de extrativos.

Um total de 11,52% de extrativos foi obtido para a *Hymenaea courbaril* L., o que está de acordo com a análise de Almeida (2013) que, quantificou o teor de extrativo de seis espécies tropicais em etanol-tolueno, sendo que para a espécie de jatobá, foi encontrado o valor de 12,02%. Oliveira, Varejão e Cruz (2013) encontraram

resultados do teor de extrativo totais (etanol-tolueno (1:2), etanol e solubilidade em água) com índice para o jatobá de 9,6%, valores próximos ao índice da *Hymenaea* sp. 1 (7,12%). Na espécie *Ficus* sp. o índice de teores de extrativos foi de 1,73%, valor próximo encontrado por Andrade (2014) na espécie *Maquira guianensis* (Muiratinga), da família Moreacea, que obteve 2,3% da extração em etanol-tolueno.

Ressalta-se que as espécies do gênero *Hymenaea* sp. apresentam coloração mais escuras em relação ao gênero *Ficus* sp. Além disso, notou-se que as espécies com maiores teores de extrativos apresentaram tonalidades de cor mais fortes. De acordo com Desh e Dinwoodie (1993), a quantidade de extrativos presentes na parede celular do cerne servem como núcleos do material, fazendo com que a superfície da madeira mude de cor ao longo do tempo quando exposta à luz, ar, calor.

Esse fato pode explicar o porquê de as madeiras de cores mais escuras terem maiores quantidades de extrativos do que as mais claras (ANDRADE et al., 2015). Hittler et al. (1972) também afirmam que o alto teor de extrativos está relacionado com a luminosidade ou claridade (L^*), ou seja, quanto mais escura for a cor da madeira, maior será a quantidade de extrativos presentes nela.

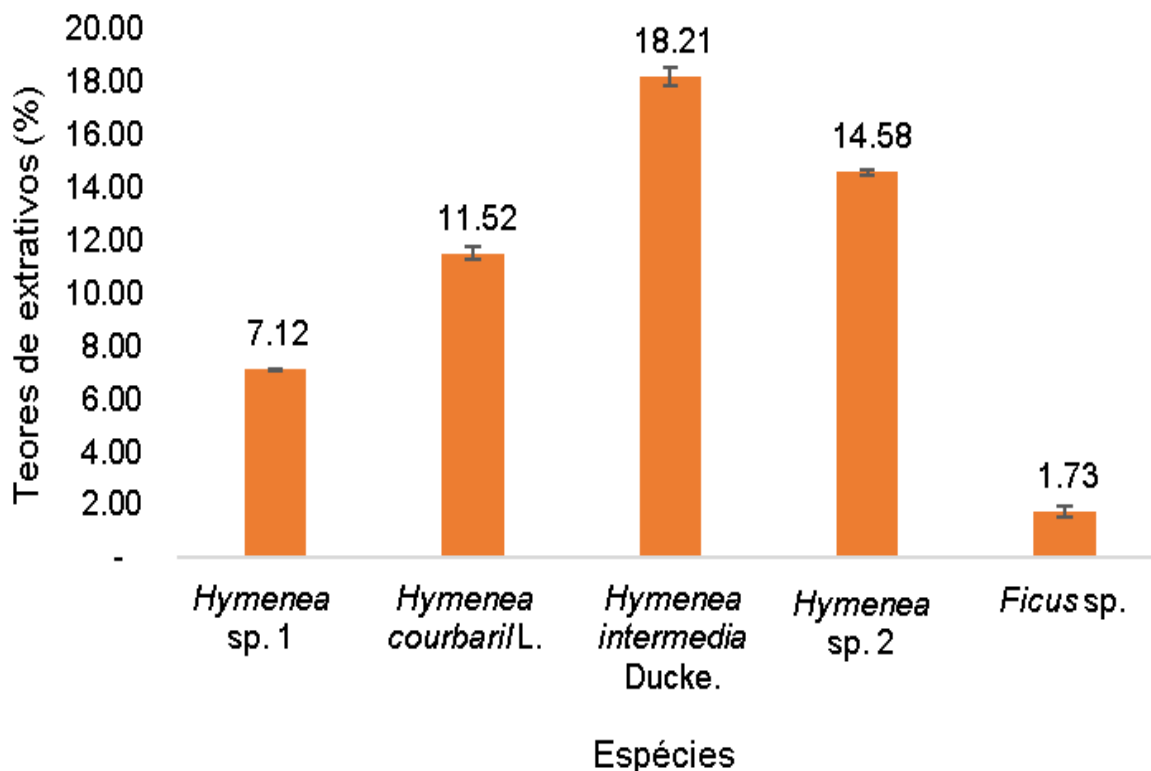


Figura 12: Médias de teores de extrativos (%).

