



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS

GABRIEL AFONSO DE OLIVEIRA SILVA

Magister Scientiae

EFEITO DA IDADE NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PARÂMETROS
COLORIMÉTRICOS E RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA DE
Tectona grandis L. f.

CUIABÁ-MT

2022

GABRIEL AFONSO DE OLIVEIRA SILVA

**EFEITO DA IDADE NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PARÂMETROS
COLORIMÉTRICOS E RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA DE
Tectona grandis L. f.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Faculdade de Engenharia Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Bárbara Luísa Corradi Pereira

CUIABÁ-MT

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S586e Silva, Gabriel Afonso de Oliveira.
EFEITO DA IDADE NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PARÂMETROS
COLORIMÉTRICOS E RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA DE *Tectona*
grandis L. f. / Gabriel Afonso de Oliveira Silva. -- 2022
62 f. ; 30 cm.

Orientadora: Bárbara Luísa Corradi Pereira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de
Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e
Ambientais, Cuiabá, 2022.
Inclui bibliografia.

1. resistência natural. 2. cromatografia gasosa. 3. CIELab. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO DA IDADE NOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA DE *Tectona grandis* L. f.

AUTOR (A): MESTRANDO GABRIEL AFONSO DE OLIVEIRA SILVA

Dissertação defendida e aprovada em 29 de julho de 2022.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutora Bárbara Luísa Corradi Pereira (Presidente Banca / Orientador)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

2. Doutor Aylson Costa Oliveira (Examinador Interno)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

3. Doutor Pedro Nicó de Medeiros Neto (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Campina Grande

Cuiabá, 29 de julho de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **BARBARA LUISA CORRADI PEREIRA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 29/07/2022, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **AYLSON COSTA OLIVEIRA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 29/07/2022, às 17:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Nicó de Medeiros Neto, Usuário Externo**, em 31/07/2022, às 08:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4955696** e o código CRC **79DB8A32**.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, Sandra Mara e José Antônio, por todo suporte e incentivo que me forneceram desde o início da minha formação. Acredito que esse trabalho tenha um pedacinho significativos deles. Serei sempre grato a todo apoio fornecido, foi fundamental.

A minha professora orientadora Bárbara reservo os meus mais profundos agradecimentos. Agradeço por todo suporte e incentivo fornecido durante esse período. Ao professor Aylson agradeço o auxílio e aos ensinamentos durante esse processo. Ao professor Pedro agradeço pela disposição e sugestões para este trabalho.

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) que faço parte desde 2015 com a graduação e 2020 com o Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPGCFA). Agradeço equipe do Laboratório de Tecnologia da Madeira, em especial a Niely pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Agradeço à empresa Guavirá pelo fornecimento de materiais necessários para a realização deste trabalho. Também sou grato ao Laboratório de Produtos Florestais pela disponibilização do fungo para o experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante o processo do mestrado.

Agradeço a minha amiga Kezia que sempre demonstrou instinto em ajudar o próximo e por ser uma companheira essencial nesse período de crescimento.

De forma geral, agradeço a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SILVA, Gabriel Afonso de Oliveira Silva. M. Sc. Universidade Federal de Mato Grosso, julho de 2022. **Efeito da idade na composição química, parâmetros colorimétricos e resistência biológica da madeira de *Tectona grandis* L. f.**. Orientadora: Bárbara Luísa Corradi Pereira

O rápido crescimento da teca (*Tectona grandis* Linn. F) em algumas regiões do Brasil estimulou o plantio em larga escala para a produção de madeira serrada para o mercado externo. Porém, dentro do processo de produção há existência de material com propriedades pouco conhecidas, como por exemplo o material advindo de desbastes. Nesse sentido, são necessários estudos de caracterização da madeira de teca em diferentes idades para a geração de informação relacionada à qualidade desses materiais. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da idade na composição química, parâmetros colorimétricos e resistência natural da madeira de *Tectona grandis* L. f. Foram avaliados os discos da base de árvores de teca com 5, 10, 15 e 20 anos procedentes de um plantio comercial localizado no município de Nova Maringá, Mato Grosso, Brasil. Foram avaliados a porcentagem de cerne, composição química elementar e estrutural com análises qualitativas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), parâmetros colorimétricos do sistema CIELab e resistência natural a *Trametes versicolor*, um fungo de podridão branca. A porcentagem de cerne variou de 21,35 a 62,58, para 5 e 20 anos, respectivamente. Na composição elementar, houve aumento dos teores de carbono, de 51,13% para 53,86%, e diminuição de nitrogênio e oxigênio, de 0,11% para 0,05% e 44,04% para 41,25% respectivamente, com o aumento da idade. Não foi observada uma tendência na variação dos constituintes químicos estruturais da madeira de teca. Nas idades de 5 e 20 anos, a porcentagem de extrativos totais foi similar, 7,39 e 7,65%, respectivamente. Contudo, a presença de tectoquinona e lapachol foram superiores para a madeira de 20 anos (45,03% e 10,23%), em relação a de 5 anos (39,97% e 4,31%). As madeiras com a maior proporção de cerne apresentaram maior pigmentação vermelha e a pigmentação amarela diminuiu de forma crescente com a idade das árvores. Em relação à saturação, as madeiras são consideradas opacas e há predominância na tonalidade amarela da cor da madeira de teca. A remoção dos extrativos da madeira influenciou no aumento da luminosidade das madeiras de 10, 15 e 20 anos. Para a resistência natural à deterioração por fungo de podridão branca, a madeira de 5 anos foi considerada resistente e a madeira de 20 anos muito resistente após 12 e 16 semanas de ensaio. Conclui-se que as propriedades da madeira de teca variam significativamente com a idade e madeiras de plantios de rápido crescimento apresentam características químicas e de durabilidade natural atrativas para mercado consumidor.

PALAVRAS-CHAVE: resistência natural, cromatografia gasosa, CIELab.

ABSTRACT

SILVA, Gabriel Afonso de Oliveira Silva. M. Sc. Federal University of Mato Grosso, July 2022. **Effect of age on chemical composition, colorimetric parameters and biological resistance of wood from *Tectona grandis* L. f.** Advisor: Bárbara Luísa Corradi Pereira.

The rapid growth of teak (*Tectona grandis* Linn. F) in some regions of Brazil stimulated large-scale planting for the production of sawn wood for the foreign market. However, within the production process there is material with little known properties, such as material from thinning. In this sense, characterization studies of teak wood at different ages are necessary to generate information related to the quality of these materials. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of age on the chemical composition, colorimetric parameters and natural strength of the wood of *Tectona grandis* L. f. The discs of the base of teak trees with 5, 10, 15 and 20 years from a commercial plantation located in the municipality of Nova Maringá, Mato Grosso, Brazil, were evaluated. Heartwood percentage, elemental and structural chemical composition were evaluated with qualitative analyzes by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS), colorimetric parameters of the CIELab system and natural resistance to *Trametes versicolor*, a white rot fungus. The percentage of heartwood ranged from 21.35 to 62.58, for 5 and 20 years, respectively. In the elemental composition, there was an increase in carbon contents, from 51.13% to 53.86%, and a decrease in nitrogen and oxygen, from 0.11% to 0.05% and 44.04% to 41.25%, respectively. , with increasing age. There was no trend in the variation of the chemical structural constituents of teak wood. At the ages of 5 and 20 years, the percentage of total extractives was similar, 7.39 and 7.65%, respectively. However, the presence of tectoquinone and lapachol were higher for 20-year-old wood (45.03% and 10.23%) than for 5-year-old wood (39.97% and 4.31%). The woods with the highest proportion of heartwood showed greater red pigmentation and the yellow pigmentation progressively decreased with the age of the trees. Regarding saturation, the woods are considered opaque and there is a predominance of the yellow tone of the teak wood color. The removal of extractives from the wood influenced the increase in luminosity of 10, 15 and 20 year old woods. For the natural resistance to decay by white rot fungus, the 5-year-old wood was considered resistant and the 20-year-old wood very resistant after 12 and 16 weeks of testing. It is concluded that the properties of teak wood vary significantly with age and woods from fast-growing plantations have chemical characteristics and natural durability that are attractive to the consumer market.

KEYWORDS: natural resistance, gas chromatography, CIELab.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Teca no mundo e no Brasil.....	13
3.2 Composição química da madeira.....	17
3.3 Cor da madeira.....	19
3.4 Resistência biológica da madeira.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 Procedência e Amostragem da madeira	23
4.2 Determinação do diâmetro e proporção de cerne da madeira de teca	23
4.3 Composição química da madeira de teca	24
4.3.1. Composição química elementar e estrutural.....	24
4.3.2 Análise quali e quantitativa dos extrativos	25
4.4 Parâmetros colorimétricos da madeira de teca	26
4.4.1 Influência dos extrativos nos parâmetros colorimétricos da madeira de teca	27
4.5 Biodeterioração da madeira de teca por fungo apodrecedor	28
4.6 Análise estatística	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Variação do diâmetro e proporção de cerne da madeira de teca	32
5.2 Composição química da madeira de teca.....	34
5.2.1 Composição química elementar e estrutural.....	34
5.2.2 Análise quali e quantitativa dos extrativos	37
5.3 Parâmetros colorimétricos da madeira de teca	40
5.3.1 Comparação dos parâmetros colorimétricos da madeira de teca em diferentes idades	40

5.3.2	Influência dos extrativos nos parâmetros colorimétricos da madeira de teca	
		42
5.3	Deterioração da madeira de teca em ensaio de apodrecimento acelerado	47
6.	CONCLUSÃO	50
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Tectona grandis* L.f., Lamiaceae, conhecida como teca, produz uma das madeiras tropicais mais valorizadas no mercado mundial. Contudo, as características que a valorizam em mercados de luxo, como na fabricação de iates e móveis e na construção civil, estão relacionadas à madeira das florestas naturais. Essa reúne um conjunto de elementos, nos quais se destacam a densidade média associada à durabilidade muito alta a agentes biológicos, alta estabilidade dimensional e características estéticas atrativas, principalmente relacionadas à cor do cerne e desenhos formados pelos anéis de crescimento (Kollert et al., 2015).

Sabe-se também que as florestas naturais de teca diminuíram significativamente no último século devido, principalmente, à superexploração legal e ilegal e à conversão do uso da terra em cultivos agrícolas e pastagens (Ugalde, 2013). Dessa forma, tornou-se promissor o mercado madeireiro desta espécie proveniente de plantações florestais. A espécie é cultivada em cerca de 70 países da Ásia, África, América Latina e Oceania e estima-se que as florestas plantadas com a espécie ocupem 6,89 milhões de hectares (Midgley et al., 2015). No continente americano, destacam como maiores produtores o Panamá, Costa Rica, Equador e o Brasil (Camino Velozo, 2013).

Em 2018, o Brasil possuía 93.957 ha implantados com teca, com destaque para o estado de Mato Grosso, com área total de 68.438 mil hectares plantados com a espécie (Instituto Brasileiro de Árvores - IBÁ, 2021). Além do rápido crescimento da teca em algumas áreas do Brasil, a formação de fustes retilíneos tem estimulado o plantio da espécie em larga escala para a produção de madeira serrada para exportação (Leite et al., 2011). A maioria das florestas plantadas de teca no país são gerenciadas em curta rotação, com corte final de 20 a 25 anos, e há a adoção de desbastes e desramas para regular a competição entre árvores e produzir madeira limpa, livre de nós.

O valor da madeira de teca plantada no Brasil pode chegar a US\$ 800,00 por metro cúbico, para toras de florestas plantadas acima de 35 cm de diâmetro (Global Wood, 2013), cujo valor é alcançado para madeira colhida ao final do ciclo de rotação. Em contrapartida, a madeira proveniente do primeiro desbaste, normalmente aos cinco anos, é vendida ao mercado local, para uso como lenha, com valores próximos a US\$ 5,00 por metro cúbico, sem amortizar os custos de colheita, remoção e transporte da madeira (Benedetti, 2018).

Ressalta-se que a valorização da madeira de teca está associada principalmente às dimensões da tora, tanto diâmetro quanto comprimento, e proporção de cerne (Floréz,

2012). A proporção do cerne decresce ao longo da posição longitudinal da árvore, ou seja, as toras de classes de maior diâmetro apresentam maior proporção de cerne, e consequentemente menor proporção de alburno. Além disso, a porcentagem de cerne aumenta com a taxa de crescimento das árvores e assim é possível produzir toras de grandes diâmetros com maior proporção de cerne em plantios de curta rotação, por meio da seleção de materiais genéticos superiores e aceleração do crescimento das árvores com práticas silviculturais (Ugalde, 2013).

Estudos apontam que a durabilidade natural da teca aumenta com a idade e com a proporção de cerne devido à maior concentração de extrativos fenólicos tóxicos a ação de organismos xilófagos presentes na madeira do cerne (Pinto et al., 2017, Siqueira et al, 2020). Ademais, a presença de extrativos na madeira não influencia unicamente a durabilidade da madeira, mas também a sua cor, atribuída à presença, quantidade e tipo de extrativos (Brocco, 2014).

Há correlação entre a coloração com a resistência natural da madeira e essa está relacionada à espécie, quantidade e o tipo de extrativo presentes (Amusant, 2004). A cor é uma característica estética importante por direcionar o uso da madeira para suas diferentes finalidades (Janin et al., 2011). Em relação à qualidade da madeira, a cor é um fator que vem sendo estudado e pode afetar sua comercialização (Costa et al. 2011; Ribeiro et al 2018). A madeira de teca é conhecida mundialmente por sua durabilidade e atratividade pela cor amarelo dourado ou marrom (Bhat e Florence 2003; Bhat et al. 2005; Thulasidas et al 2006).

Assim, o estudo sobre o efeito da idade da madeira de teca na produção de cerne, parâmetros colorimétricos, composição química e durabilidade natural é uma importante ferramenta para a valorização da madeira de teca serrada de plantios de curta rotação e o aproveitamento da madeira de menores idades, proveniente de desbastes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da idade na qualidade da madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.) em árvores de cinco, dez, quinze e vinte anos.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar o diâmetro e proporção de cerne em discos da base de árvores de teca de cinco, dez, quinze e vinte anos;
- Determinar a composição química e elementar da madeira de teca de cinco, dez, quinze e vinte anos;
- Determinar a variação dos parâmetros colorimétricos da madeira de teca de cinco, dez, quinze e vinte anos;
- Avaliar a influência dos extrativos totais nos parâmetros colorimétricos da madeira de teca de cinco, dez, quinze e vinte anos;
- Qualificar os extrativos da madeira de teca com cinco e vinte anos de idade;
- Determinar a resistência biológica da madeira de teca de cinco e vinte anos ao fungo *Trametes versicolor* por meio de ensaio de apodrecimento acelerado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Teca no mundo e no Brasil

A teca (*Tectona grandis* L.f.), conhecida internacionalmente como “teak” e no Brasil como teca, pertencente à família Lamiaceae, é uma espécie de ocorrência natural do Sudeste Asiático em países como Índia, Myanmar, Tailândia e Laos (Pelissari *et al.*, 2014). Estimou-se que, em 2010, haviam 29 milhões de hectares de florestas naturais de teca, 50% dessa área localizada em Mianmar (Kollert & Keine, 2018).

Globalmente, a Ásia continua sendo o maior exportador de teca, principalmente devido ao fornecimento de teca nativa e plantada de Myanmar (Raiyani, 2013). Em ambientes naturais, a árvore dessa espécie apresenta grande porte, podendo alcançar mais de 60 metros de altura (Paes *et al.*, 2015). Ela é uma das mais valiosas e mais importantes espécies tropicais no mercado internacional devido às características físicas-mecânicas (estabilidade) e estéticas (cor) de sua madeira (Moya; Pérez, 2007; Miranda *et al.*, 2011).

A teca também é cultivada em plantios fora do seu habitat natural, na maioria dos países de regiões tropicais. A teca cultivada atinge cerca de 35 m de altura e 1,0 m de diâmetro a altura do peito (DAP), medido a 1,30 m do solo (Paes *et al.*, 2015). Essa espécie florestal é uma das mais cultivadas no mundo para uso em produtos de madeira sólida, com área plantada, em 2015, igual a 6,887 milhões de hectares (Midgley *et al.*, 2015). Na Ásia, encontram-se 88% do total da área plantada com a espécie, com destaque para Índia (2,561 milhões de hectares) e Indonésia (1,470 milhões hectares), 8% na África e, 4% na América Latina, onde o Brasil possui maior área plantada, 93.957 hectares (IBÁ, 2019; Medeiros, 2016).

