



ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS EXTRATIVOS DE *Tectona grandis* L.f. PROVENIENTE DE TRÊS SÍTIOS DISTINTOS

VANESSA DOS SANTOS XAVIER

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS EXTRATIVOS DE *Tectona grandis* L.f. PROVENIENTE DE TRÊS SÍTIOS DISTINTOS

Vanessa dos Santos Xavier

Trabalho final de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenharia Florestal.

Orientador: M. Sc. Marcelo Fontana da Silveira
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa

Brasília – DF, fevereiro de 2020



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS EXTRATIVOS DE *Tectona grandis* L.f. PROVENIENTE DE TRÊS SÍTIOS DISTINTOS

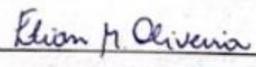
Vanessa dos Santos Xavier

Menção: SS

Aprovado por:



Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa
Coorientador



M. Sc. Elian Meneses Oliveira
Membro da banca



M. Sc. Marcelo Fontana da Silveira
Orientador

Brasília – DF, fevereiro de 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço

Primeiramente a Deus, pela graça alcançada com a realização e conclusão desse trabalho científico.

Aos meus pais, Simone e Valdete, por todo o apoio nessa fase da minha vida, e ao meu irmão, Ricardo, pelo companheirismo e pelas dicas de redação enquanto eu passava meus dias dissertando esse trabalho. Obrigada por me incentivarem a ir sempre além!

Ao meu namorado, Gustavo, por ter me auxiliado a tomar as melhores decisões e pela disposição em me ajudar no que fosse preciso. Obrigada por me mostrar que sou capaz e por me fazer acreditar em mim mesma.

À Universidade de Brasília, ao Departamento de Engenharia Florestal e aos professores que, de alguma forma, me ajudaram ao longo da graduação.

De modo especial, ao meu coorientador prof. Dr. Alexandre Florian da Costa, por ter acreditado em mim e ter me dado a oportunidade de realizar esse trabalho.

Ao Serviço Florestal Brasileiro (SFB), por conceder o uso do Laboratório de Produtos Florestais (LPF) e, principalmente, aos servidores que tornaram esse trabalho possível: no setor de Biodegradação, Sofya, e no setor de Química, Dr. Alessandro e Déborah. Também ao João, do setor de Engenharia, à Lucélia, do setor de Energia e à dona Helena. Meus sinceros agradecimentos pela paciência e ensinamentos.

Sobretudo, ao meu orientador, Marcelo Fontana da Silveira, por ter aceitado esse desafio e por ter me ajudado tanto na execução desse trabalho quanto na escrita do mesmo. Você é sinistro!

Aos amigos que tive o prazer de conhecer durante essa graduação, em especial: Isabella, Maria Eduarda, Leonardo, Andreza, Josi e Greici. Obrigada pelos momentos incríveis e por terem feito parte da pessoa que me tornei, e também pelas conversas compartilhadas e boas risadas. Sem vocês esses cinco anos não teriam sido os mesmos.

À todos que de alguma forma fizeram parte desse trabalho, direta ou indiretamente, meu muito obrigada!

RESUMO

Atividade antifúngica dos extrativos de *Tectona grandis* L.f. proveniente de três sítios distintos.

A madeira de *Tectona grandis* (teca) é amplamente utilizada comercialmente devido às suas propriedades, incluindo a sua alta durabilidade natural. Este trabalho avaliou o potencial antifúngico dos extrativos da madeira de *T. grandis* de três sítios distintos para dois fungos apodrecedores: *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. A madeira foi coletada nos sítios localizados em Cáceres, Alta Floresta e Nossa Senhora do Livramento, no estado do Mato Grosso. O extrativo foi retirado utilizando-se o método de maceração com etanol, tendo sido o processo repetido por três vezes e posteriormente feita a quantificação do mesmo. O potencial de inibição foi avaliado por meio de testes de inibição por difusão em placas de Petri com extrato em concentração máxima de extrativos. O rendimento total obtido em três extrações foi similar para os três sítios (em torno de 4%). O potencial de inibição do extrato de teca dos três sítios foi estatisticamente significativo para os dois fungos, sendo o sítio de Cáceres o que apresentou relativamente maior eficácia. Não foram encontradas diferenças significativas entre os sítios.

Palavras-chave: Teca, maceração, fungos apodrecedores, potencial de inibição, teste de difusão.

ABSTRACT

Antifungal activity of *Tectona grandis* L.f. extractives from three different sites.

Tectona grandis (teak) wood is widely used commercially due to its properties, including its high natural durability. This work aimed to evaluate the antifungal potential of *T. grandis* wood extracts from three different sites against two decaying fungi: *Trametes versicolor* and *Gloeophyllum trabeum*. The wood was collected at sites located in Cáceres, Alta Floresta and Nossa Senhora do Livramento, in Mato Grosso state. The extract was removed using the ethanol maceration method, the process was repeated three times and the quantification was subsequently made. The inhibition potential was evaluated through of diffusion inhibition tests in Petri dishes with extract in maximum concentration of extractives. The total yield obtained in three extractions was similar for the three sites (around 4%). The inhibition potential of the teak extract from the three sites was statistically significant for the two fungi, with the Cáceres site being the one with the greatest efficiency. No significant differences were found between sites.