Fonte: Autor (2022)

4.3. Efeito do tratamento térmico nos parâmetros colorimétricos das madeiras

Estão dispostas na Figura 13 os parâmetros colorimétricos das cinco espécies estudadas em condição natural e após o tratamento térmico, estes apresentaram alterações de cores, e conforme o aumento da temperatura todas as madeiras escureceram. Pelo sistema de Munsell as madeiras sem o tratamento térmico foram classificadas como:

A espécie *Hymenaea* sp. 1, classificada como amarelo avermelhado, com 7.5YR para o valor de “Matiz”, 6 para a escala de “Valor” e de 6 para “Croma”. Para a espécie *Hymenaea courbaril* L., classificou-se com 10YR para “Matiz”, 6 para escala de “Valor” e “Croma”, tendo a cor amarelo amarronzado para duas peças, com variação para uma amostra com aumento da escala de “Valor” (7) e diminuição do “Croma” (4), obtendo-se a cor marrom muito pálido.

Bonfatti Júnior e Lengowski (2018) analisaram as cores de vinte espécies de madeiras brasileiras, dentre elas a madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). Os pesquisadores classificaram esta espécie como amarelo amarronzado de acordo com a tabela de cores proposta por Camargos e Gonçalves (2001), resultado que corrobora com este trabalho.

A cor da espécie *Hymenaea intermedia* Ducke, foi classificada como vermelho amarelado, com “Matiz” de 5YR, “Valor” de 5 e 6 para “Croma”. A espécie 4, teve sua cor inicial classificada como marrom avermelhado, com “Matiz” de 5YR, com “Valor” de 5 e “Croma” com o valor 4. Silva et al. (2017), classificaram as madeiras de jatobá como marrom-avermelhada. Costa (2021) classificou a madeira de jatobá como Rosa e Amarelo amarronzado, resultados semelhantes a este estudo.

De acordo com Sousa et al. (2019), quando analisaram as cores naturais de espécies tropicais da Amazônia utilizando um colorímetro, a madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) foi classificada como de cor oliva amarelada. Para os mesmos autores, as espécies estudadas apresentaram valores positivos para as coordenadas a^* e b^* sendo classificadas no primeiro quadrante de cores do sistema CIEL*a*b*, este resultado indicou que *H. courbaril* apresentou coloração mais avermelhada.

Para o *Ficus* sp, a cor atribuída foi amarelo-claro-acinzentado, com “Matiz” de 2.5Y, escala de “Valor” de 8 e “Croma” 2. Resultado semelhante aos estudos de

Pereira (2015) que classificou a madeira de *Ficus* spp. em seu estado natural com a coloração branco acinzentado.

Na avaliação colorimétrica das amostras após secagem em estufa a 100°C, notou-se nitidamente o escurecimento das madeiras e assim a redução dos valores de “Matiz”, “Valor” e “Croma”, conforme a Tabela 4. Nas espécies *Hymenaea courbaril* L. e *Hymenaea intermedia* observou-se uma diminuição nos atributos de “Matiz”, para as demais espécies o valor foi o mesmo, tendo alterações somente na escala de “Valor” e “Croma”. A partir desses valores, na temperatura de 100°C, as espécies *Hymenaea* sp. 1 e *Hymenaea courbaril* L. foram classificadas como marrom, *Hymenaea intermedia* Ducke como marrom avermelhado e *Hymenaea* sp. 1 e *Ficus* sp. permaneceram na mesma escala de coloração.



Figura 13 – Alterações das cores das madeiras temoretificadas.
Fonte: Autor (2022).

Tabela 4 – Classificação das cores das madeiras pelo sistema de Munsell.