A teca é uma das espécies florestais de maior aceitação no mercado internacional de produtos madeireiros sólidos, sobretudo pelas suas características de trabalhabilidade e durabilidade (Rabelo *et al.*, 2020). Segundo Kollert e Walotek (2015), o comércio global da teca movimenta mais de um milhão de m³ (metros cúbicos) dessa madeira por ano, cujas exportações movimentam cerca de US\$ 487 milhões por ano, com os preços que variáveis, conforme demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Preços para embarques recentes (junho/2022) de tora e madeira serrada de Teca (US\$/m³)

Países	Toras	Madeira Serrada
Benin	-	359-712
Brasil	313-600	489-777
Camarões	-	974
Colômbia	245-615	--
Costa do Marfim	263-458	375-752
Costa Rica	350-652	--
El Salvador	328-349	--
Equador	246-495	--
Gabão	370	--
Gana	270-559	485
Guatemala	277-594	--
Ilhas Salomão	248	--
México	322-439	373-585
Myanmar	--	791-980
Nicarágua	--	328-564
Nigéria	290-630	--
Panamá	257-539	--
Papua-Nova Guiné	389-595	492-677
Sudão do Sul	367-676	342-633
Suriname	222	--
Tanzânia	344-930	471-1.068
Togo	259-532	--

Fonte: *Tropical Timber Market Report* (2022).

Observa-se na Tabela 1, valores recentes praticados para o metro cúbico de teca, que chegaram até US\$ 980,00 em Myanmar, enquanto no Brasil o valor pode chegar até US\$ 777,00 (TTMR, 2022). O preço do metro cúbico de teca varia de acordo com o padrão de qualidade que a madeira apresenta, em sua região de origem (Ásia) há árvores que podem chegar até 100 anos para atingir o diâmetro de corte, produzindo assim madeiras com os seguintes indicadores de qualidade, conforme Pinto (2007): (a) peso e resistência - com densidade média de 0,65 g/cm³, é leve e com boa resistência mecânica;

(b) estabilidade e durabilidade - não empena e pouco se contrai durante a secagem; é imune ao ataque de cupins e outros insetos; pode ser enterrada ou exposta ao tempo sem deteriorar-se; (c) aparência e utilização - utilizada para produção de móveis, esquadrias e pisos de qualidade, decoração e construção naval; (d) valor: é maior que o do mogno, chegando a quase três vezes mais.

Madeira de plantações de teca com mais de 50 anos na Índia, Tailândia e Indonésia pode ser compatível com a qualidade da teca nativa (Kollert e Kleine, 2018). Porém, a maioria das florestas plantadas de teca são manejadas em rotações curtas de até 20 anos, obtendo madeira de características de qualidade desejáveis para serraria (Tsukamoto Filho *et al.*, 2003). Sendo assim, a teca plantada ainda não tem uma imagem de alta qualidade no mercado internacional, e é questionável se algum dia atingirá esses padrões de qualidade, dada a tendência de períodos de rotação mais curtos.

No Brasil, a maior área de plantios de teca situa-se na região centro-oeste, onde a espécie encontrou condições climáticas e edáficas favoráveis ao seu desenvolvimento. Webb *et al.* (1984) descreveram os requerimentos climáticos da teca da seguinte forma: amplitude de altitude: 0 m – 900 m, precipitação anual média: 1.250 mm – 3.000 mm, regime de chuva: verão, estação seca: 3 – 6 meses e Temperatura média anual: 22° C - 26° C.

Devido às condições climáticas da região centro-oeste brasileiro e à alta demanda por madeira de teca, seu ciclo de colheita através de práticas silviculturais foi reduzido de 80 anos, em suas regiões de origem, para 15-25 anos no Brasil (Garcia *et al.*, 2014; Tsukamoto Filho *et al.*, 2003). O interesse na teca como espécie alternativa aos plantios florestais tradicionais vem crescendo e apresentando valores elevados no mercado internacional (Delgado *et al.*, 2008). Tal afirmação pode ser comprovada com os dados apresentados pela Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2019) que indicam um aumento de 43,6% da área plantada de teca, no Brasil, entre os anos de 2010 a 2018.

Segundo Souza (2021) a madeira de teca é considerada uma madeira tropical nobre e a produção brasileira está direcionada, principalmente para a exportação, atendendo o mercado internacional, sobretudo a região sudeste da Ásia. Segundo o Sistema Nacional de Informação Florestal - SNIF (2015), madeira desta espécie atende as exigências dos diversos segmentos industriais como a indústria de móveis, de painéis, a construção civil, a construção naval e mais recentemente, a indústria farmacêutica.

Os fitoquímicos são usados como modelos para otimização de programas, que se destinam a fazer medicamentos seguros e eficazes, sendo a madeira teca um material que

possui propriedades expectorantes, anti-inflamatórias e anti-helmínticas (Nidavani & Mahalakshmi, 2014). Segundo a Ayurveda (terapia indiana milenar), a madeira de teca é forte, refrescante, laxante, sedativa para o útero gravídico e útil no tratamento de hemorroidas, leucodermias e disenterias (Lacret, 2011).

Em relação aos tratos silviculturais, a prática de desbaste nos plantios de teca é importante para a produção de teca, principalmente pela espécie possuir dificuldade de se desenvolver em ambientes com alta competição, o que poderá refletir diretamente na qualidade da madeira produzida nestes sítios (Ugalde Arias, 2013). Paes et al. (2015), ao avaliarem madeira juvenil de teca provenientes de desbastes para produção de móveis, afirmaram que a madeira de teca apresentou fácil usinagem, trabalhabilidade e acabamento, além de ter resistência moderada ao ataque de cupins de madeira seca.

Levando em consideração o mercado principal de teca (madeira serrada), o desbaste traz efeitos positivos, produzindo árvores com diâmetro e altura em proporções desejadas, aumento do conteúdo de cerne e também melhoria da qualidade sanitária dos plantios (Pelissari et al., 2013). Normalmente o primeiro desbaste da madeira de teca ocorre entre quatro e cinco anos de idade, com remoção de 50% das árvores (Pelissari *et al.*, 2014). Esse é considerado um desbaste não comercial, ou seja, a madeira produzida é destinada para uso como lenha, não sendo possível industrialização da madeira, devido ao diâmetro reduzido das árvores. Na Tabela 2, observa-se um exemplo de programa de desbaste, adotado no Brasil.

Tabela 2 – Exemplo de programa de desbaste realizado para madeira de teca no estado de Mato Grosso, Brasil

Intensidade de Desbaste (%)	Desbaste	Ano	Nº de Árvore Desbastadas por Hectare
50	1	4	833
40	2	8	333
40	3	12	200
40	4	16	120
40	5	20	72
100	CF	25	108
Total			1666

Fonte: Tsukamoto, 2002.

A idade de rotação dos plantios de teca em sua área de distribuição natural varia entre 50 a 90 anos com produtividade de 3 a 10 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. No Brasil, a expectativa de rotação dos plantios de teca varia de 20 a 25 anos, sendo a produtividade média de 10 a 20 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ (Pelissari *et al.*, 2014). Operações de desbaste podem ser vantajosas se existe um bom mercado para produtos intermediários (Kollert e Kleine, 2018). Segundo Lopes et al. (2014) madeira proveniente de árvores de desbastes com idade entre 7 e 18 anos é apropriada para a indústria moveleira por já possuírem diâmetro adequado, presença de cerne e durabilidade.

3.2 Composição química da madeira

Em relação à composição química elementar da madeira, essa é constituída basicamente por 50% carbono, 44% oxigênio e 6% hidrogênio, valores que não se alteram muito em função da espécie (Santos, 2008). A variação na composição elementar da madeira se manterá quase que sensivelmente constante independente da espécie, com pequenas diferenças genéticas ou da idade (Araujo, 2020). Esses elementos formam as macromoléculas da madeira constituintes da parede celular: celulose, hemicelulose e lignina.

A celulose é o componente mais importante da parede celular da madeira em termos de massa e efeitos nas características da madeira. A celulose presente na madeira é um polímero natural e é o maior constituinte das plantas, sendo um polissacarídeo que se apresenta como um polímero de condensação de cadeia linear de unidades de glicose com comprimento o suficiente para ser insolúvel à temperatura ambiente, em solventes orgânicos, água, ácidos e álcalis diluídos (Wastowski, 2018).

As hemiceluloses constituem um grupo heterogêneo de polissacarídeos presentes na madeira que se ligam fortemente à parede celular, ocorrendo em menor grau de polimerização que a celulose e de menor peso molecular (Mangueira, 2014). Algumas têm função de estabilizar a parede celular através de ligações de hidrogênio com celulose e lignina (Wyman et al, 2005).

A lignina é o terceiro componente fundamental da madeira, ocorrendo entre 15 e 35% de seu peso (Mota, 2011). Esse constituinte tem um importante papel no transporte de água, nutrientes e metabólitos, sendo responsável pela resistência mecânica de vegetais, além de proteger os tecidos contra o ataque de microrganismos. A lignina confere rigidez à parede celular e age como um agente permanente de ligação entre as

células, gerando uma estrutura resistente ao impacto, compressão e dobras (Wastowski, 2018).

Os extrativos são componentes não estruturais da madeira e geralmente estão concentrados no cerne e são biossintetizados com a árvore em pé (Susin, 2018). Esses constituintes são os principais responsáveis pela resistência ao ataque de insetos e fungos, apesar de estarem presentes, na madeira, em pequenas quantidades, entre 1 e 10% (Buchanan, 1981; Oliveira *et al.*, 2005). Dessa forma, os extrativos da madeira contribuem para a durabilidade natural da madeira (Kirker *et al.*, 2013)

Os extrativos podem ser divididos em várias categorias com base em suas características estruturais, embora devido à versatilidade associada a certos compostos, muitas vezes haja sobreposição na classificação. Segundo Sarto e Sansigolo (2010) os extrativos comumente encontrados na madeira consistem de material orgânico oleofílico de baixa massa molecular. A composição dos extrativos podem ser componentes da resina: terpenos, lignanas, estilbenos, flavonoides e outros aromáticos. Além dessas substâncias, outros compostos orgânicos podem estar presentes nos extrativos, como gorduras, ceras, ácidos graxos, álcoois, esteroides e hidrocarbonetos de elevada massa molecular (Sarto; Sansigolo, 2010).

Os extrativos são frequentemente responsáveis por determinadas características da madeira como: cheiro, permeabilidade, inflamabilidade, gosto, propriedades abrasivas e cor. Sua composição e quantidade relativa dependem de diversos fatores, como espécie, idade e região de procedência e também dentro das diferentes partes da árvore (Wastowski, 2018). Com o avanço da idade das árvores ocorre a morte das células de parênquima e nesse processo ocorre elevada produção de extrativos e impregnação desses compostos nas paredes das fibras e lume dos demais elementos anatômicos (Silva & Trugilho, 2003; Micco *et al.*, 2016).

Estudos referentes à composição química da madeira de teca em diferentes idades são importantes instrumentos para definição da qualidade do material provenientes dos desbastes e do corte final (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios da composição química (%) da madeira de teca em diferentes idades

Idade	Lignina Total	Holocelulose	Extrativos	Autores
4	31,65	63,96	4,39	(Chagas <i>et al.</i> , 2014)
6	31,99	64,42	3,59	(Chagas <i>et al.</i> , 2014)
7-10	35,53	67,50	3,70	(Rizanti <i>et al.</i> , 2018)
12	31,23	64,01	4,76	(Chagas <i>et al.</i> , 2014)
13	32,47	57,94	8,84	(Flórez, 2012)
14	30,96	69,03	9,94	(Souza, 2019)
16	32,69	66,57	6,97	(Souza, 2019)
20	33,50	62,80	3,10	(Mascarenhas <i>et al.</i> , 2021)
40-60	32,19	49,18	8,00	(Rizanti <i>et al.</i> , 2018)

As análises dos extrativos da madeira da teca registram a presença de uma substância pertencente à classe das antraquinonas, a tectoquinona, à qual são atribuídas propriedades antifúngicas, bactericidas e repelentes aos ataques de alguns insetos, razão do aumento da durabilidade natural da madeira quando exposta ao solo e aos rigores do tempo (Thulasidas; Bhat, 2007). Segundo Aguinaldo (1993), além da tectoquinona, outras substâncias foram encontradas na madeira, como o lapachol e naftoquinona.

3.3 Cor da madeira

A cor natural da madeira pode ser influenciada por fatores genéticos e ambientais como espécie; composição química (principalmente teor e natureza dos extrativos); estrutura anatômica (anéis de crescimento, vasos, raios e tipo de parênquima axial); posição de amostragem na árvore (nos sentidos radial e axial); condições edáficas e climáticas; altura, diâmetro e idade da árvore; tratos silviculturais; e taxa de crescimento da árvore (Garcia & Marinonio, 2016).

A cor também é considerada importante índice de classificação e qualidade, devendo ser incorporada na caracterização tecnológica da madeira, visando atender aos usos mais nobres desse material. O padrão de coloração de uma madeira pode variar em tonalidades que vão desde o bege claro até o marrom escuro, quase preto; dentro dessa variação, existem madeiras amarelas, avermelhadas, roxas e alaranjadas (Mori *et al.*, 2004).

Segundo Mady (2000), a cor da madeira deriva da composição química das substâncias extrativas – polifenóis, flavonóides, estilbenos, quinonas, dentre outros. Além da grande variabilidade de cor entre as espécies e entre indivíduos da mesma espécie, a cor também é variável no mesmo indivíduo, ou seja, ela tende a alterar-se com o passar do tempo, escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz, que reage com os componentes químicos da madeira, tais como a lignina (Mori *et al.*, 2004).

Dentre as técnicas de determinar a cor da madeira, a colorimetria é uma opção eficaz. Um dos primeiros métodos de determinação de cor foi a utilização da tabela “Munsell Soil Color Chart” (Pendleton; Nickerson, 1951). Em 1913, um grupo internacional de pesquisadores autônomos com objetivo de promover um fórum para padronizarem todos os termos relativos à iluminação fundaram a CIE (*Comission Internationale del'Eclairage*) (Zaque, 2018). Segundo Leão *et al.* (2005), parte da missão desse grupo era estudar o sistema visual e as cores, resultando numa diretriz para a colorimetria.

Um dos sistemas mais utilizados para medir cores é o CIELab, que é um dos modelos adotados pela CIE onde são avaliadas as coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* , C e h (Figura 1).

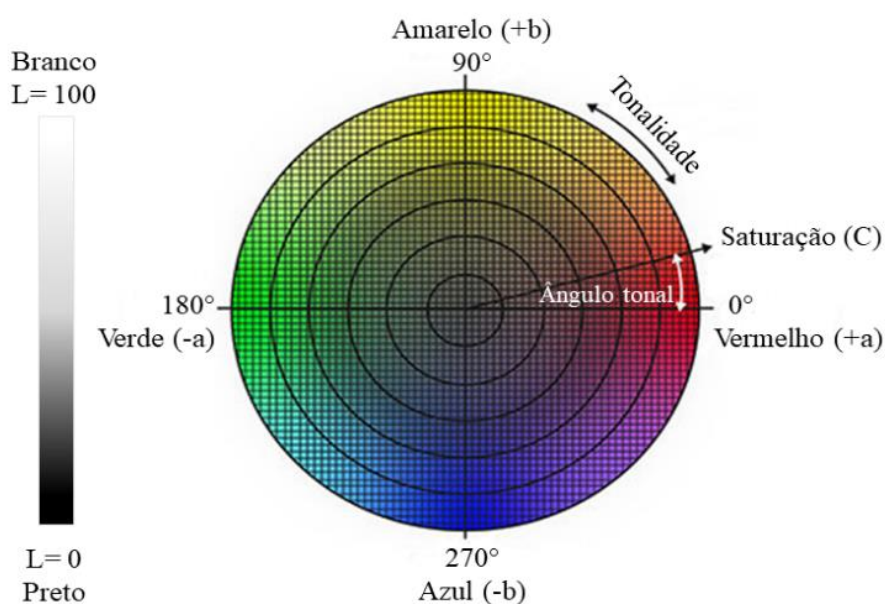


Figura 1 - Sistema de coordenadas de cores CIEL*a*b*.

Fonte: Adaptado de Konica Minolta Sensing Americas (Lange; Lee, 2021).

A coordenada L^* representa a luminosidade ou claridade, a qual varia de zero (preto) à 100 (branco), enquanto que a^* e b^* representam as variáveis cromáticas nos

eixos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente, ambas variando entre -60 e +60 (Stanziola, 1994). Além das variáveis citadas, também há a saturação (C^*), que corresponde ao raio do círculo de tonalidade, partindo do ponto cinza do eixo de luminosidade até a cor pura espectral e varia de 0 a 60; e a tonalidade (h°) caracterizada por ser o ângulo de tonalidade cromático, cujo o valor tem origem no eixo verde-vermelho, contando positivamente no sentido trigonométrico de rotação. Esse ângulo indica o domínio de um componente de tonalidade em uma cor (Pincelli *et al.*, 2012).

Observa-se na Tabela 4 os parâmetros colorimétricos da madeira de teca pelo sistema CIELab tem sido utilizada na avaliação da madeira de teca de diferentes idades. É possível observar a baixa variabilidade na concentração de pigmentos amarelos e vermelhos e uma redução na luminosidade em madeiras mais velhas.

Tabela 4 – Parâmetros colorimétricos sistema CIELab da madeira de teca em diferentes idades

Idade (anos)	L	a*	b*	C	h°	Autores
5	60,40	11,10	23,80	-	-	(Damayanti <i>et al.</i> , 2020)
5	61,00	10,11	22,15	-	-	(Damayanti <i>et al.</i> , 2020)
6	55,50	13,10	23,20	-	-	(Damayanti <i>et al.</i> , 2020)
7-15	58,15	10,40	25,91	-	-	(Moya; Berrocal, 2010)
12	59,17	10,42	26,78	-	-	(Garcia; Marinonio, 2016)
13	51,22	11,14	25,87	28,17	65,88	(Queiroz <i>et al.</i> , 2016)
15	62,00	9,90	29,50	-	-	(Moya; Marín, 2011)
35	56,39	6,84	23,44	-	-	(Thulasidas <i>et al.</i> , 2006)

3.4 Resistência biológica da madeira

A madeira é um material de natureza química e anatômica complexa e, por ser formado basicamente de células mortas, é uma matéria-prima naturalmente biodegradável. A sua menor ou maior propensão à biodegradação irá depender em parte da sua durabilidade natural (Siqueira *et al.*, 2020). Nenhuma espécie de madeira, nem mesmo as de reconhecida durabilidade natural, é capaz de resistir, indefinidamente, às intempéries e variações das condições ambientais (Silva, 2005).

Dentre os agentes biológicos responsáveis pela deterioração da madeira, os fungos apodrecedores são responsáveis por grande parte dos danos encontrados em madeira em

uso, principalmente quando estão em contato com o solo ou áreas úmidas em regiões temperadas. A madeira sob ataque de fungos apresenta alterações na sua composição química, redução da resistência mecânica, diminuição de massa, modificação da cor natural, aumento da permeabilidade, redução da capacidade acústica, aumento da inflamabilidade, diminuição do poder calorífico e maior propensão ao ataque de insetos, comprometendo, dessa forma, a sua qualidade e inviabilizando a sua utilização para fins tecnológicos (Brochini, 2019; Santos, 1992). Dentre os fungos responsáveis pela deterioração da madeira, destacam-se aqueles pertencentes ao filo Basidiomycota, no qual encontra-se os fungos responsáveis pelas podridões parda e branca, que possuem características enzimáticas relacionadas à decomposição de constituintes primários da madeira (Oliveira et al., 1986; Silva et al., 2014).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2004), a vida útil da madeira maciça ou reconstituída varia, dependendo da espécie, da quantidade de alburno presente, do seu uso e das condições ambientais às quais está exposta. Segundo Siqueira et al. (2020) a madeira de alburno e cerne apresentam diferenças em relação a durabilidade natural, devido às características químicas e anatômicas. Esta baixa resistência do alburno pode ser decorrência de sua maior permeabilidade e à presença de carboidratos armazenados, que são fatores favoráveis ao ataque por agentes xilófagos destacam que a resistência à biodeterioração aumenta a partir do câmbio para a região de transição entre cerne e alburno e diminui próxima à medula (Neto, 2017).

De acordo com Leonardo (2015) a resistência natural do cerne da teca deve-se a tectoquinona, um preservativo natural contido nas células da madeira. Motta et al. (2013) caracterizaram a madeira de teca com alta resistência à ação dos fungos apodrecedores e insetos, podendo ser enterrada, exposta ao tempo ou à água do mar sem sofrer grandes danos, elencando-a também entre as espécies preferidas para o reflorestamento, para a produção de madeira sólida e laminados. Sendo assim, para conferir resistência aos agentes xilófagos, os extrativos devem possuir propriedades antioxidantes e antifúngicas e, quando as madeiras não possuem extrativos com estas propriedades ou em níveis baixos, quando comparado com espécies que apresentam tais substâncias em maiores quantidades, essas são mais susceptíveis ao ataque de agentes xilófagos (Clausen, 2010; Lebow, 2010; Koch; Schmitt, 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Procedência e Amostragem da madeira

Neste trabalho foi avaliada a madeira de Teca (*Tectona grandis* Linn. F) proveniente de plantios comerciais da empresa Guavirá Florestal e Agroindustrial Ltda, localizados no município de Nova Maringá, Mato Grosso, Brasil (Latitude: 13° 1' 2" Sul, Longitude: 57° 4' 8" Oeste).

A unidade fisiográfica é denominada Complexo Xavantina, sistema de terra nº 31, de acordo com a classificação de Cochrane *et al.* (1985). A região dos plantios está localizada no bioma Cerrado, com clima caracterizado como tropical com estação seca (classificação climática de Köppen-Geiger: Aw), cujas médias anuais de temperatura e precipitação pluviométrica são 24°C e 1600 mm, respectivamente; a altitude varia de 450 a 500 metros e a classe de solo predominante na área estudada é Latossolo Vermelho Amarelo (Brasil, 1983).

Para o estudo foram tomadas aleatoriamente seis árvores de diâmetro médio por material estudado (Tabela 5), totalizando 24 árvores. A seleção foi realizada excluindo-se as árvores que não possuíam boa fitossanidade e aquelas localizadas nas bordas dos plantios, evitando o efeito de bordadura. Foram retirados discos de 5 cm de espessura na base de cada árvore, nos quais foram realizadas as análises.

Tabela 5 – Idade, origem, espaçamentos, altura total e diâmetro à altura do peito com casca da madeira de teca avaliada.

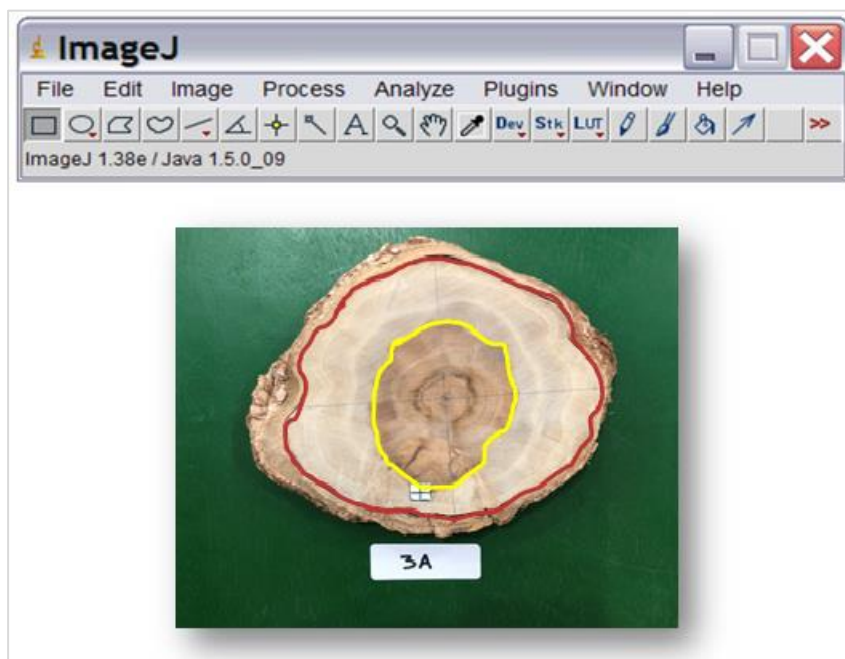
Idade (anos)	Origem	Espaçamento de plantio (m x m)	Altura média total (m)	DAPcc médio (cm)
5	Clone	3,5 x 3,5	11,40	12,86
10	Semente	3,5 x 3,5	17,12	23,08
15	Semente	3,0 x 3,0	20,65	26,22
20	Semente	3,0 x 3,0	20,42	26,35

Legenda: DAPcc = diâmetro à altura do peito com casca (1,3 m do solo).

4.2 Determinação do diâmetro e proporção de cerne da madeira de teca

Os discos da base de cada árvore foram polidos em lixadeira de cinta, com lixa grão 100. Após, estes foram fotografados e a diferenciação de casca, cerne e alburno foi

realizada pela diferença de cor, cujas áreas foram delimitadas e mensuradas por meio de um sistema de análise de imagens (ImageJ), com calibração de 1,0 cm (Figura 2).



Legenda: Linha vermelha: delimitação do alburno; Linha amarela: delimitação do cerne.

Figura 2 – Mensuração da área sem casca e do cerne dos discos através do *software* ImageJ

Através das imagens, os diâmetros médios sem casca e de cerne de cada disco foram mensurados. A porcentagem de cerne foi obtida pela razão da área de cerne pela área do disco sem casca, multiplicada por 100.

4.3 Composição química da madeira de teca

4.3.1. Composição química elementar e estrutural

Para a preparação do material para a caracterização química, os discos foram divididos em quatro partes, em forma de cunha, passando pela medula, sendo duas cunhas opostas seccionadas em filetes de madeira, obtendo-se uma amostra por árvore. Esses foram moídos em um moinho tipo Willey (Marconi, MA304) e a serragem obtida foi classificada, separando-se para as análises o material classificado entre as peneiras com malha de 40 *mesh* (0,40 mm) e que ficou retido na peneira com malha de 60 *mesh* (0,25 mm).

Para a análise elementar utilizou-se o equipamento CHNS (TruSpec Micro, Leco) e o procedimento laboratorial adotado seguiu as especificações do fabricante do equipamento. Os percentuais de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e enxofre (S) foram determinados no módulo *TruSpec CHNS Micro*. A porcentagem de oxigênio (O) foi determinada por meio da subtração de cem por cento do material, o somatório das porcentagens de carbono, hidrogênio, nitrogênio e cinzas.

O teor de extrativos totais foi determinado conforme metodologias descritas nas normas técnicas da *American Society for Testing and Materials* - ASTM D1105-96 (2013), ASTM, D1107-96 (2013) e ASTM D1110-84 (2013) por meio de extrações sucessivas em etanol-tolueno (1:2) e em etanol, em dispositivo Soxhlet e posteriormente em água quente, em banho-maria.

O teor de lignina insolúvel foi determinado pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1983). Do filtrado restante da análise da lignina Klason foi realizada a leitura em espectrofotômetro, para determinação da lignina solúvel em ácido, conforme Goldschmid (1971). O teor de lignina total foi obtido pela soma dos teores de lignina Klason e lignina solúvel e correção do teor de extrativos. O teor de cinzas foi determinado de acordo com D1102-84 (ASTM, 2013). O teor de holocelulose foi determinado pelo somatório dos teores de lignina total, extrativos totais e cinzas subtraídos de 100.

4.3.2 Análise quali e quantitativa dos extrativos

Foram selecionados os tratamentos de 5 e 20 anos de idade, visando comparar a composição dos extrativos da madeira de teca no primeiro desbaste, em estágio inicial de desenvolvimento da árvore, e no final do ciclo de rotação, respectivamente.

Uma amostra composta por tratamento foi preparada, utilizando-se, para tal, 17 gramas de serragem classificada entre as peneiras de 40 e 60 *mesh*, de cada uma das seis árvores, totalizando uma amostra de aproximadamente 100 gramas. Foi realizada a extração sucessiva nos reagentes – álcool:tolueno (1:2), álcool e água quente, conforme metodologia descrita acima. Posteriormente, os extratos obtidos para cada tratamento foram concentrados e misturados e destinados à análise cromatográfica.

Os extratos foram previamente diluídos em hexano (50 µL de amostra para 1 mL de hexano). A composição química foi obtida por análises qualitativas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). A análise de CG foi realizada em um equipamento da marca Shimadzu, modelo GC-2010 Plus, equipado com um

processador de dados. Utilizou-se uma coluna capilar RTX – 5 (30 m de comprimento × 0,250 mm de diâmetro interno x 0,25 µm de espessura). O programa de temperatura da coluna foi: 40°C a 240°C à 3,5°C.min⁻¹. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 250°C, o gás de arraste utilizado foi o hélio na pressão de 5,8 psi, em uma taxa de fluxo de entrada 3mL.min⁻¹ e de fluxo total 46,2 mL.min⁻¹. O volume injetado das amostras foi de 0,4 µL com um Split de 1:100. As análises no EM foram realizadas em um equipamento da marca Shimadzu, modelo GCMS – QP2010 Ultra, operando em 70eV, e a temperatura da fonte de íon será mantida em 200°C.

A identificação dos componentes foi realizada a partir da fragmentação das suas massas, por comparação dos espectros de massa dos componentes aos espectros das bibliotecas de referência Adams (2007) e Nist (1990), armazenados na base de dados do EM. Foram obtidos o tempo de retenção na coluna e a porcentagem de cada composto químico identificado.

4.4 Parâmetros colorimétricos da madeira de teca

Utilizou-se um espectrofotocolorímetro portátil (Konica Minivolta, CR-410) para mensuração dos parâmetros colorimétricos do sistema CIELab (*Comission International de L'Eclairage*). As medidas foram realizadas por contato direto da superfície da amostra de serragem com o aparelho, em temperatura ambiente. A abertura do sensor era de 5 mm, a fonte de luz (iluminante) C era composta por uma lâmpada de xenônio, observador padrão suplementar de 10° e área de iluminação igual a 53 mm de diâmetro.

Para coleta dos parâmetros colorimétricos da madeira, utilizou-se o material particulado *in natura*, classificado entre as peneiras de 40 e 60 *mesh*, disposto em uma placa de petri de vidro apoiada em fundo branco, a fim de evitar possíveis erros de leitura (Figura 3). As medidas foram realizadas por contato direto da superfície da amostra com o aparelho, em temperatura ambiente. Foram medidos os parâmetros colorimétricos luminosidade (L*), coordenada cromática verde-vermelho (matiz a*) e coordenada cromática azul-amarelo (matiz b*).

Os parâmetros saturação da cor (C*) e ângulo de tonalidade (h°) foram estimados, utilizando-se as Equações 1 e 2.

$$C * = \sqrt{(a *^2 + b *^2)} \quad (1)$$

$$h^* = \frac{180}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right), \text{ em graus } (^{\circ}) \quad (2)$$

Em que: a^* = coordenada cromática verde-vermelho; b^* = coordenada cromática azul-amarelo.

4.4.1 Influência dos extrativos nos parâmetros colorimétricos da madeira de teca

Após a determinação dos extrativos totais, os parâmetros colorimétricos foram medidos novamente, na madeira livre de extrativos, seguindo-se a mesma metodologia descrita acima. Para a determinação da variação dos parâmetros colorimétricos entre a madeira *in natura* e livre de extrativos, foram realizados os seguintes cálculos, conforme as equações a seguir, da norma técnica D2244 (ASTM, 2016):

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_0 \quad (3)$$

$$\Delta a^* = a^*_1 - a^*_0 \quad (4)$$

$$\Delta b^* = b^*_1 - b^*_0 \quad (5)$$

$$\Delta C^* = C^*_1 - C^*_0 \quad (6)$$

Em que: L^*_0 , a^*_0 , b^*_0 e C^*_0 referem-se aos parâmetros colorimétricos das madeiras com extrativos (*in natura*); e, L^*_1 , a^*_1 , b^*_1 e C^*_1 referem-se aos parâmetros colorimétricos das madeiras sem extrativos.

Para avaliação da diferença de tonalidade (ΔH^*), foi utilizada a Equação 7, de acordo com ASTM D2244 (2016):

$$\Delta H^* = s [2 (C^*_1 C^*_0 - a^*_1 a^*_0 - b^*_1 b^*_0)]^{0,5} \quad (7)$$

Em que: se $a^*_0 b^*_1 > a^*_1 b^*_0$, $s=1$ e se $a^*_0 b^*_1 < a^*_1 b^*_0$, $s= -1$.

Também foi calculada a variação total da cor (ΔE) entre a *madeira in natura* e livre de extrativos, conforme a norma D2244 (ASTM, 2016), a partir da Equação 8:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (8)$$

Os valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* foram inseridos no software *Color Converter* disponibilizado pela plataforma *NIX Color* (Nix Sensor, 2021). Após transformação em RGB, código que representa a intensidade relativa de vermelho (*Red*), verde (*Green*) e azul (*Blue*), foi construída uma figura representativa da cor da madeira *in natura* e livre de extrativos.

Para avaliar a variação total da cor, utilizou-se os critérios propostos por Hikita et al. (2001), em que a variação total da cor (ΔE) é classificada como não perceptível (0,0 a 0,5), ligeiramente perceptível (0,5 a 1,5), notável (1,5 a 3,0), apreciável (3,0 a 6,0) e muito apreciável (6,0 a 12,0).