Espécie	Tratamento	Matiz	Valor	Croma	Cores
<i>Hymenaea</i> sp. 1	Controle	7.5YR	6	6	Amarelo avermelhado
	100 °C	7.5YR	5	4	Marrom
	140 °C	5YR	5	4	Marrom avermelhado
	160 °C	5YR	4	3	Marrom avermelhado
	180 °C	5YR	3	2	Marrom avermelhado escuro
<i>Hymenaea</i> <i>courbaril</i> L.	Controle	10YR	6/7	6/4	Amarelo amarronzado/ marrom muito pálido
	100 °C	7.5YR	5	4	Marrom
	140 °C	7.5YR	5	4	Marrom
	160 °C	7.5YR	4	3	Marrom
	180 °C	5YR	3	2	Marrom avermelhado escuro
<i>Hymenaea</i> <i>intermedia</i> Ducke.	Controle	5YR	5	6	Vermelho amarelado
	100 °C	2.5YR	4	3	Marrom avermelhado
	140 °C	2.5YR	3	3	Marrom avermelhado escuro
	160 °C	2.5YR	3	2	Vermelho-escuro- acinzentado
	180 °C	2.5YR	2.5	1	Preto avermelhado
<i>Hymenaea</i> sp. 2	Controle	5YR	5	4	Marrom avermelhado
	100 °C	5YR	4	3	Marrom avermelhado
	140 °C	2.5YR	4	3	Marrom avermelhado
	160 °C	2.5YR	3	2	Vermelho escuro acinzentado
	180 °C	2.5YR	3	1	Cinza avermelhado escuro
<i>Ficus</i> sp.	Controle	2.5Y	8	2	Amarelo-claro-acinzentado
	100 °C	2.5Y	8	3	Amarelo-claro-acinzentado
	140 °C	2.5Y	8	3	Amarelo-claro-acinzentado
	160 °C	2.5Y	8	4	Amarelo-claro-acinzentado
	180 °C	2.5Y	7	4	Amarelo-claro-acinzentado

Para Zanuncio et al. (2014), a mudança de cor não é desejada durante a secagem, mas o escurecimento causado pelo tratamento térmico pode agregar valor à madeira. Segundo Sundqvist (2004), quando exposta a baixas temperaturas, na primeira hora de tratamento a madeira começa a escurecer.

As maiores alterações de cores seguindo a tabela de cores de Munsell, foram obtidas no tratamento com temperatura de 180°C, atingindo a classificação de “Preto avermelhado” na *Hymenaea intermedia* Ducke, sendo a cor mais escura classificada nas amostras tratadas. Griebeller (2013) também observou que a luminosidade diminuiu gradualmente à medida que as temperaturas aumentaram, atingindo o nível mais escuro no tratamento a 180°C nas madeiras de *Eucalyptus grandis*. A menor variação obtida foi classificada como amarelo-claro-acinzentado na *Ficus* sp., onde não houve muitas variações de tonalidade, luminosidade e saturação.

A madeira tende a escurecer à medida que a temperatura aumenta, e o maior escurecimento e redução da luminosidade ocorre entre 160°C - 180°C (GRIEBELER, 2013). Bekhta; Niemz (2003), afirmam que a tratamento térmico resulta no escurecimento da madeira, ocorrendo mudança mais intensa quando a temperatura se aproxima a 200°C, sendo a maior parte do escurecimento nas primeiras quatro horas de exposição.

Araújo (2010) explica que o escurecimento da madeira tratada termicamente pode ser devido a volatilização de substâncias extrativas. Zanuncio et al. (2014) também afirma que a degradação dos extrativos e hemiceluloses tornam a madeira escura. O mesmo diz que em altas temperaturas o processo é mais acelerado, enquanto que, nas temperaturas inferiores, a degradação dos componentes é mais demorada. A madeira apresenta uma coloração mais escura após o tratamento térmico devido a possíveis alterações na sua estrutura, causada pela modificação química dos grupos cromóforos responsáveis pela caracterização da cor (AHAJJI et al., 2009).

A mudança da cor na madeira resulta da ação de múltiplos agentes externos nos componentes estruturais e nos extrativos da madeira (HON, 1975), especialmente as radiações ultravioletas, que provocam a deterioração dos seus elementos constitutivos, destacando-se a lignina (ROWELL, 1990).