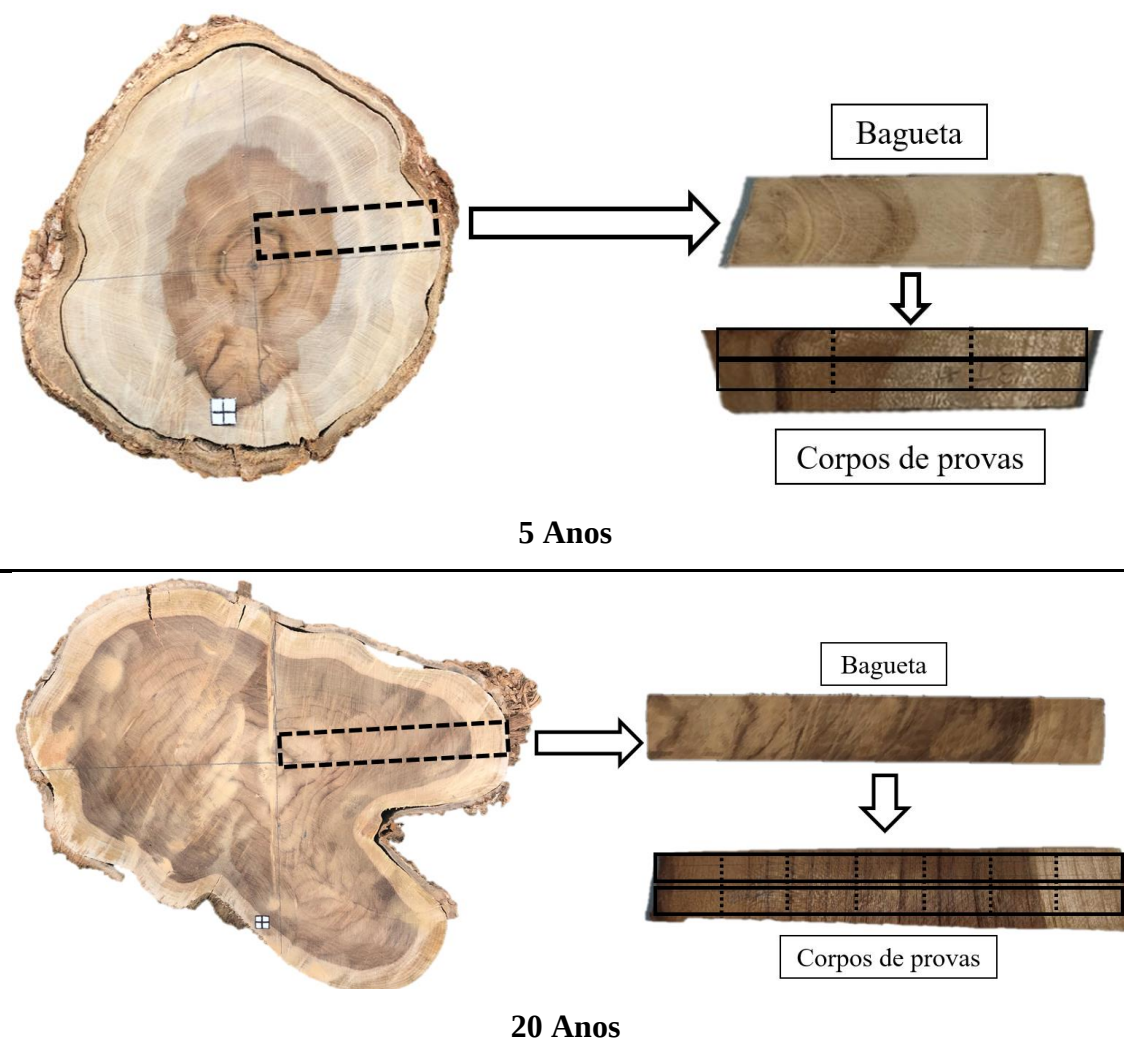
4.5 Biodeterioração da madeira de teca por fungo apodrecedor

O preparo do meio de cultura e do ensaio com o fungo de podridão branca seguiram as designações da ASTM D-1413 (2007). Para a estimativa da perda de massa resultante da ação fúngica, foi seguida a designação da ASTM D-2017 (2005). Para avaliação, foi definida a utilização de 3 árvores por tratamento, nas idades de 5 e 20 anos. Foram utilizados os mesmos tratamentos nos quais a análise qualitativa dos extrativos foi realizada.

Dos discos da base de cada uma das três árvores dos tratamentos de 5 e 20 anos, retirou-se uma bagueta central orientada no sentido radial, passando pela medula, de 2,5 cm de largura e 1,0 cm de espessura. Posteriormente, foi selecionado um único raio de cada bagueta e esse foi dividido tangencialmente, em partes de aproximadamente 2,5 cm, no sentido medula/casca, como pode ser observado na Figura 3.

Para o tratamento de 5 anos, obtiveram-se 6 amostras por árvore, sendo 3 para avaliação de 12 semanas e 3 para avaliação de 16 semanas, levando em consideração que o raio médio era de 8,0 cm. Já para o tratamento de 20 anos, cujo raio médio era de 18,0 cm, obtiveram-se 14 amostras por árvore, sendo 7 para 12 semanas e 7 para 16 semanas. Os corpos de provas foram dimensionadas em 2,5 x 2,5 x 1,0 cm (radial, tangencial e longitudinal). Como amostras controle, também foram confeccionados 15 corpos de prova com madeira susceptível (*Jacaranda copaia*), a fim de verificar a viabilidade do fungo.

Figura 3 – Preparo das amostras dos tratamentos de 5 e 20 anos



Posteriormente, os corpos de prova foram submetidos à secagem em estufa a $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ até atingir massa constante. Após, os corpos de prova foram acondicionados em sala climatizada (20°C e 65% de umidade relativa do ar), até atingirem a umidade de equilíbrio.

Foi utilizado o fungo xilófago *Trametes versicolor*, causador da podridão branca, o qual foi doado pelo Laboratório de Produtos Florestais – LPF do Serviço Florestal Brasileiro – SFB. O fungo era proveniente da cepa Mad 697 (*Culture Collectionat Center for Forest MycologyResearch– CFMR/USA*). A inoculação foi feita em placas de Petri e essas foram mantidas em incubadora, para o crescimento do micélio, durante 30 dias.

Foram utilizados frascos de 200ml com tampa rosqueável com areia esterilizada, em que, foi adicionada 20 mL de água destilada para ajustamento da umidade. Foi

também colocada uma placa suporte de madeira susceptível por frasco, *Jacaranda copaia*. Os frascos foram submetidos à esterilização em autoclave vertical, por uma hora, a 121°C, para eliminação de agentes contaminantes.

Após o crescimento, amostras de fungos foram introduzidas aos frascos, em cima das placas suporte, permanecendo em incubação até que o micélio cobrisse a superfície da madeira, de forma homogênea. Então, foram adicionados, os corpos de prova da madeira de teca nas idades de 5 e 20 anos. Os frascos foram mantidos em câmara climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar igual a $60 \pm 5\%$), avaliados durante 12 e 16 semanas.

Ao final do experimento, os corpos de prova foram limpos, retirando-se o excesso de material fúngico da superfície, e submetidos à secagem em estufa à $100 \pm 5^\circ\text{C}$ para obtenção da massa seca. A perda de massa foi calculada pela relação entre a variação da massa final e inicial. As classes de resistência foram determinadas de acordo com a classificação proposta pela norma técnica ASTM D-2017 (ASTM, 2005), conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos

Classe de Resistência da Madeira	Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)
Muito resistente	0 - 10	90 - 100
Resistente	11 - 24	76 - 89
Resistência moderada	25 - 44	56 - 75
Não-resistente	Maior ou igual a 45	Menor ou igual 55

4.6 Análise estatística

O delineamento utilizado para avaliação de diâmetro, cerne, composição química e parâmetros colorimétricos foi o inteiramente casualizado, constituído por quatro tratamentos – 5, 10, 15 e 20 anos – e seis repetições (árvores) por tratamento, totalizando-se 4 unidades amostrais.

Para análise de resistência biológica da madeira de teca, o delineamento utilizado também foi inteiramente casualizado, constituído pela avaliação de três posições radiais na idade de 5 anos e sete posições radiais na idade de 20 anos com três repetições (árvores), totalizando-se nove e 24 unidades amostrais, respectivamente.

Os dados obtidos foram analisados, sendo observadas a normalidade pelo teste de *Shapiro-Wilk* e homogeneidade de variância pelo teste de *Bartlett*, ambos avaliados a 5%

de significância. Os dados foram, então, submetidos à uma análise de variância (ANOVA) e quando obtidas diferenças significativas, as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Análises de correlação de Pearson foram realizadas a fim de determinar o efeito do teor de extrativos na variação da cor da madeira de teca. Para interpretação dos coeficientes de correlação de Pearson, utilizou-se os critérios propostos por Devore (2014), em que valores de 0,00 a 0,19 é considerado correlação desprezível, 0,20 a 0,39 correlação fraca, 0,40 a 0,69 correlação moderada, 0,70 a 0,89 correlação forte e 0,90 a 1,00 correlação muito forte.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variação do diâmetro e proporção de cerne da madeira de teca

Na Tabela 6 estão as imagens representativas dos discos da base e os valores médios do diâmetro sem casca e o diâmetro e porcentagem do cerne da madeira de teca.

Tabela 6 – Imagens representativas, valores médios e desvio padrão das variáveis dendrométricas mensuradas na base de árvores de teca em diferentes idades

Idade (anos)	Imagem	Ø sem casca (cm)	Ø cerne (cm)	Cerne (%)
5		14,51 (9,01) d	7,07 (17,66) c	21,35 (9,75) c
10		19,83 (4,94) c	14,14 (3,94) b	45,85 (2,29) b
15		24,90 (4,52) b	23,12 (6,31) a	62,10 (3,89) a
20		27,92 (3,57) a	24,34 (7,47) a	62,58 (2,47) a

Os valores entre parênteses são correspondentes ao desvio padrão e as letras minúsculas em cada coluna indicam diferenças significativas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

É possível visualizar a diferenciação entre as regiões de cerne e alborno pela alteração na cor em todos os tratamentos. Segundo Leonardo (2018), em cortes da secção transversal de árvores de teca uma série de zonas, um exterior de cor pálida - o alborno, e um núcleo interior de cor escura concentricamente situado - o cerne. Essa percepção se torna uma ferramenta importante para uma pré-avaliação da qualidade do material, analisando visualmente a proporção de cerne e alborno presente na madeira.

Uma característica a ser observada é circularidade dos discos da madeira de teca somente no tratamento de 5 anos, enquanto os tratamentos de 10, 15 e 20 anos apresentam um formato irregular. De acordo com Gaitan-Alvarez *et al.* (2019), a irregularidade na formação da base de teca tem relação com os mecanismos hormonais que controlam a formação da madeira ao longo de seu envelhecimento, que dá origem às sapopemas.

De acordo com a Tabela 6, há influência significativa da idade na proporção de cerne na madeira de teca, cujas maiores porcentagens de cerne são para os materiais com maiores idades. Esse aumento na proporção do cerne é notado principalmente entre o valor do diâmetro que duplicou nos discos de 5 para 10 anos, com uma diferença em termos percentuais de 24,5%, com o dobro do diâmetro para 10 anos. Segundo Pereira *et al.* (2013) o desenvolvimento do cerne das árvores acompanha o avanço da sua idade, ou seja, é esperado aumento da proporção do cerne ao longo do envelhecimento da árvore.

Flórez (2012) apontou que a formação do cerne na madeira de teca ocorre principalmente a partir dos 7 anos de idade, mas no presente trabalho observou-se que com cinco anos já há a formação de cerne na base das árvores. Moya *et al.* (2014) justificaram que a presença de cerne na árvore de teca começa quando o diâmetro varia entre 6 a 10 cm e como observado no trabalho, o diâmetro médio das árvores de 5 anos foi de 14,51 cm.

O diâmetro do cerne, bem como a porcentagem de cerne, não apresentou diferença significativa para os materiais de 15 e 20 anos e nessas idades foram observados os maiores valores médios de cerne. Moya *et al.* (2014) avaliando a relação cerne e alborno de teca em diferentes idades observaram que ocorre uma estabilização no crescimento de cerne a partir dos 14 anos. Segundo Sanquetta *et al.* (2014), uma das características que diferencia a madeira de teca de outras espécies florestais no mercado internacional é o crescimento exponencial do cerne na idade juvenil que é de fundamental importância quando é levado em consideração que o cerne é o produto visado pela indústria madeireira.

Os discos de 5 anos apresentaram um diâmetro médio inferior a 15 cm, enquanto os discos de 10, 15 e 20 anos apresentaram um diâmetro médio superior a esse valor. No Mato Grosso, a madeira de teca proveniente de desbaste com mais de 15 cm de diâmetro está sendo utilizada pela indústria madeireira para produção de madeira serrada, laminação e painéis lateralmente colados enquanto madeira em tora com diâmetro inferior a 15 cm é vendida como lenha, produto que agrega pouco valor à madeira (Pinto et al., 2017).

5.2 Composição química da madeira de teca

5.2.1 Composição química elementar e estrutural

Os resultados da composição elementar da madeira de teca (Tabela 7) estão dentro da faixa de valores encontrados na literatura. Segundo Rowell (2005), a composição elementar da madeira, em geral, é representada por cerca de 50% de carbono, 6% de hidrogênio e 44% de oxigênio, com pequenas variabilidades de acordo com as espécies.

Tabela 7 – Valores médios e desvio padrão da composição elementar da madeira de teca em diferentes idades avaliadas

Idade	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)	Enxofre (%)	Oxigênio (%)
5	51,13 ^(0,62) b	6,15 ^(0,24) a	0,11 ^(6,37) a	0,06 ^(2,94) a	44,04 ^(0,72) a
10	51,63 ^(0,73) b	6,10 ^(0,34) a	0,09 ^(15,84) ab	0,06 ^(1,49) a	43,22 ^(0,94) a
15	52,53 ^(0,10) ab	6,19 ^(0,27) a	0,05 ^(13,34) b	0,08 ^(9,87) a	42,22 ^(0,83) ab
20	53,86 ^(2,46) a	6,15 ^(2,03) a	0,05 ^(9,61) b	0,08 ^(4,87) a	41,25 ^(3,53) b

Os valores presentes entre parênteses são correspondentes ao desvio padrão e as letras minúsculas em cada coluna indicam diferenças significativas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Houve um aumento significativo na porcentagem de carbono com o avanço da idade e um decréscimo numérico nos valores de nitrogênio e oxigênio. Isso ocorre por conta do processo pelo qual as plantas absorvem dióxido de carbono (CO_2) do ar e fixam-no na biomassa, principalmente em forma de matéria lenhosa enquanto o nitrogênio é requerido principalmente nos estágios iniciais do crescimento da planta decrescendo ao longo do seu desenvolvimento (Oliveira et al., 2016, Soares et al., 2014).

Protásio *et al.* (2014) ao avaliarem quatro clones de eucalipto usado para energia verificaram influência da idade na composição da madeira sendo observada a diminuição dos teores de nitrogênio com o aumento da idade para todos os clones. Eloy (2015)

ao avaliar a composição elementar de quatro espécies arbóreas relatou o efeito significativo da idade na composição elementar, como por exemplo, o aumento do teor de carbono e a distribuição decrescente do teor de nitrogênio da madeira ao longo do envelhecimento da árvore.

Trugilho et al. (2010) observaram uma redução do teor de oxigênio da maior para a menor classe diamétrica da madeira de eucalipto. Como pode ser observado na Tabela 6, há um aumento do diâmetro com o avanço da idade para a madeira de teca. Esse comportamento pode ser justificado devido à inativação do mecanismo de transporte de seiva bruta nas camadas centrais da madeira ao longo de seu envelhecimento e levando em consideração a presença de oxigênio na condução de seiva justifica-se sua diminuição ao longo da maturação da madeira (Matos, 2020; Soares et al., 2015).

Com relação a composição estrutural e não estrutural foi observado que não há uma tendência clara na variação das propriedades químicas da madeira de teca com o aumento da idade das árvores (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores médios e desvio padrão dos teores de lignina total, holocelulose, extrativos totais e cinzas da madeira de teca em diferentes idades

Idade (anos)	Lignina Total (%)	Holocelulose (%)	Extrativos (%)	Cinzas (%)
5	30,13 ^(2,18) a	61,01 ^(1,07) a	7,39 ^(11,13) b	1,46 ^(9,63) a
10	32,69 ^(1,74) a	58,69 ^(2,96) ab	7,69 ^(9,15) b	0,92 ^(7,92) b
15	32,90 ^(6,55) a	56,46 ^(3,81) b	9,62 ^(12,76) a	1,01 ^(7,07) b
20	33,04 ^(5,28) a	57,97 ^(3,01) ab	7,65 ^(8,64) b	1,33 ^(10,90) ab

Os valores presentes entre parênteses são correspondentes ao desvio padrão e as letras minúsculas em cada coluna indicam diferenças significativas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

É possível observar que apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, houve um aumento nos valores médios de lignina total com o avanço da idade. Por outro lado, é possível observar que há uma diminuição significativa de holocelulose entre os tratamentos de 5 e 15 anos. Segundo Silva (2005), diversos autores confirmaram a diminuição sistemática do teor de holocelulose da madeira com o aumento da idade, havendo tendência de estabilização após certa idade da árvore. Em relação ao aumento do teor de lignina com a idade, esse pode estar relacionado com o aumento da porcentagem de carbono na madeira (Tabela 7), pois segundo Vital et al. (1989) a

porcentagem de lignina tem relação linear com a quantidade de carbono presente na madeira.

Para o teor de extrativos, não houve um padrão de alteração conforme aumento da idade da madeira. Esse fato era esperado, uma vez que a idade da madeira não influencia significativamente na concentração dos extrativos, mas depende de outros fatores como espécie, genética, fatores ambientais, tipo de manejo e técnicas silviculturais (Anda *et al.*, 2019; Batista, 2020; Mascarenhas *et al.*, 2021). Dos quatros tratamento avaliados, três não apresentaram diferença estatística nos teores de extrativos – 5, 10 e 20 anos. Segundo Brocco *et al.* (2017), o teor de extrativos presente no material é um importante indicador de durabilidade natural do madeira, porém a natureza desses compostos define a qualidade do material.

O material de 15 anos apresentou o maior teor de extrativos, se diferenciando significativamente dos demais. De acordo com a Tabela 6, a madeira de 15 anos apresentou porcentagem de cerne estatisticamente igual a de 20 anos ($p < 0,05$). Conforme Brocco (2014), a proporção de cerne influencia diretamente no aumento dos teores de extrativos da madeira de teca. A diferença estatística entre a madeira de 15 e 20 anos em relação ao teor de extrativos mesmo apresentando porcentagem de cerne estatisticamente iguais pode ter relação com uma maior atividade fisiológica dos indivíduos mais jovens e com isso uma maior produção de material a ser armazenado pela planta como reserva para sua proteção e crescimento (Mori *et al.*, 2010).

Mascarenhas *et al.* (2021) encontraram valor médio de 3,1% de extrativos na madeira teca de 20 anos, enquanto Flórez (2012) encontrou valor médio de 8,94% para madeira de teca de 13 anos. A proximidade do valor médio de extrativos do tratamento de 15 anos (9,62%) com o resultado do trabalho citado anteriormente (8,94%) pode estar relacionada com o tipo de amostragem realizada, sendo que ambas fizeram análise química em discos da base das árvores que é a região ao longo da árvore que apresenta maior proporção de cerne e consequentemente pode apresentar maiores teores de extrativos (Garcia *et al.*, 2016).

O teor de cinzas dos tratamentos variou entre 0,92 a 1,46%. Segundo Moulin (2015), o teor de cinzas das madeiras possui tendência de diminuir em árvores mais velhas, sendo essa característica encontrada nesse estudo, em que a madeira de 5 anos apresentou maior valor médio de cinzas quando comparada aos tratamentos de 15 e 20 anos. Segundo Soares *et al.* (2015), esse processo ocorre provavelmente em decorrência

da diminuição da atividade fisiológica da árvore com a idade, exigindo, portanto, menor presença de componentes minerais.

5.2.2 Análise quali e quantitativa dos extrativos

No total foram identificados 20 tipos de constituintes presentes nos extrativos da madeira de teca de 5 e 20 anos (Figura 4 e Tabela 9).

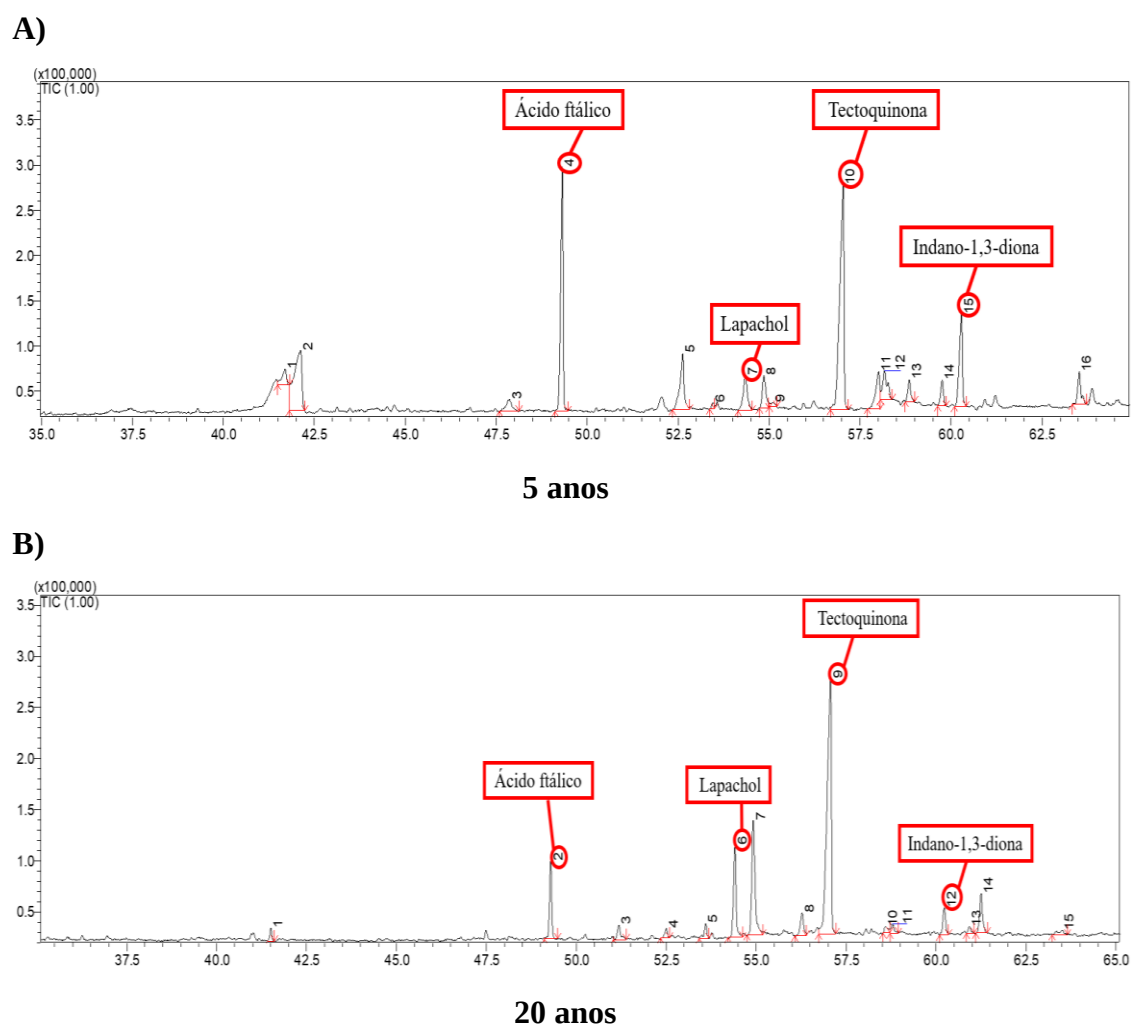


Figura 4 – Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas para caracterização e quantificação dos constituintes presentes nos extrativos de teca com (A) 5 e (B) 20 anos de idade com destaque para os constituintes com maiores porcentagem de conteúdo e similaridade.

Dez compostos foram identificados na madeira de ambas idades e cinco compostos foram específicos para cada idade, totalizando 15 constituintes identificados por tratamento (Tabela 9 e Figura 4). Dessa forma, observa-se que apesar de não haver

diferenças significativas entre a porcentagem de extrativos na madeira de teca de 5 e 20 anos (Tabela 8), a constituição química desses é diferente.

Tabela 9 – Constituição química dos extrativos totais presentes na madeira de teca de cinco e vinte anos

Categorias	T _R ^a	Constituintes ^b	Conteúdo GC - % ^c		% ^d
			5 anos	20 anos	
Lípides	41,56	Muurolol	1,91	1,12	91,5
	49,29	Ácido ftálico	17,60	7,18	97,5
	49,31	Ácido 4-etil-4-bifenilcarboxílico	-	2,14	73,0
	52,56	Ácido palmítico	6,53	1,07	89,0
Ácidos	53,59	Ácido benzenocarboximidico	-	1,78	59,0
	58,81	Ácido octadecanóico	1,72	1,23	92,5
	59,11	Ácido octadeca-9,12-dienóico	4,31	0,82	91,5
	58,17	Ácido oléico	3,83	-	91,0
	60,25	Indano-1,3-diona	8,46	3,20	86,5
	54,38	Lapachol	4,31	10,23	85,0
Quinonas	57,04	Tectoquinona	39,97	45,03	93,5
	58,59	1,4-hidroximetil antraquinona	-	1,09	80,0
	61,25	1-formil-antraquinona	-	4,89	79,0
	63,51	Crisofanol	3,03	1,14	84,0
Cetonas	47,86	2,3-hidroxifenil-indano-1,3-diona	2,01	-	85,0
	59,75	Antraceno-9,10-diona	2,02	-	89,0
Éster	53,46	Hexadecanoato de etila	0,44	-	89,0
Hidrocarboneto	54,88	Benzeno	3,37	15,85	75,5
Cromeno	56,27	3,4-dihidro-1-metil-3-oxo-4-oxa-fenantreno	-	3,23	83,0
Álcool	55,10	Octadeca-2,13-dien-1-ol	0,49	-	82,0

^a Tempo de Retenção; ^b Identificação por comparação dos espectros de massas das bibliotecas referência Adams (2007) e Nist (1990); ^c Porcentagem relativa dos constituintes; ^d Porcentagem de similaridade.

Os vinte componentes identificados foram classificados em 8 categorias: sete ácidos, cinco quinonas, duas cetonas e dois hidrocarbonetos e um tipo de lipídeo, éster, cromeno e álcool (Tabela 9). Para o extrato proveniente da madeira de 20 anos não foram identificados componentes químicos da categoria de éster e álcool e para o material de 5 anos não foi identificado componente na categoria cromeno.

Os constituintes que apresentaram a maior porcentagem relativa dos constituintes e similaridade foram: tectoquinona, ácido ftálico, lapachol e indano-1,3-diona. Esses componentes representaram cerca de 70,34% da composição dos extrativos da madeira de 5 anos e 65,64% da composição dos extrativos da madeira de 20 anos.

O grupo quinona apresentou a maior porcentagem relativa, dentre as categorias identificadas, principalmente devido à presença de tectoquinona, que apresentou a maior porcentagem entre os componentes detectados, 39,97% para madeira de 5 anos e 45,03% para madeira de 20 anos. Qiu et al. (2019) analisando a composição química de extrativos de teca de 18 anos verificaram que o grupo quinona é um dos principais componentes responsáveis pelo escurecimento da madeira, estando concentrado principalmente no cerne.

O lapachol, assim como a tectoquinona, é um composto químico do grupo quinona que foi detectado tanto na madeira de 5 anos quanto de 20 anos, em maior proporção nesta última idade. Segundo Nidavani & Mahalakshmi (2014), esse fato pode ser devido a esses constituintes químicos serem encontrados concentrados na região do cerne da madeira. Como observado na Tabela 6, a madeira de 5 anos possui 21,35% de cerne, enquanto a de 20 anos possui 62,58%. Lukmandaru (2009) avaliando madeiras de teca de 8, 31 e 51 anos correlacionaram o aumento do conteúdo dos componentes do grupo quinona com o aumento da idade da madeira, o que também pode ser observado no presente trabalho.

Segundo Moreira (2006) há questionamentos referentes a presença de tectoquinona na madeira de teca com idades inferiores a 10 anos, visto que é um componente responsável por garantir a durabilidade natural à madeira de teca. Pode-se conferir, na Tabela 9 e na Figura 4, que a tectoquinona foi o principal composto detectado por cromatografia para ambas as idades, demonstrando a capacidade da teca biossintetizar esse composto já com 5 anos de idade.

A categoria dos ácidos apresentou a maior variabilidade de constituintes, com destaque no ácido ftálico que apresentou a maior porcentagem relativa tanto na madeira de 5 anos (17,60%) quanto de 20 anos (7,18%). Segundo Huang et al. (2021) o ácido

ftálico é uma substância natural encontrada em diversos grupos taxonômicos (fungos, bactérias, plantas e até em alguns animais) e serve como agente aleloquímico aumentando a resistência biológica. A indano-1,3-diona é um tipo de ácido e foi detectado tanto na madeira de 5 anos (8,46%) quanto na madeira de 20 anos (3,20%). Segundo Souza (2016) esse constituinte possui propriedades antibacteriana e antifúngica contribuindo pra resistência biológica da madeira.

Anda et al. (2019) observaram nenhuma correlação clara entre a idade e a composição dos extrativos acumulada na região do cerne, verificando assim a presença abundante de tectoquinona, independentemente da idade. Essa característica acrescenta opção na exploração de madeiras mais jovens e resíduos de madeiras mais velhas, levando em consideração a composição química, principalmente a quantidade de naftoquinonas, que desempenham um papel importante da durabilidade da madeira (Thulasidas e Bhat, 2007).

5.3 Parâmetros colorimétricos da madeira de teca

5.3.1 Comparação dos parâmetros colorimétricos da madeira de teca em diferentes idades

Na Tabela 10 podem ser observados os parâmetros colorimétricos do sistema CIELab para madeira de teca nas diferentes idades avaliadas neste trabalho.

Tabela 10 – Valores médios e desvio padrão dos parâmetros colorimétricos do sistema CIELab da madeira de teca em diferentes idades

Idade	L*	a*	b*	C	h (°)
5	68,01 a (3,45)	4,74 c (6,26)	21,07 a (1,73)	21,60 a (1,48)	77,30 a (1,18)
10	60,51 b (1,80)	5,60 b (4,07)	18,79 b (4,01)	19,61 b (3,63)	73,38 b (1,31)
15	52,63 c (4,40)	5,74 b (5,71)	15,96 c (4,30)	16,97 c (3,92)	70,18 c (1,77)
20	50,32 c (2,67)	6,59 a (6,04)	15,72 c (6,21)	17,05 c (5,98)	67,23 d (1,34)

L (luminosidade); a* (coordenada cromática verde-vermelho); b* (coordenada cromática azul-amarelo); C (saturação); h* (ângulo de tonalidade). Os valores presentes entre parênteses são correspondentes ao desvio padrão e as letras minúsculas em cada coluna indicam diferenças significativas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A luminosidade (L^*) da madeira de teca variou de 50,32 a 68,01 e houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 10). Dentre as madeiras avaliadas, a madeira com 5 anos apresentou os maiores valores de L^* , ou seja, era a mais clara. A maior luminosidade nesse tratamento pode ser justificada pela menor proporção de cerne presente no material (Tabela 6). Brocco (2014) ao avaliar a luminosidade da madeira de teca observou que as amostras de cerne apresentavam uma luminosidade menor que a de alburno, o que também pode ser observado nas imagens da Tabela 6. Segundo Mehats et al. (2021) o grupo quinona tem grande influência na cor da madeira, mesmo que esteja presente em pequena quantidade. Essa influência é relacionada ao escurecimento da madeira, sendo um componente concentrado principalmente na região do cerne (Qiu et al., 2019).

De acordo com Camargos e González (2001), madeiras com luminosidade superior a 56 são consideradas claras, enquanto que as apresentam valores inferiores, são consideradas escuras. Logo, as madeiras provenientes das árvores com 5 anos e 10 anos foram consideradas claras por apresentarem valor de L superior a 56, enquanto que as de 15 e 20 anos são consideradas escuras ($L < 56$).

Thulasidas *et al.* (2006) ao avaliarem indivíduos seminais de teca com 35 anos em 3 regiões da Índia encontraram valores iguais a 52,3, 54 e 56,4 para o parâmetro L^* , valores esses próximos aos encontrados neste trabalho para madeira de teca de 15 anos. Cabe ressaltar também que a madeira de 20 anos apresentou coloração mais escura, quando comparada à madeira de idades superiores, provenientes da região de ocorrência natural. A diferença entre os valores pode estar relacionada a região geográfica - referente ao solo e clima, em que a teca está localizada, tornando assim um fator importante a ser considerado levando em consideração as exigências do mercado em relação a escala mais escura para as madeiras de teca, na qual se inclui as madeiras de maiores idades (Costa *et al.*, 2021; Gomes, 2004; Gonzalez, 1993).