Na conversão dos dados para as coordenadas $L^*a^*b^*$, a avaliação no parâmetro L^* demonstrou que houve uma redução gradativa dos valores em todas as espécies utilizadas, resultando no escurecimento das madeiras. No *Ficus* sp. não

houve muita redução dos valores, mesmo na temperatura mais alta. Porém, houve uma ligeira redução da luminosidade (L^*) na temperatura de 180°C, quando comparado ao tratamento controle (Tabela 5).

Tabela 5 – Conversão dos valores da Tabela de Munsell para coordenadas colorimétricas do sistema CIE- $L^*a^*b^*$.

Espécie	Tratamento	L^*	ΔL^*	a^*	Δa^*	b^*	Δb^*	ΔE^*
<i>Hymenaea</i> spp. 1	Controle	61,7	-----	12,5	-----	34,4	-----	-----
	100 °C	51,6	-10,1	9	-3,5	22,7	-11,7	15,85
	140 °C	51,6	-10,1	11,2	-1,3	20,1	-14,3	17,56
	160 °C	41,2	-20,5	9,7	-2,8	15,5	-18,9	28,02
	180 °C	30,8	-30,9	6,9	-5,6	10,1	-24,3	39,71
<i>Hymenaea</i> <i>courbaril</i> L.	Controle	61,7	-----	7,9	-----	38,4	-----	-----
	100 °C	51,6	-10,1	9	1,1	22,7	-15,7	18,70
	140 °C	51,6	-10,1	9	1,1	22,7	-15,7	18,70
	160 °C	41,2	-20,5	7,8	-0,1	17,5	-20,9	29,28
	180 °C	30,8	-30,9	6,9	-1	10,1	-28,3	41,91
<i>Hymenaea</i> <i>intermedia</i> Ducke	Controle	51,6	-----	16,8	-----	31,1	-----	-----
	100 °C	41,2	-10,4	11,5	-5,3	13,1	-18	21,45
	140 °C	30,8	-20,8	12	-4,8	12,6	-18,5	28,25
	160 °C	30,8	-20,8	8,4	-8,4	8,6	-22,5	31,77
	180 °C	20,5	-31,1	4,4	-12,4	3,4	-27,7	43,45
<i>Hymenaea</i> spp. 2	Controle	51,6	-----	11,2	-----	20,1	-----	-----
	100 °C	41,2	-10,4	9,7	-1,5	15,5	-4,6	11,47
	140 °C	41,2	-10,4	11,5	0,3	13,1	-7	12,54
	160 °C	30,8	-20,8	8,4	-2,8	8,6	-11,5	23,93
	180 °C	30,8	-20,8	4,4	-6,8	4,3	-15,8	26,99
<i>Ficus</i> sp.	Controle	81,4	-----	-0,4	-----	15	-----	-----
	100 °C	81,4	0	-0,1	0,3	21,5	6,5	6,51
	140 °C	82,4	1	-0,2	0,2	22,5	7,5	7,57
	160 °C	81,4	0	0,2	0,6	28	13	13,01
	180 °C	71,6	-9,8	1,2	1,6	27,8	12,8	16,20

Para a coordenada a^* (tonalidade vermelha) e b^* (tonalidade amarela) os padrões foram semelhantes à coordenada L^* , sendo assim, houve uma diminuição dos valores. O contrário ocorreu na espécie *Ficus* sp. que os valores para essas coordenadas aumentaram. Resultado semelhante foi obtido por Ronsini (2015) ao trabalharem com madeira de amescla e notarem um aumento significativo na cor com a severidade dos tratamentos aplicados (180 e 200°C), visto que, a madeira avermelhou-se e se tornou mais amarelada.

De forma geral, dentre as madeiras tratadas, todas apresentaram variação total da cor muito apreciáveis (significativas), conforme classificação da Tabela 1. No entanto, a maior variação total da cor (ΔE) foi observada para as espécies *H intermedia* e *H. courbaril*.

Assim, as variações da coloração natural da espécie por meio de processos de tratamento térmico podem fazer com que este “novo produto” possa ser indicado para substituir, esteticamente, outras espécies madeireiras, que sejam de difícil obtenção ou têm preços elevados (GRIEBELLER, 2013).