Conforme mostrado na Tabela 10, os valores da coordenada cromática verde-vermelho (a^*) variaram de 4,74 a 6,59 e da coordenada cromática azul-amarelo (b^*) variaram de 15,48 a 21,07, ou seja, há presença de pigmentação vermelha e predominância de pigmentos amarelo nas madeiras avaliadas. Derkyi *et al.* (2009) avaliando a variação de cor em madeira de teca em diferentes zonas ecológicas do território de Gana também observaram predomínio para pigmentação amarela com valores que variaram para a coordenada b^* de 21,40 a 25,16 enquanto para a coordenada a^* , os valores variaram de 10,23 a 12,04.

Observa-se o aumento da pigmentação vermelha com aumento da idade, acompanhando o aumento do percentual de cerne (Tabela 6 e 10). Garcia et al. (2016) estudando parâmetros colorimétricos de madeira de teca em diferentes espaçamentos observou que o aumento da proporção do cerne influenciou diretamente no escurecimento e na maior pigmentação de vermelha no material. Gierlinger et al. (2004) também observaram que as madeiras de teca com mais pigmento vermelho (a^*) apresentam maior resistência à podridão, apresentando assim, a colorimetria como potencial para ser utilizada como indicador de qualidade e durabilidade da madeira.

A pigmentação amarela diminuiu com o aumento da idade. Fato esse pode estar relacionado com a menor representatividade do alburno com o avanço da idade (Tabela 8), sendo que nessa região da madeira de teca apresenta cor amarelo esbranquiçado (Souza, 2019).

Os valores médios da saturação (C) variaram de 16,97 a 21,60 e do ângulo de tonalidade (h), de 67,23 a 77,30. Foi possível observar uma tendência em que há uma diminuição da saturação com o aumento da idade das madeiras e um afastamento em relação ao ângulo de 90°, referente à predominância da tonalidade amarela no material. Camargos (2001) avaliando 350 espécies florestais observou uma grande correlação entre a coordenada b^{*+} (amarelo) com a saturação (C) da madeira.

Um fator que justifica a correlação da coordenada b^* com a saturação é justamente por essa coordenada ser representada por dois aspectos de cores puras (amarelo e azul) enquanto a coordenada a^* possui um aspecto de cor pura (vermelho), ou seja, a coordenada b^* apresenta um maior grau de pureza (Minolta, 2013). Contudo, como o ângulo de tonalidade (h) das madeiras avaliadas estava entre 45 a 90°, isso indica que os materiais possuem uma tonalidade com predominância amarela tanto para as madeiras mais jovens (5 anos) quanto para as mais velhas (20 anos).

5.3.2 Influência dos extrativos nos parâmetros colorimétricos da madeira de teca

A luminosidade (L^*) da madeira aumentou significativamente em três tratamentos – 10, 15 e 20 anos (Figura 6) ao comparar-se a madeira *in natura* e livre de extrativos, demonstrando assim o efeito significativo dos extrativos nesse parâmetro. Silva et al. (2019) justificaram esse resultado relatando que o principal fator que influencia na variação colorimétrica da madeira é a quantidade de compostos químicos presente no material – na qual se inclui os extrativos.

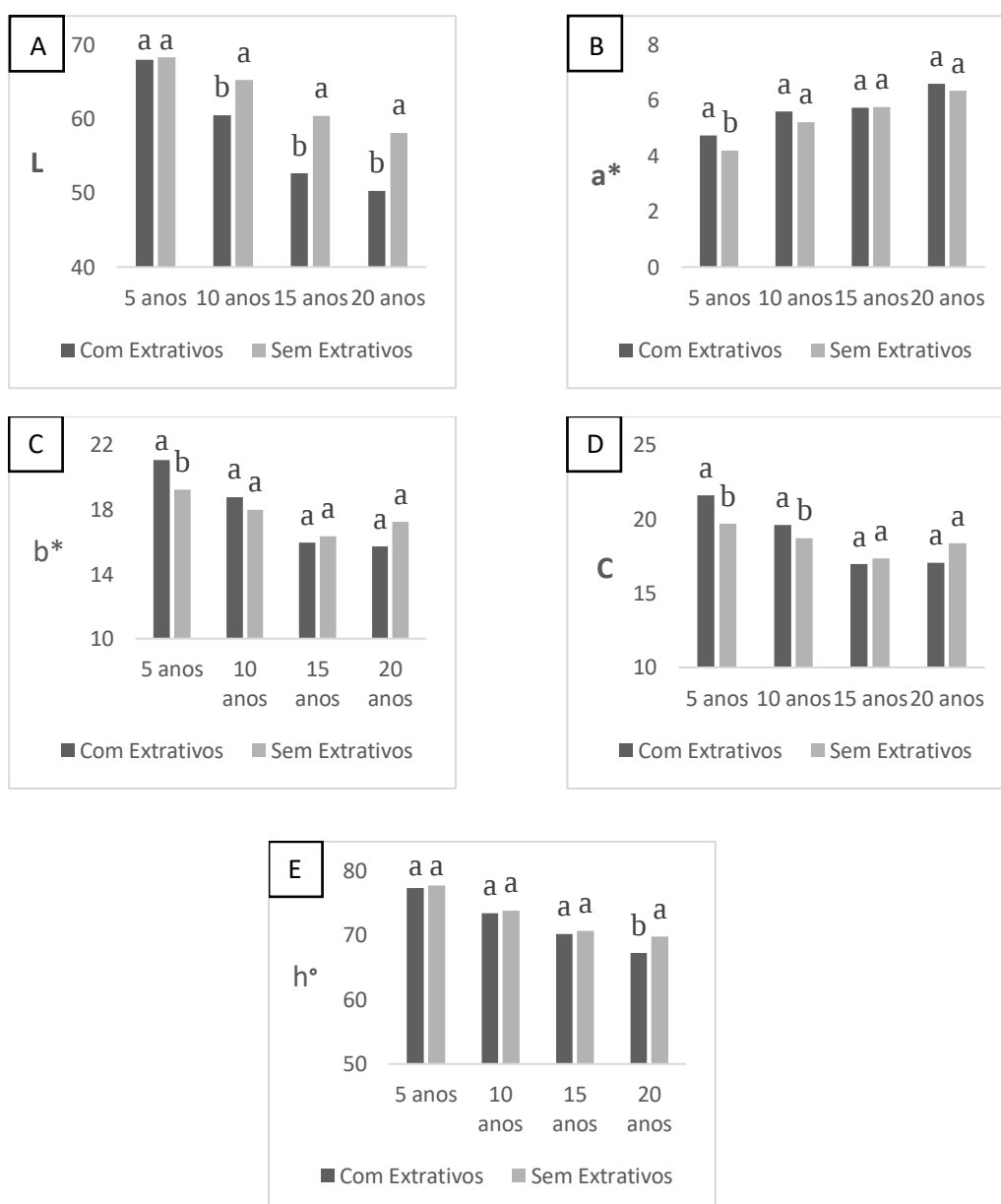


Figura 6 – Comparação entre os parâmetros colorimétricos na madeira de teca de diferentes idades *in natura* e sem extrativos, sendo: (A) L (luminosidade), (B) a* (coordenada cromática verde-vermelho), (C) b* (coordenada cromática azul-amarelo), (D) C (saturação) e (E) h° (ângulo de tonalidade). Letras minúsculas, dentro de cada tratamento (idade), indicam diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,05$).

Segundo Lopes *et al.* (2014) o processo de extração realizado em água quente e etanol absoluto pode ocasionar escurecimento das amostras, ou seja, redução da coordenada L*. Porém, neste trabalho observou-se um aumento significativo na luminosidade ($+\Delta L$) com valores que aumentaram, em média, 9,69% após remoção dos extrativos da madeira. Griebeler (2013) explica esse fenômeno descrevendo que

processos térmicos inferiores a 150°C podem conferir um aumento na luminosidade das amostras.

A retirada de extrativos promoveu diminuição significativa no valor médio do parâmetro colorimétrico a^* para a madeira de 5 anos, sendo verificada uma variação de 11,60% após remoção dos extrativos e Δa igual a -0,54, ou seja, houve uma diminuição de pigmentos vermelhos para esse tratamento. Já para as outras idades, a retirada dos extrativos não influenciou significativamente tal parâmetro colorimétrico.

A ausência de extrativos também promoveu variação significativa do valor médio do parâmetro colorimétrico b^* para a madeira de 5 anos, sendo verificada uma variação de 8,73% após remoção dos extrativos e Δb igual a -1,8. Essa variação demonstra que a remoção de extrativos causou uma diminuição significativa na pigmentação amarela na madeira de teca de 5 anos. Contudo, nas madeiras mais velhas (15 e 20 anos), houve um aumento na pigmentação amarela, ainda que não significativo, como pode ser observado na Figura 6.

Com a retirada de extrativos, houve a diminuição significativa no valor médio de C para madeira de 5 e 10 anos, sendo verificada uma variação média de 5,82% após remoção dos extrativos, ou seja, ocorreu uma diminuição da saturação da cor nas respectivas idades. Para as outras idades avaliadas (15 anos e 20 anos) pode-se observar um aumento não significativo da saturação, com a retirada dos extrativos.

Foi verificado aumento significativo do valor médio de h para o tratamento de 20 anos, sendo verificada uma variação média de 1,36% após remoção dos extrativos entre os tratamentos. Foi observado que mesmo com o processo de retirada dos extrativos, o ângulo tonalidade das madeiras de teca se manteve entre 45° e 90°, fato esse que demonstra a predominância da pigmentação amarela na madeira. A representação visual da variação de cor da madeira de teca em diferentes idades com extrativos e sem extrativos e sua variação de cor está representada na Tabela 11.

Tabela 11 – Representação visual da cor da madeira de teca de diferentes idades antes e após retirada dos extrativos e classificação da variação de cor

Idade (anos)	Representação da Cor		Variação de Cor (ΔE)	Classificação
	<i>In natura</i>	Sem Extrativos		
5			2,32 ^(9,99) c	Notável
10			4,71 ^(8,05) b	Apreciável
15			7,17 ^(14,52) a	Muito Appreciável
20			8,20 ^(9,50) a	Muito Appreciável

Como pode-se observar na Tabela 11, houve variação total da cor (ΔE) da madeira de teca em todas as idades avaliadas, após a remoção dos extrativos, sendo as variações classificadas de notável (5 anos), apreciável (10 anos) e muito apreciável (15 e 20 anos). Ou seja, a presença de extrativos está relacionada diretamente com a cor da madeira de teca. A maior variação de cor nos tratamentos de 15 e 20 anos pode estar relacionada à proporção de cerne presente nesses tratamentos. E como já discutido, o aumento da proporção de cerne influencia diretamente na cor do material, principalmente na luminosidade (Brocco, 2014).

Em relação ao teor de extrativos totais e a variação dos parâmetros colorimétricos na madeira *in natura* e sem extrativos (Δ), observou-se correlação moderada entre o teor de extrativos e ΔL , Δa e ΔE , cujos valores da correlação de Pearson foram iguais a 0,56, 0,54 e 0,55 respectivamente. Isso indica que na madeira de teca, independentemente da idade, a variação da luminosidade e dos pigmentos vermelhos estão relacionados com o teor de extrativos, e também, quanto maior teor de extrativos, maior a variação total da cor (ΔE). Na Tabela 12 está apresentada a correlação de Pearson entre os parâmetros colorimétricos com as propriedades da madeira de teca.

Tabela 12 – Correlação de Pearson entre as propriedades da madeira de teca e os parâmetros colorimétricos do sistema CIELab, independentemente da idade

Parâmetros	Ø Sem Casca	Ø Cerne	Cerne (%)	Lignina (%)	Extrativos (%)	Cinzas (%)	Holocelulose (%)
L	-0,96	-0,94	-0,83	-0,86	-0,50	0,29	0,86
a*	0,85	0,85	0,77	0,79	0,15	-0,18	-0,63
b *	-0,94	-0,92	-0,81	-0,84	-0,55	0,32	0,87
C	-0,92	-0,90	-0,80	-0,83	-0,59	0,34	0,88
h°	-0,94	-0,93	-0,82	-0,84	-0,35	0,20	0,78

Foi verificado correlação moderada e inversamente proporcional com os parâmetros L, b* e C, ou seja, madeiras com maior teor de extrativos eram mais escuras, com menos pigmento amarelo e menos saturadas. Garcia e Marimonio (2016) verificaram correlações significativas entre o teor de extrativos e os parâmetros L e a*, em que as madeiras mais escuras (menor L*) apresentam mais pigmento vermelho e mais extrativos. A correlação positiva entre a variação de cor com os extrativos demonstra a influência visual exercida pelos teores de extrativos na percepção do material. Esse comportamento influencia diretamente na valorização da madeira em função das exigências estéticas do mercado (Mori et al., 2004).

Em geral, foram encontradas correlações moderadas e fortes entre os parâmetros colorimétricos e os diâmetros sem casca e de cerne e porcentagem de cerne. Isso indica que quanto maiores essas características da tora, mais escura a madeira, maior o conteúdo de pigmentos vermelhos, menor de pigmentos amarelos e menor saturação. Essa relação pode ser exemplificada com o comportamento dos tratamentos de 5 e 20 anos, onde a madeira de 20 anos que apresenta o maior diâmetro sem casca e de cerne possui menor luminosidade, maior conteúdo de pigmentos vermelhos e diminuição da pigmentação amarela e também uma menor saturação (Tabela 6 e 10).

Já com as características químicas, destacam-se as correlações moderadas a fortes dos parâmetros colorimétricos com o teor de lignina total. Maiores teores de lignina estão correlacionados a madeiras mais escuras, com maior conteúdo de pigmentos vermelhos e menor de pigmentos amarelos, menor saturação e menor ângulo tonal. A lignina relaciona-se com a coloração devido aos efeitos ocasionados pelas radiações ultravioleta que conduz as formações radicais aromáticos fenoxil, que ainda reagem com o oxigênio da madeira disposta após seu desdobro (Mori et al., 2005; Pandey, 2005).

O teor de holoceluloses, como é inversamente proporcional ao teor de lignina, apresentou correlações opostas entre essa propriedade e os parâmetros colorimétricos. Isso pode ocorrer devido a lignina ser extremamente sensível à radiação UV, formando assim, compostos que são lixiviados pela água, deixando a madeira mais áspera e esbranquiçada, causando um aumento na proporcionalidade de celulose existente na madeira comparativamente à lignina e hemicelulose, logo, o aumento da luminosidade (HON, 2001). Já o teor de cinzas não se correlacionou significativamente com os parâmetros colorimétricos, como já era esperado.

5.3 Deterioração da madeira de teca em ensaio de apodrecimento acelerado

A perda de massa da madeira de teca em função do apodrecimento acelerado com fungo *Trametes versicolor* variou em relação à idade e à posição radial, após 12 e 16 semanas de ensaio (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores médios e desvio padrão da perda de massa ao longo do raio, no sentido medula-casca, da madeira de teca com 5 e 20 anos, submetida a 12 e 16 semanas de ensaio de apodrecimento acelerado com *Trametes versicolor*

Posição no Raio (cm)	Idade			
	5 anos		20 anos	
	12 Semanas	16 Semanas	12 Semanas	16 Semanas
0 – 2,5	12,83 ^(6,11) a	22,28 ^(2,27) a	7,32 ^(2,10) a	11,15 ^(1,12) a
2,5 – 5,0	10,18 ^(2,51) a	23,99 ^(2,36) a	6,42 ^(4,21) ab	8,74 ^(0,97) ab
5,0 – 7,5	12,55 ^(3,64) a	19,35 ^(2,65) a	3,38 ^(1,58) ab	3,00 ^(2,62) c
7,5 – 10,0	-	-	1,36 ^(1,04) b	4,61 ^(0,74) bc
10,0 – 12,5	-	-	1,74 ^(0,90) b	2,10 ^(0,62) c
12,5 – 15,0	-	-	1,24 ^(0,52) b	2,54 ^(0,38) c
15,0 – 17,5	-	-	7,55 ^(0,87) a	11,31 ^(0,24) a
Valores Médios	11,85 ^(3,98) B	21,87 ^(2,34) A	4,14 ^(2,59) C	6,20 ^(0,73) C
	Resistente*		Muito resistente*	

Os valores presentes entre parênteses são correspondentes ao desvio padrão, as letras minúsculas em cada coluna indicam diferenças significativas, em cada idade, ao longo do raio pelo teste Tukey ($p < 0,05$) e as letras maiúsculas, na linha, indicam diferenças significativas, entre as idades pelo teste F. * Classe de resistência de acordo com ASTM D 2017.

A madeira que apresentou maior resistência natural foi a de 20 anos com uma perda de massa média de 4,14% para 12 semanas e 6,20% para 16 semanas, sendo classificada como “muito resistente” enquanto a madeira de 5 anos apresentou uma perda de massa de 11,85% para 12 semanas e 21,87%, sendo classificada como “resistente”. Já em relação à testemunha (*Jacaranda copaia*), essa apresentou uma perda de massa média de 43,54% após 12 semanas e 42,30% após 16 semanas, sendo classificado como resistência moderada.

Brochini (2019) ao avaliar biodeterioração de madeira de teca de 20 anos submetida à ação do fungo *Trametes versicolor* durante 60 dias verificou uma perda de massa média de 5,19% para o cerne e 8,55% para o alburno. Brocco et al. (2017) também verificou uma baixa perda de massa (8,88%) para teca de 20 anos para o mesmo fungo durante 12 semanas, classificando a madeira como “muito resistente”. Oliveira et al. (2019) avaliando a resistência biológica da região de alburno e de cerne de madeira de teca de 6 anos classificou o alburno como “moderadamente resistente” (40,8%) enquanto o cerne foi classificado como “resistente” (18,9%).

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho referentes à qualificação do extrativos (Tabela 9), foi verificada a presença de componentes químicos responsáveis pelo aumento da durabilidade da madeira de teca tanto para madeira de 5 anos quanto para madeira de 20 anos. O componente que apresenta essa característica é a tectoquinona (Leonardo, 2015) que pode justificar o tratamento mais jovem de 5 anos já ser classificado como uma madeira “resistente”. Ressalta-se, porém, que o conteúdo de tectoquinona na madeira de 20 anos é superior, assim como sua resistência à deterioração pelo fungo *Trametes versicolor*.

Outro fator a ser considerado relacionado ao tipo de extrativo presente nos tratamentos é a presença superior lapachol na madeira de 20 anos em relação ao de 5 anos. Breger et al. (2007) identificaram o lapachol como sendo um agente antifúngico que apesar de seu mecanismo de ação não está ainda claramente definido (Moura et al., 2001), este possui a capacidade de induzir estresse oxidativo, através da formação intracelular de reativas de oxigênio (Kumagai e Shimojo, 2002).

Foi verificada variação na perda de massa em relação à direção medula-casca apenas na madeira de 20 anos, que apresentou uma baixa perda de massa (1,24% a 1,74%) na região intermediária do raio entre 7,5 a 15 cm. Bhat et al. (2005) ao avaliarem durabilidade da madeira de teca contra fungo de podridão branca (*T. versicolor*) de

árvores com 35 anos de idade, verificaram que a resistência natural depende da forma que o fungo interage com a posição da madeira no tronco (medula, cerne, alburno).

Na região correspondente ao alburno (15,0 – 17,5 cm) da madeira de 20 anos a perda de massa não diferenciou estatisticamente da região próxima a medula (0 – 2,5 cm). Segundo Motta (2013) essa menor durabilidade na região da medula pode ser explicada pela perda de eficiência dos extrativos ao longo do tempo em relação a região da madeira, formando madeira mais susceptível ao ataque de organismos xilófagos ou pela quantidade de extrativos existentes, uma vez que a parede celular da madeira mais jovem (primeiros anos de crescimento) é menos espessa que da madeira adulta. Segundo Paes et al. (2006) o teor de extrativos de teca que ficam concentrados na região do cerne propicia uma durabilidade maior nessa região da madeira em comparação com o alburno.

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que:

- O aumento na proporção do cerne na base da madeira de teca é notado principalmente entre os 5 e 10 anos do material;
- Não há efeito significativo da idade nas propriedades químicas estruturais da madeira de teca;
- Foram identificados componentes quinonas na constituição dos extrativos da madeira de teca que contribuem para durabilidade natural tanto para teca de 5 quanto para 20 anos.
- As madeiras com a maior proporção de cerne apresentaram maior pigmentação vermelha; a pigmentação amarela diminui de forma crescente com a idade das árvores; em relação à saturação, as madeiras são consideradas opacas; e há predominância na tonalidade amarela da cor das amostras;
- Os extrativos da madeira de teca influenciam a luminosidade da madeira a partir de 10 anos.
- A resistência natural a madeira de 5 anos é resistente e a madeira de 20 anos muito resistente à ação de fungos apodrecedores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. Preservação de madeira. In: **Fórum Nacional das Atividades de Base Florestal**, 2004. Artigo Técnico n.17, 4p.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. **Allured publishing corporation Carol Stream**, Vol. 456, p. 544-545. 2007.

AGUINALDO, Alicia M. et al. Tectograndone, an anthraquinone-naphthoquinone pigment from the leaves of *Tectona grandis*. **Phytochemistry**, v. 33, n. 4, p. 933-935, 1993.

ALBUÊS, T. A. S. QUALIDADE DE *Tectona grandis* L.f. PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA CUIABÁ, MT. **Dissertação**, p. 61. Cuiabá MT, 2020.

AMUSANT, Nadine et al. Decay resistance in *Dicorynia guianensis* Amsh.: analysis of inter-tree and intra-tree variability and relations with wood colour. **Annals of forest science**, v. 61, n. 4, p. 373-380, 2004.

ANDA, R. R.; KOCH, G.; RICHTER, H. G.; TALAVERA, F. J. F. *et al.* Formation of heartwood, chemical composition of extractives and natural durability of plantation-grown teak wood from Mexico. **Holzforschung**, 73, n. 6, p. 547-557, Jun 2019. doi:10.1515/hf-2018-0109.

ARAÚJO, H. J. B. d. Caracterização do material madeira. **Educação ambiental: o desenvolvimento sustentável na economia globalizada**. p. 31-44. Ituiutaba, MG: Barlavento, 2020.

ASTM D-1413. **Standard method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures**. D 1413-76. In: Annual book of ASTM standards, vol. 4.09 Wood, Philadelphia, PA; 1988. p. 239–45.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. ASTM D1105-96: **Standard Test Method for Preparation of Extractive-Free Wood**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2p. 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D-2017. **Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods**. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v.0410, p.5, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. ASTM D1107-96: **Standard Test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2013. 2p

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM. D1102-84: **Standard Test Method for Ash in Wood**. Philadelphia, 8p., 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. ASTM D1110-84: **Standard Test Methods for Water Solubility of Wood**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2013. 2p.

AMERICAN SOCIETY TESTING MATERIALS, ASTM. ASTM D2244: **Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2016.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, ASTM. **Standard Test Methods** D 1105-96; D1107-96; D1110-96; D2395-93. Vol. 04.10 on Wood. Annual Book of ASTM Standards. ASTM, West Conshohocken, PA. 676. ASTM, 1999.

AVELINO, Elaine Ferreira. Avaliação da madeira de teca jovem (*Tectona grandis* L. f.) visando uso em movelaria. 2012. 88 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais)** - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2012.

BATISTA, F. G. Resistência natural de madeiras de cinco espécies do bioma Caatinga em ensaio de campo. **Dissertação**. p.77 Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2020.

BENEDETTI, V. Caracterização da madeira de teca plantada em diferentes idades e regiões para produção de piso. **Dissertação**. p. 108. Universidade de São Paulo. 2018

BHAT, Kanthila Mahabala; FLORENCE, EJ Maria. Natural decay resistance of juvenile teak wood grown in high input plantations. **Holzforschung**. p.57:253–255 2003.

BHAT, K.M. et al. Wood durability of home-garden teak against brown-rot and white-rot fungi. Springer-Verlag. **Trees – Struct Func**, v.19, p.654-660, 2005

BHAT, K. M. et al. Wood durability of home-garden teak against brown-rot and white-rot fungi. **Trees**, v. 19, n. 6, p. 654-660, 2005.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAM**. Levantamento de recursos naturais: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: [s.n.], v.32. 775p. 1983.

BREGER, Julia et al. Antifungal chemical compounds identified using a *C. elegans* pathogenicity assay. **PLoS pathogens**, v. 3, n. 2, p. e18, 2007.

BROCCO, V. F. Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras. **Dissertação**, p. 87, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. 2014.

BROCCO, V. F.; PAES, J. B.; DA COSTA, L. G.; BRAZOLIN, S. et al. Potential of teak heartwood extracts as a natural wood preservative. **Journal of Cleaner Production**. 142, p. 2093-2099, 2017

BROCHINI, G. G.; Biodeterioração de madeira de teca (*Tectona grandis* L.) submetida ao ataque de fungos lignocelulolíticos. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)**. Universidade Federal do Paraná – p.115. UFPR. 2019

BUCHANAN, M. Extraneous components of wood: the chemistry of wood. : R. Krieger **The chemistry of developing wood**. New York , 1981.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Revista Científica do Laboratório de Produtos Florestais – LPF**. UnB – Brasília, DF. 2001.

CANAL, W. D.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. d. C. O.; VIDAURRE, G. B. *et al.* Effect Of Age On Heartwood/Sapwood Relationship, Extractive Content, And Permeability Of Teak Wood. **Revista Floresta**, v.50, n. 4, p. 1698-1706, 2020.

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; DE CASTRO SILVA, J.; CARVALHO, A. M. M. L. J. R. C. d. M. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 5, n. 2, p. 10-12953/2177-6830. v05n02a08, 2014.

CLAUSEN, C. A. Biodeterioration of Wood. In: Wood handbook: wood as an engineering material. 100 ed. **Madison**: USDA/FS/FPL, 2010, p.312-327

COCHRANE, T.; SANZHEZ, L.; AZEVEDO, L. d.; PORRAS, J. *et al.* Land in Tropical America la Tierra en America Tropical. CIAT/Planaltina: **EMBRAPA-CPAC**, 1985. 8489206392.

COSTA, A. C. S.; PEREIRA, B. L. C.; DE ALMEIDA SILVA, M. F.; LENGOWSKI, E. C. *et al.*. Caracterização colorimétrica de pisos de madeiras tropicais amazônicas. **Advances in Forestry Science**. v.8, n. 3, p. 1511-1518, 2021.

COSTA, M. de A. *et al.* Characterization of wood decay by rot fungi using colorimetry and infrared spectroscopy. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 567-577, 2011.

DAMAYANTI, R.; OZARSKA, B.; ILIC, J.; PARI, G. *et al.* Variation of heartwood proportion and wood colour from fast grown 5-year-old teak. **Wood Research Journal**. v.11, n. 1, 2020.

DE MESQUITA, R. R. S.; GONÇALEZ, J. C.; DE PAULA, M. H. Comportamento da madeira de *Tectona grandis* frente ao intemperismo. **Floresta**, 47, n. 1, 2017. doi:10.5380/rf.v47i1.38562.

DE SOUZA, J. B.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; COUTINHO, P. W. R. *et al.* The national forestry scenario *Tectona grandis* its economic prospects. **Brazilian Journal of Development**. v.7, n. 6, p. 60486-60506, 2021.

DELGADO, Luiz Gustavo Martinelli; GOMES, Josébio Esteves; ARAUJO, Handrey Borges. Análise do sistema de produção de teca (*Tectona grandis* Lf) no Brasil. **Rev científica eletrônica Eng Florest**, v. 11, p. 1-6, 2008.

DERKYI, N. S. A.; BAILLERES, H.; CHAIX, G.; THEVENON, M. F. *et al.* Colour variation in teak (*Tectona grandis*) wood from plantations across the ecological zones of Ghana. **Ghana J. Forestry**. v.25, p. 40, 2009.

DEVORE, J. L.; CORDEIRO, M. T. A. Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências. **Cengage Learning Edições Ltda.**, 2014. 8522116733.

ELOY, E. Produção e qualidade da biomassa de florestas energéticas no norte do Rio Grande do Sul. **PhD thesis**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2015.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. E SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, out./dez. 2005.

FLÓREZ, J. Technologic characteristics of young wood of *Tectona grandis* Lf. **Dissertação**, p. 85. UFLA. 2012.

FRANÇA, G.; MENDOZA, Z.; BORGES, P.; MATA, V. *et al.* Parâmetros Colorimétricos No Sistema CieLab Para Madeiras De Florestas Naturais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 30, 2019..

GAFF, M.; KACIK, F.; GASPARIK, M.; TODARO, L. *et al.* The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. **Construction and Building Materials**, 200, p. 551-558, Mar 2019. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.12.106.

GAITAN-ALVAREZ, J.; MOYA, R.; BERROCAL, A. The use of X-ray densitometry to evaluate the wood density profile of *Tectona grandis* trees growing in fast-growth plantations. **Dendrochronologia**, v.55, p. 71-79, Jun 2019. doi:10.1016/j.dendro.2019.04.004.

GARCIA; MARINONIO. Variação da cor da madeira de Teca em função da densidade e do teor de extrativos. **Floresta e Ambiente**, 23, n. 1, p. 124-134, 2016. doi:10.1590/2179-8087.035313.

GARCIA, É. A.; GUERRA, S. P. S.; EUFRATE JUNIOR, H. d. J.; SANSÍGOLO, C. A. *et al.* Análise química da madeira com casca em sistemas florestais de curta rotação. **Revista Árvore**, 40, n. 1, p. 163-171, 2016. doi:10.1590/0100-67622016000100018.

GARCIA, R. A.; DE OLIVEIRA LOPES, J.; DO NASCIMENTO, A. M.; DE FIGUEIREDO LATORRACA, J. V. Color stability of weathered heat-treated teak wood. **Maderas. Ciencia y tecnología**, n. ahead, p. 0-0, 2014. doi:10.4067/s0718-221x2014005000037.

GIERLINGER, N.; JACQUES, D.; GRABNER, M.; WIMMER, R. *et al.* Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. **Trees**, v. 18, n. 1, p. 102-108, 2004.

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. (Eds.) Lignins: Occurrence, formation, structure and reactions. New York: **WileyInterscience**, p.241-266. 1971.

GOMES, L. L., R.; MOURÃO, A. Manual de Lutheria: curso básico. **Manaus - UNICEF**, 2004.

GOMES, R. M.; GOUVÊA, A. d. F. G.; LINO, A. G.; KRAVETZ, C. *et al.* Avaliação dos constituintes químicos da madeira aplicando diferentes métodos de remoção de extrativos. **Engenharia Florestal: Desafios, Limites e Potencialidade**. 2020. doi: 10.37885/200801109

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. J. O. p. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O papel**. v.47, n. 8, p. 36-38, 1986.

GONÇALEZ, J. C. Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la foret amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques. Nancy: Ministere de l'Agriculture et de la Pêche,. **Thèse de Doctorat**. 446 p. il. 1993.

GOH, D.; CHAIX, G.; BAILLERES, H.; MONTEUUIS, O. J. B. e. F. d. T. Mass production and quality control of teak clones for tropical plantations: **The Yayasan Sabah Group and Forestry Department of Cirad Joint Project as a case study**. 293, p. 65-77, 2007.

GLOBALWOOD - Globaldood-International Log & Sawnwood Prices, 16-31th, January. **Industry News & Markets**. 94p. 2013.

GRIEBELER, C. G. d. O. Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden modificada termicamente. **Dissertação**. UFPR. 2013.

GULLICHSEN, Johan; PAULAPURO, Hannu; STENIUS, Per. Forest products chemistry. **Paper Making Science and Technology**. Book, v. 3, 2000.

HON, D.N.S. Weathering and photochemistry of wood. In: HON, D.N.S.; SHIRAISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 928p. 2001.

HUANG, L. et al. Phthalic acid esters: natural sources and biological activities. **Toxins**, v. 13, n. 7, p. 495, 2021.

IBA. Industria Brasileira de Ávores. **Relatório IBÁ**, p.85. 2019.

JANIN, G.; GONÇALEZ, J. C.; ANANÍAS, R. A.; CHARRIER, B. *et al.* Aesthetics appreciation of wood colour and patterns by colorimetry. Part 1. Colorimetry theory for the CIELab system.. **Maderas: Ciencia y Tecnologia**. p. 3–13. 2001.

KIRKER, G. T. et al. The role of extractives in naturally durable wood species. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 82, p. 53-58, 2013.

KOLLERT, Walter et al. The global teak study. Analysis, evaluation and future potential of teak resources. **IUFRO World Series**, v. 36, 2017.

KOLLERT, Walter et al. Global teak trade in the aftermath of Myanmar's log export ban. **Planted Forests and Trees Working Paper**, v. 49, n. 49, p. 20, 2015.

LACRET, Rodney et al. Anthractone and naphthotectone, two quinones from bioactive extracts of *Tectona grandis*. **Journal of chemical ecology**, v. 37, n. 12, p. 1341-1348, 2011.

LANGE, Kevin; LEE, Ethan. Konica Minolta Sensing Americas, Inc.: Evaluating the latest technological displays using progressive Display Color Analyzer CA-410. In: **SPIE Exhibition Product Demonstrations**. SPIE, p. 1171614. 2021.

LEÃO, A. C. et al. Implementação de sistema de gerenciamento de cores para imagens digitais. **Web e multimídia: desafios e soluções**. Poços de Caldas: PUC-Minas, 2005.

LEITE, H. G. et al. Um modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v. 30, p. 89-98, 2006.

LEITE, H. G. et al. Taper models of heartwood of *Tectona grandis* L.f. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 89, 2011.