4.4. Perda de massa

O tratamento térmico demonstrou que houve perda de massa em todas as espécies estudadas nas três temperaturas testadas. Contudo, as maiores perdas ocorreram na temperatura de 180°C com 0,77%, enquanto as menores temperaturas (160 e 140°C) tiveram os valores inferiores de perda de massa, como observado na Tabela 6.

Segundo Czajkowski et al. (2020) a madeira quando submetida a um tratamento térmico, inicialmente perde rapidamente massa devido à degradação de seus principais constituintes químicos estruturais como a celulose, hemicelulose e lignina, bem como a volatilização de alguns extrativos.

Resultados semelhantes a este estudo foram encontrados por Mendoza, Borges e Morais (2020), que analisaram 10 espécies tropicais de madeiras da Amazônia, e demonstraram que entre as temperaturas de 120°C a 160°C a perda de massa manteve-se estável, voltando a aumentar entre 180°C e 200°C.

Em comparação ao estudo realizado por Ronsoni (2015), que tratou termicamente a 180 °C, espécies tropicais, a perda de massa para as madeiras de

amescla e garapeira foi de 0,70% e 0,50%, respectivamente. Resultados que corroboram com os valores encontrados neste estudo para as espécies do gênero *Hymenaea* spp. tendo variação de 0,72% a 0,77%.

Os resultados de Schulz et al. (2020), para perda de massa de *Pinus elliottii* demonstrou comportamento distinto entre os tratamentos de tratamento térmico, onde a temperatura de 240°C ocasionou a maior perda de massa.

Tabela 6 – Valores médios de perda de massa (%) para as madeiras termicamente tratadas.

Tratamento	Espécies				
	<i>Hymenaea</i> sp. 1	<i>Hymenaea</i> <i>courbaril</i> L.	<i>Hymenaea</i> <i>intermedia</i> Ducke	<i>Hymenaea</i> sp. 2	<i>Ficus</i> sp.
140 °C	0,03	0,01	0,02	0,04	0,04
160 °C	0,06	0,07	0,03	0,09	0,07
180 °C	0,77	0,75	0,77	0,72	0,23

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados deste trabalho, foi possível identificar e realizar a diferenciação das características anatômicas macroscópicas das espécies do gênero *Hymenaea* spp. e *Ficus* sp.

De maneira geral, os teores de extrativos variaram entre o gênero *Hymenaea* spp. Sendo a espécie *Hymenaea intermedia* Ducke a que apresentou maiores teores de extrativos e o menor para *Hymenaea* sp. 1. A espécie *Ficus* sp. obteve os menores valores dentre as cinco espécies estudadas.

Em relação aos parâmetros colorimétricos, houve um escurecimento em todas as madeiras testadas, sendo a maior variação de cores para a temperatura de 180 °C.

O maior índice de perda de massa foi encontrado para todas as espécies submetidas a temperatura de 180 °C, sendo as espécies *Hymenaea* sp. 1 e *Hymenaea intermedia* Ducke. as que mais perderam massa.

Conclui-se que o tratamento térmico de madeiras promove o escurecimento, agregando valor devido a homogeneização da cor de um lote de madeira cumprindo as exigências do mercado.

6. REFERÊNCIAS

AHAJJI, A.; DIOUF, P. N.; ALOUI, F.; ELBAKALI, I.; PERRIN, D.; MERLIN, A.; Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives. **Wood Science and Technology**, 2009; 43(1-2): 69-83. <http://dx.doi.org/10.1007/s00226-008-0208-3>.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-2017: Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. **Annual Book of ASTM Standard**, Philadelphia, 2005, 5p.

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

ALMEIDA, Vanessa Coelho. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP**. 2013. Tese (Pós-graduação em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ANDRADE, Jelmir Craveiro de; VIANEZ, Basílio Frasco; CRUZ, Irineide de Almeida. Determinação dos constituintes químicos e extrativos de madeiras de seis espécies florestais amazônicas. In: **Anais do III Congresso de Iniciação Científica do INPA-PIBIC/CNPq e PAIC/FAPEAM, Volume 1, Número 1, pg. 1-4**. Brasil, 2014. ARAÚJO, S. O. **Propriedades de Madeiras Termorretrificadas**. Viçosa: UFV, 2010. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

ARAÚJO, S. O. **Propriedades de Madeiras Termorretrificadas**. Viçosa: UFV, 2010. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

AYADI, N. et al. Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlin, v.61, n.3, p.221-226, 2003.