LEMOES, J. A. D. S.; MENDES, M. C. D. S.; MADI, J. P. S.; PEREIRA, B. L. C. *et al.* Influência do método de propagação na produção e qualidade da madeira de *Tectona grandis*. **Advances in Forestry Science**, 6, n. 3, 2019. doi:10.34062/afs.v6i3.8183.

LEONARDO, F. V. d. S. Fatores ambientais e silviculturais na qualidade dos povoamentos e da madeira de teca. **Dissertação**, p. 91. UFMT - Cuiabá, 2018.

LOPES, J. d. O.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. d. F.; NASCIMENTO, A. M. d. Alteração da cor da madeira de teca por tratamento térmico. **Floresta e Ambiente**, 21, n. 4, p. 521-534, 2014. doi:10.1590/2179-8087.013612.

KEOGH, R. M. et al. Teak 2000: a consortium support model for greatly increasing the contribution of quality tropical hardwood plantations to sustainable development. **Forestry and Land Use Series**, v. 9. p.32. 1996.

KOCH, G.; SCHMITT, U. Topochemical and electron microscopic analyses on the lignification of individual cell wall layers during wood formation and secondary changes. In: FROMM, J. (Ed.). Cellular aspects of wood formation. Berlin: **Springer-Verlag**, 2013, p. 41-70.

KUMAGAI, Yoshito; SHIMOJO, Nobuhiro. Possible mechanisms for induction of oxidative stress and suppression of systemic nitric oxide production caused by exposure to environmental chemicals. **Environmental health and preventive medicine**, v. 7, n. 4, p. 141-150, 2002.

LUKMANDARU, G. Chemical Characteristics of Teak Wood Attacked by *Neotermes tectonae*. **BioResources**, p. 2094-2102, 2015. doi:2094-2102.

LUKMANDARU, G. TAKAHASHI, K. Radial distribution of quinones in plantation teak (*Tectona grandis* Lf). **Annals of Forest Science**, v. 66, n. 6, p. 605-605, 2009.

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

MANGUEIRA, Edjane dos Santos et al. Extração de celulose e fracionamento da parede celular vegetal do *cocos nucifera* L. **Monografia**. p.75. UFCG. 2014.

MASCARENHAS, Adriano Reis Prazeres et al. Quality assessment of teak (*Tectona grandis*) wood from trees grown in a multi-stratified agroforestry system established in an Amazon rainforest area. **Holzforschung**, v. 75, n. 5, p. 409-418, 2021.

MATOS, Fábio Santos. Folha seca: introdução à fisiologia vegetal. **Editora Appris**, 2020.

MEDEIROS, R.A. Potencial produtivo, manejo e experimentação em povoamentos de *Tectona grandis* L.f. no Estado de Mato Grosso. 182p. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

MEHATS, Jérémy et al. Homogenization of Maritime Pine Wood Color by Alkaline Hydrogen Peroxide Treatment. **Coatings**, v. 11, n. 7, p. 839, 2021.

MICCO, V. de; BALZANO, A.; WHEELER, E. A.; BAAS, P. Tyloses and gums: a review of structure, function and occurrence of vessel occlusions. **IAWA Journal**, v.37, n.2, p.186 – 205, 2016

MIDGLEY, S.; SOMAIYA, R.T.; STEVENS, P.R.; BROWN, A.; KIEN, N.D.; LAITY, R. Planted teak: global production and markets, with reference to Solomon Islands. **Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research**, p.92, 2015.

MINOLTA, K. **Sensing Americas**. 2013. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>

MIRANDA, Isabel; SOUSA, Vicelina; PEREIRA, Helena. Wood properties of teak (*Tectona grandis*) from a mature unmanaged stand in East Timor. **Journal of wood science**, v. 57, n. 3, p. 171-178, 2011.

MOREIRA, R. Y. O. et al. Antraquinonas e naftoquinonas do caule de um espécime de reflorestamento de *Tectona grandis* (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 392-396, 2006.

MORI, C. L. S. d. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F. et al. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**. v.11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MORI, C. L. S. d. O. et al. Influência da idade e altitude nas características anatômicas, químicas e de densidade básica da madeira de candeia-*Eremanthus erythropappus*. **Floresta**, v. 40, n. 4, 2010.

MORI, C. L. S. O. et al. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, p. 123-132, 2004.

MOTA, A. R. Avaliação da Qualidade Madeira de *Dipteryx Odorata* (Aubl.) Willd Proveniente de Plantio (embrapa da Amazônia Ocidental). **XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA–CNPq/FAPEAM**, 2011.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, R. C.; DAMBROZ, G. B. V. Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência**

Rural, Santa Maria, RS, v. 43, n. 8, p. 1393-1398, 2013. DOI: 10.1590/S0103-84782013005000097

MOULIN, J. C.; ARANTES, M. D. C.; VIDAURRE, G. B.; PAES, J. B. *et al.* Efeito Do Espaçamento, Da Idade E Da Irrigação Nos Componentes Químicos Da Madeira De Eucalipto. **Revista Árvore**, 39, n. 1, p. 199-208, 2015. doi:10.1590/0100-67622015000100019.

MOURA, K. C. G, et al. Trypanocidal activity of isolated naphthoquinones from *Tabebuia* and some heterocyclic derivatives: a review from an interdisciplinary study. **Journal of the brazilian chemical society**, v. 12, p. 325-338, 2001.

MOYA, R.; BERROCAL, A. J. A. o. F. S. Wood colour variation in sapwood and heartwood of young trees of *Tectona grandis* and its relationship with plantation characteristics, site, and decay resistance. **Annals of Forest Science**, v. 67, n. 1, p. 109, 2010.

MOYA, R.; BOND, B.; QUESADA, H. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. **Wood Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 411-433, 2014.

MOYA, R.; MARÍN, J. D. J. N. F. Grouping of *Tectona grandis* (Lf) clones using wood color and stiffness. **New Forests**, v. 42, n. 3, p. 329-345, 2011.

MOYA, R.; PÉREZ, D. Processing and marketing of teakwood products from fast-grown teak plantations in Costa Rica. In: **Proceedings of Regional Workshop Products and Marketing of Teak Wood Products of Planted Forest**. India: KFRI, p. 24-32. 2007.

MURILLO, O.; WRIGHT, J.; MONTEUUIS, O.; MONTENEGRO, F. Mejoramiento genético de la teca en América Latina. **Aspectos técnicos de las inversiones de teca en América Latina**, p.26-28 2013.

NETO, P. N. DE M. Agentes Xilófagos. **Tese**. p.125. Jerônimo Monteiro – ES. 2017.

NIDAVANI, R. B.; MAHALAKSHMI, A. M. Teak (*Tectona Grandis*Linn.): renowned timber plant with potential medicinal values. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, Academic Sciences, India, v. 6, n.1, p. 48-54 , 2014.

NIST. 05 Spectral Library. **NIST Mass Spectrometry**, 1990.

OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.) **Manual de Preservação de Madeiras**. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. v.1. São Paulo, 1986.

OLIVEIRA, J. R. V. d. Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca. **Tese**. Universidade Federal de Viçosa. p.90 2003.

OLIVEIRA, J. T. d. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. J. R. Á. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, p. 115-127, 2005.

LEBOW, S. T. Wood preservation. In: Wood handbook: wood as an engineering material. 100 ed. **Madison**: USDA/FS/FPL, 2010, p.312-327

LOPES, J. O. et al. Uniformização Da Cor Da Madeira Jovem De Teca Pela Termorreificação. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 561-568, 2014.

OLIVEIRA, L.; PEREIRA, B.; OLIVEIRA, A.; AMORIM DE SOUSA PINTO, A. *et al.* Propriedades Da Madeira De Teca Clonal E Seminal Provenientes De Primeiro Desbaste. **III CBCTEM** . Florianópolis. p.8 2017.

OLIVEIRA, M.; RIL, F. L.; PERETTI, C.; CAPELLESSO, E. S.; SAUSEN, T. L.; BUDKE, J. C. Biomassa e estoques de carbono em diferentes sistemas florestais no Sul do Brasil. **Perspectiva**. v. 40, n. 149, p. 09-20, 2016.

OLIVEIRA, W. C.; PEREIRA, B. L. C.; GOES, L. S. D.; QUINTILHAN, M. T.; OLIVEIRA, A. C.; MORA, R. Deterioration of Teak Wood in Accelerated Decay Test. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, 2019. doi:10.1590/2179-8087.036017.

PAES, J. B.; DOS SANTOS, L. L.; DA SILVA, L. F.; MOTTA, J. P. *et al.* Caracterização tecnológica da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis*) visando à produção de móveis. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 437-442, 2015.

PELISSARI, A.; GUIMARÃES, P.; BEHLING, A.; EBLING, Â. A. J. A. A. Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 01, 2014.

PENDLETON, R. L.; NICKERSON, D. J. S. S. Soil colors and special Munsell soil color charts. **Soil Science**, v. 71, n. 1, p. 35-44, 1951.

PELISSARI, Allan Libanio et al. ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS E ESTOQUE DE CARBONO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO SOB PLANTIO DE *Eucalyptus urograndis*. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 24-28, 2013.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. d. C. O. *et al.* Correlations among the heart/sapwood ratio of eucalyptus wood, yield and charcoal properties. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.

PINCELLI, S. M.; MOURA, A. L. P. D.; BRITO, L. F.; OTÁVIO, J. Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* woods. **Maderas. Ciencia y tecnología**, 14, n. 2, p. 239-248, 2012.

PINTO, A. A. d. S.; CORRADI, B. L.; DE OLIVEIRA, A. C.; QUINTILHAN, M. T. *et al.* Properties Of Wood *Tectona Grandis* And Its Preservation For Use How Wooden Constructions. **II Congreso Latinoamericano de estructuras de madeira**, p.10, 2017.

PINTO, M. d. L. Propriedades e características da madeira de teca (*Tectona grandis*) em função da idade. **UFSC**, Florianópolis - SC, p.137. 2007.

PROTÁSIO, T. d. P.; NEVES, T. A.; REIS, A. A. d.; TRUGILHO, P. F. J. C. F. Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp visando à produção de bioenergia. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 465-477, 2014.

QIU, Hongyun; LIU, Ru; LONG, Ling. Analysis of chemical composition of extractives by acetone and the chromatic aberration of teak (*Tectona Grandis* LF) from China. **Molecules**, v. 24, n. 10, p. 1989, 2019.

QUEIROZ, F. L. C.; GONÇALEZ, J. C.; DEL MENEZZI, C. H.; RIBEIRO, E. S. *et al.* Intemperismo artificial em lâminas de *Tectona grandis* tratadas com produtos de acabamento. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 573-581, 2016.

RABELO, L. K. L.; BAUMANN, S. R. T.; MAESTRI, M. P.; DE AQUINO, M. G. C. *et al.* Análise Da Viabilidade Econômica De Um Plantio De Teca (*Tectona Grandis*) Na Fazenda Confraria Do Campo, Em Santarém-Novo, Pará. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 2, p. 91-104, 2020.

RAIYANI, D. Economics, market and price: plantation teak. **Presentation to International Teak Conference**, Bangkok,. Olam International. 2013

RAYMOND, C. A., , Tree breeding issues for solid wood production. **IUFRO Conference on “The future of eucalypts for solid wood products”, Launceston, Australia** p.265-270. 2000.

RIZANTI, D. E.; DARMAWAN, W.; GEORGE, B.; MERLIN, A. *et al.* Comparison of teak wood properties according to forest management: short versus long rotation. **Annals of forest science**, v. 75, n. 2, p. 1-12, 2018.

ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. CRC press, 2005. 0429209002.

SANQUETTA, M.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P.; MOGNON, F. *et al.* Incremento diamétrico e percentuais de cerne e de casca em povoamentos de *Tectona grandis* LF no Sudeste do Pará. **Enciclopedia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

SANTOS, I. D. 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. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, p.57 2008.

SANTOS, Z. M. Avaliação da durabilidade natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill: Maiden em ensaios de laboratório. 75 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

SARTO, C.; SANSIGOLO, C. A. J. A. S. T. Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. **Acta Scientiarum**. Technology, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2010.

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. **Revista Cerne**, Lavras, v.09, n.01, p.056-0,65, 2003.

SILVA, E. J. d.; CREMONEZ, V. G.; NISGOSKI, S. Color change and thermogravimetric analysis of thermally treated *Eucalyptus grandis* wood. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, 10, n. 1, p. 39-47, 2019. doi:10.12953/2177-6830/rcm.v10n1p39-47.

SILVA, José de Castro et al. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 29, p. 455-460, 2005.

SILVA LEONARDO, F. V. et al. Compostos químicos em teca. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 315-322, 2015.

SIQUEIRA, R. G.; et al.; Resistência Natural Da Madeira De Teca Ao Ataque Do Cupim *Cornitermes bequaerti* Emerson, 1952:.. In: Robson José de Oliveira. (Org.). **Engenharia Florestal em Foco: desafios, limites e potencialidades**. 1ed.Guarujá: Editora Científica, v. 1, p. 759-778. 2020.

SILVERIO, F. O. Caracterização de extrativos de madeira de eucalyptus e depósitos de pitch envolvidos na fabricação de celulose e papel. 180p, **Tese de Doutorado**, UFMG, 2008.

SJÖSTRÖM, E.; ALÉN, R. Analytical methods in wood chemistry, pulping, and papermaking. **Springer Science & Business Media**, 1998. 354063102X.

SNIF. Sistema Nacional de Informação Florestal. **Brasília**, 2015.

SOARES, Vássia Carvalho et al. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. **Cerne**, v. 21, p. 191-197, 2015.

SOUZA, A. M., Síntese de 2-arilideno indan-1, 3-dionas e avaliação das atividades antiviral, citotóxica e leishmanicida. **Dissertação (Mestrado em Agroquímica)** -189p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

SOUZA, J. B. et al. O cenário nacional da silvicultura da *Tectona grandis* e suas perspectivas econômicas The national forestry scenario *Tectona grandis* its economic prospects. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 60486-60506, 2021.

SOUZA, R. S. Propriedades tecnológicas de *Tectona grandis* proveniente de sítios distintos. 147 f., il. **Tese (Doutorado em Ciências Florestais)** - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

STANGERLIN, Diego Martins. Monitoramento de propriedades de madeiras da amazônia submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. 2012. xxi, 259 f., il. **Tese (Doutorado em Ciências Florestais)** —Universidade de Brasília, Brasília, 2012

STANZIOLA, R. J. A. I. Colorimetry and the Calculation of Color Difference, Part II. **American Inkmaker**, v. 72, n. 1, p. 25-33, 1994.

SUSIN, F. Caracterização e secagem da madeira de 12 espécies amazônicas. **Tese**. 127p. Universidade Federal de Santa Maria. 2018.

THULASIDAS, P.; BHAT, K.; OKUYAMA, T. J. J. o. T. F. S. Heartwood colour variation in home garden teak (*Tectona grandis*) from wet and dry localities of Kerala, India. **Journal of Tropical Forest Science**, p. 51-54, 2006.

THULASIDAS, P.; BHAT, K. J. H. a. R.-u. W. Chemical extractive compounds determining the brown-rot decay resistance of teak wood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 65, n. 2, p. 121-124, 2007.

TSUKAMOTO FILHO, A. d. A.; SILVA, M. L. d.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. J. R. Â. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Árvore**, 27, p. 487-494, 2003.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. et al. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 487- 494, 2003.

TTMR. Tropical Timber Market Report. **Tropical Timber Market (TTM)** 28p. 2022.

UGALDE ARIAS, L. A. TEAK: New Trends in Silviculture, Commercialization and Wood Utilization. (Ed.) **Cartago, C.R : International Forestry and Agroforestry**, p. 568, 2013.

VALVERDE, Y. B. Clonagem de *Tectona grandis* Linn f. por estaquia e miniestaquia. **Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal; Meio Ambiente e Conservação da Natureza; Silvicultura; Tecnologia e Utilização de)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 97p. 2014.

WANDER, P. R. Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativas de energias renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. 106 p. **Tese (Doutorado)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2001.

VITAL, BENEDITO ROCHA et al. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, v. 41, n. 42, p. 44-9, 1989.

WASTOWSKI, A. D. **Química da Madeira**. 1 ed. ed. 2018. 978-85-7193-407-8.

WEBB, Derek B. et al. Guide to Species selection for tropical and sub-tropical plantations. Unit of Tropical Silviculture, **Commonwealth Forestry Institute**, University of Oxford, Oxford, GB, 263p. 1984.

WYMAN, C. et al. Hydrolysis of Cellulose and Hemicellulose. **Polysaccharides: Structural diversity and functional versatility**, v. 1, p. 1023-1062, 2005

ZAQUE, L. A. M. Madeiras do estado de Mato Grosso: identificação, comercialização e utilização. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais)** - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Cuiabá, 135p. 2018.