BATISTA, D.C. **Tratamento térmico da madeira de *Eucalyptus grandis* em escala industrial pelo processo brasileiro VAP HolzSysteme®**. 339f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BARROS, S. V. DOS S.; DE MUNIZ, G. I. B.; DE MATOS, J. L. M. Colorimetric characterization of three wood species from the Amazon forest. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 337–342, 2014.

BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: Imprensa Universitária. p.326, 1991.

BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Imprensa Universitária. p.443, 2011.

BASSO, S.; ZINELLI, M. R.; DE JESUS, M.; MARQUES, M. de C. P.; SCHONINGE, E. C. Análise do processo de secagem de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e

muiracatiara (*Astronium lecointei* ducke) para a produção de pisos em uma empresa no município de alta floresta – MT. **Caderno de Cultura Ciência**, v.16, n.1, jun., 2017.

BELLON, K. R. R. Tratamento térmico da madeira de três espécies de florestas plantadas pelo processo vap holzsysteme®. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2013.

BEKHTA, P.; NIEMZ, P. Effect of high temperature on change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce. **Holzforschung**, v. 57, p. 539-546, 2003.

BONFATTI JÚNIOR, E. A.; LENGOWSKI, E. C. Colorimetria aplicada à ciência e tecnologia da madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1–13, 2018.

BROCCO, V. F. **Potencialidades Dos Extrativos Do Cerne Da Madeira De Teca Como Preservativo Natural E Sua Influência Na Cor De Madeiras Claras**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, 2014.

BROWN, H.P.; PANSHIN, A.J.; FORSAITH, C.C. **Textbook of wood technology**. Vol 2: The physical, mechanical, and chemical properties of the commercial woods of the United States. New York: McGraw-Hill, p. 783, 1952.

CALONEGO, F. W. **Efeito da tratamento térmico nas propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea***. [s.l.] Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu, 2009.

CALONEGO, F. W.C. **Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium parahyba* (vell.) blake modificada termicamente**, 2017.

CAMARGOS, J. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, 2001.

CARVALHO, D. E. et al. Effect of thermal modification in the natural resistance of *Eucalyptus grandis* and *Pinus taeda* woods. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, 2019.

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

CORREA, J.E.Q.; BERNAL, H.Y.M. (Ed.). **Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello**. Bogotá: SECAB, 1995. 515p. Tomo 11, letra M. (PREVECAB. Serie Ciencia y Tecnología, 54).

COSTA, Ana Carolina Silva et al. Caracterização colorimétrica de pisos de madeiras tropicais amazônicas. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 3, p. 1511-1518, 2021.

COSTA, C. A. da. **Caracterização química e macroscópica da madeira de dez espécies amazônicas expostas ao intemperismo natural**. Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2016.

COSTA, W.; SOUZA, A.; SOUZA, P. Ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia de espécies nativas da mata atlântica; **Espécies Nativas da Mata Atlântica**; n. 2; 2011.

CZAJKOWSKI L.; OLEK, W.; WERES, J. Effects of heat treatment on thermal properties of European beech wood. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 78, p.301-312, 2020.

DE PAULA, M. H. **Efeito do tratamento térmico em propriedades tecnológicas das madeiras de Angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) e sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess)**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PPGEFL.DM - /2016. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF.

DESCH, H. E.; DINWOODIE, J. M. Madeira: sua estrutura, propriedades e utilização. 6. ed. Londres: McMillan. p. 410, 1993.

EUFLOSINO, A. E. R. **Eficiência da tratamento térmico na resistência das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* a térmitas xilófagos**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, 2012.

FIGUEROA, M. J. M. **Influência da temperatura sobre a resistência mecânica do paricá**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FREITAS, J. A.; VASCONCELOS, F. J. **Identificação prática de madeiras comerciais da Amazônia: método macroscópico de comparação**. Manaus: CNPq: CTAmazônia, p. 54, 2010.

GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F.; MATOS J. L. M.; SANTOS W. A.; SILVA R. F. M. Nondestructive evaluation of heattreated *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood using stress wave method. **Wood Science and Technology**, 2012.

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. Brasília, 133f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GRIEBELER, C. G. D. O. **Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W . Hill ex Maiden modificada termicamente**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ CAROLINA, 2013.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. **Weathering testing of timber: discoloration**, In: IMAMURA, Y. High performance utilization of wood for outdoor uses. Kyoto: Press-Net, 2001.

HILL, C. Wood modification: chemical, thermal and other processes. West sussex: John Wiley & Sons, 233p. 2006.

HITTLER, C. R. FREESE, F.; SMITH, D. M. Relationships in black walnut heartwood between color and other physical and anatomical characteristics. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 4, n. 1, p. 38-42, 1972.

HON, N. S. Formation of free radicals in photoirradiated cellulose - VI: effect of lignin. **Journal of Science Polymer Chemistry**, New York, n. 12, p. 2641-2652, 1975.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Informações sobre madeiras. Disponível

em: https://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=63 . Acesso em: 22 de agosto de 2022.

KLITZKE, R. J. et al. Caracterização dos lenhos de cerne, alborno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 80, p. 279-284, 2008.

KLOCK, U. et al. **Química da Madeira**. 3ª edição revisada. Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2005.

KORKUT, S.; BEKTAS, I. The effects of heat treatment on physical properties of Uludag fir (*Abies bornmuelleriana* mattf.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. **Forest Products Journal**, v. 58, n. 3, p. 95-99, 2008.

LANGENHEIM, J. H.; LEE, Y. T. Systematics of the genus *Hymenaea* L. (Leguminosae-Caesalpinioideae) Detarieae. California: University of California Press. 1975. 109p.

LEWIS, G. P. Tribe Cassieae. 2005. In: LEWIS, G. P.; SCHRIRE B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. (eds.) Legumes of the world. Londres: Kew Publishing, p. 111-125, 2005.

LIMA, R. M. S.; SANTOS, A. M. N. dos; JARDIM, M. A. G. Levantamento de plantas tóxicas em duas comunidades caboclas do estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, série Botânica, 11 (2):255-263. 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, p. 352, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, v.1, p. 368, 2008.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas características das madeiras do Brasil**. São Paulo: IPT, p. 418,1989.

MADY, F. T. M. Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais. Manaus: SEBRAE/AM/Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, p. 212, 2000.

MARTINS, M. F.; BELTRAME, R.; DELUCIS, R. A.; GATO, D.; CADEMARTORI, P. H. G.; SANTOS, G. A. Colorimetria como ferramenta de agrupamento de madeira de clones de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, pág. 443-449, 2015.

MENDOZA, Z. M. dos S. H de; BORGES P. H. de M.; MORAIS, P. H. de M. Tratamento térmico em madeiras tropicais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.17 n.32; p. 388, 2020.

MELO, N.C.; PÓLO, M. Sobrevivência e Germinação de sementes de *Hymenaea courbaril* L. In: **CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL**, 2007, Caxambu. Resumos... Caxambu, 2007.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRIGILHO, P. F.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 137-146, abr./jun. 2005.

MOUTINHO, Victor Hugo Pereira. **Caracterização das madeiras conhecidas na Amazônia brasileira como matá-matá (Lecythidaceae fam. A. Rich.)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MUNSELL COLOR. Munsell Soil color charts. Baltimore: Koelmorgen, 2000.

NISGOSKI, Silvana. **Identificação e caracterização anatômica macroscópica das principais espécies utilizadas para laminação na região de Curitiba-PR**. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso e Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 1999.

NUNES, C. S. **Propriedades tecnológicas e qualidade de adesão de madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus pellita* termorretificadas**, 2012.

OLIVEIRA, H. A.; VAREJÃO, M. J. C.; CRUZ, I. A. Determinação de constituintes químicos e extrativos as madeiras de espécies florestais Amazônicas. II CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2013, Manaus, AM. **Anais [...]**. Manaus, AM: Auditorio da Ciência, 2013.

PARRA, V.; JOHN, E. Anatomía del xilema secundario en seis especies de *Ficus* L. (Moraceae) en la ciudad de Mérida, Venezuela. **Acta Botanica**, Venezuelica, 37(2),165-176, 2014.

PEREIRA, K. do N. **Qualidade da superfície da lâmina de madeira de figueira (*Ficus* spp.) submetida a tratamentos de acabamentos**. 2015. Monografia (Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2015.

PONCSÁK, S. et al. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). **Wood Sci Technol**, v. 1, n. 40, p. 647– 663, 2006.

RIOS, Mary Naves da Silva; PASTORE JUNIOR, Floriano. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral**. Brasília: Universidade de Brasília, Biblioteca Central, p. 3140, 2011.

RONSONI, Taisa. **Influência do tratamento térmico nas propriedades tecnológicas da madeira de três espécies amazônicas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2015.

ROWELL, R. M. Chemical modification of wood: it's application to composite products. **FRI Bulletin**, Bogor, n. 153, p. 57-67, 1990.

SCHULZ, H. R. et al. Propriedades químicas, mecânicas, térmicas e ópticas da madeira tratada termicamente de *Pinus elliottii* plantada no Brasil. **Revista de Ciências Forestales** – Quebracho Vol.29(1,2) – Diciembre 2021

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Alterações físicas e

químicas em madeiras juvenis e maduras de *Pinus elliottii* var. *elliottii* por tratamento térmico. **Jornal Europeu de Madeira e Produtos de Madeira**, 70(5), 741–747, 2012.

SILVA, D. A. da; TRUGILHO, P. F. Comportamento dimensional da madeira de cerne e alburno utilizando-se a metodologia de análise de imagem submetida a diferentes temperaturas. **CERNE** (UFL), Lavras-MG, v. 9, n. 1, p. 56-65, 2003.

SILVA, L. L. **Substratos para a produção de mudas de jatobá (*Hymenaea coubaril* L.)**. 2017. 33f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

SILVA, M. E. C. M. Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais: composição química da madeira. **Vila Real: UTAD**, 2010.

SILVA, R. A. F.; SETTER, C.; MAZETTE, S. S.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M. Colorimetria da madeira de trinta espécies tropicais. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 1, pág. 36-41, 2017.

SJÖSTRÖM. E. Wood Chemistry fundamentals and applications. New York. **Academic Press**. 223p. 1981.

SOUSA, L. K. V. dos. **Dendrocronologia aplicada ao manejo de árvores de cedro (*Cedrela odorata*) L. e jatobá (*Hymenaea courbaril*) L. ocorrentes na FLONA Tapajós - PA**. Tese (Doutorado) - USP/ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2019.

SOUSA, W. C. S.; BARBOSA, L. J.; SOARES, A. A. V.; GOULART, S. L.; PROTÁSIO T. P. Colorimetria da madeira para caracterização de espécies arbóreas amazônicas: um subsídio para uma classificação mais eficiente. **CERNE**, v. 25, n. 4, p.451-462, 2019.

STANGERLIN, I. M. et al. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 429–438, 2013.

STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: Ronald Press, p. 549, 1964.

SUNDQVIST, B. **Color Changes and Acid Formation in Wood During Heating**. 2004. 154 f. Thesis (Doctoral) - Division of Wood Material Science, Lulea University of Technology, Skelleftea, Sweden, 2004.

VODYANITSKII, Yu N.; KIRILLOVA, NP Conversão de coordenadas de cores Munsell para o sistema Cie-L* a* b*: Tabelas e exemplos de cálculo. **Boletim de Ciência do Solo da Universidade de Moscou**, v. 71, n. 4, pág. 139-146, 2016.

YILDIZ, S. 2002. **Physical, mechanical, technological and chemical properties of beech and spruce wood treated by heating**. PhD dissertation, Karadeniz Tech. Univ., Trabzon, Turkey.

ZANUNCIO, A. J. V. et al. Química e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden termorretificada. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 765–770, 2014.

ZANUNCIO, A. J. V.; FARIAS, E. DE S.; DA SILVEIRA, T. A. Tratamento térmico e colorimetria da madeira de eucalyptus grandis. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 85–90, 2014.