Keywords: Teak, maceration, wood decaying fungi, inhibition potential, diffusion test.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo geral	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. HIPÓTESE	12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1. <i>Tectona grandis</i> Linn. f. (Teca)	12
4.2. Durabilidade natural e influência dos extrativos em <i>Tectona grandis</i>	14
4.3. Fungos apodrecedores	15
4.3.1. <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	16
4.3.2. <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murrill	16
4.4. Análise química e processos de remoção dos extrativos da madeira	16
4.5. Potencial dos extrativos no tratamento preservativo de madeiras	19
4.6. Influência do sítio nas propriedades da madeira.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1. Material utilizado	21
5.1.1. Procedência	21
5.1.1.1. Sítio I – Cáceres	21
5.1.1.2. Sítio II – Alta Floresta	22
5.1.1.3. Sítio III – Nossa Senhora do Livramento	22
5.1.2. Amostragem das árvores e desdobro do material.....	23
5.1.3. Preparo do material.....	23
5.2. Determinação do teor de umidade	24
5.3. Processo de extração	24
5.4. Avaliação da atividade antifúngica dos extratos de Teca.....	26
5.4.1. Preparação das placas de Petri.....	26
5.4.2. Análise do efeito inibidor dos extratos de Teca	29
5.4.3. Análise estatística	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6.1. Rendimento do processo de extração	30
6.2. Potencial de inibição	33
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	36

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXO	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema das etapas de preparação da madeira para análises químicas.	17
Figura 2. Mesa agitadora em processo de maceração das partículas de madeira com etanol absoluto.....	25
Figura 3. Evaporador rotativo com pressão reduzida.....	26
Figura 4. Preparação do meio de cultura nas placas de Petri.....	27
Figura 5. Mapa de posicionamento na placa de Petri, onde: (A) inóculo contendo micélios; e (B) local de deposição do extrativo e solvente.....	28
Figura 6. (A) Deposição dos inóculos segundo o mapa de posicionamento; e (B) deposição do extrato segundo mapa de posicionamento.	28
Figura 7. (A) Imagem original; (B) imagem em 8 bits; e (C) imagem limiarizada.	29
Figura 8. Rendimento acumulado para cada um dos três sítios após as três extrações.....	32
Figura 9. Variação dos dados de porcentual de potencial de inibição dos três sítios para o fungo <i>Trametes versicolor</i>	34
Figura 10. Variação dos dados de porcentual de potencial de inibição dos três sítios para o fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i>	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores de umidade do material moído dos três sítios.	30
Tabela 2. Teores de extrativos dos três sítios para cada extração e porcentagem extraída em cada processo. Em negrito o teor total de extrativos alcançando com as três extrações para cada sítio..	31
Tabela 3. Porcentual de inibição para cada sítio e fungo.....	33

1. INTRODUÇÃO

A durabilidade natural é uma propriedade da madeira que diz respeito ao nível de suscetibilidade da mesma ao ataque de organismos xilófagos, sendo considerada característica importante, uma vez que espécies mais duráveis são preferidas em detrimento das menos duráveis (BROCCO, 2014). A durabilidade natural de uma madeira está relacionada, principalmente, à presença, à quantidade e ao tipo de compostos químicos presentes nos extrativos. Tais substâncias são, em sua maioria, taninos e outras substâncias fenólicas complexas, que são tóxicas aos fungos e insetos xilófagos (PAES et al., 2004; WONG et al., 2005).

Diversos trabalhos vêm sendo realizados com o intuito de se retirar extrativos de espécies naturalmente duráveis com a utilização de solventes variados, buscando avaliar a eficiência dos mesmos contra organismos xilófagos e a possibilidade de uso desse extrato como preservante para madeiras naturalmente não-duráveis. Esse esforço tem como objetivo mitigar ou até mesmo substituir o uso de produtos preservantes à base de metais, como o arseniato de cobre cromatado (CCA), os quais são prejudiciais tanto ao homem quanto ao meio ambiente (SILVA, 2006; BROCCO, 2014).

A espécie *Tectona grandis*, conhecida popularmente como teca, tem sido reconhecida pela sua resistência natural a organismos xilófagos. Vários estudos têm demonstrado que essa espécie possui elevada durabilidade natural contra térmitas e fungos apodrecedores, devido à presença de substâncias bioativas, como a tectoquinona, um extrativo com potencial para preservante natural de madeiras (LUKMANDARU; TAKAHASHI, 2008; BHAT et al., 2010; DUNGANI et al., 2012; BROCCO, 2014; PINTO et al., 2017; HASSAN et al., 2018; BROCCO, 2019).

As diferentes propriedades da madeira são influenciadas pela qualidade de sítio da árvore, tipo de clima, solo, formação do cerne, dentre outras, as quais determinam as propriedades físicas e mecânicas bem como sua composição química (MOYA et al. 2009; SOUZA, 2019). Alguns estudos têm avaliado extrativos de teca provenientes de diferentes locais, como em área rural e cultivado em plantio homogêneo, demonstrando diferenças significativas entre esses locais (BHAT et al., 2005; THULASIDAS et al., 2006; THULASIDAS; BHAT, 2007). No entanto, tais estudos foram desenvolvidos considerando diferentes situações de plantio, bem como em outros países que não o Brasil.

Diante do exposto, e considerando a elevada quantidade de resíduos gerado em seu processamento comercial (BROCCO, 2019), o presente estudo procurou determinar a quantidade de extrativos de *Tectona grandis* oriundos de diferentes locais do estado do Mato Grosso, bem como avaliar sua ação contra fungos apodrecedores de madeira.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo geral extrair e quantificar os extrativos da madeira de teca (*Tectona grandis*) proveniente de três sítios distintos do estado do Mato Grosso, bem como avaliar a sua atividade contra fungos apodrecedores de madeira.

2.2. Objetivos específicos

- Extrair e quantificar os extrativos provenientes do cerne de madeira de teca de três sítios distintos, através de maceração a frio com etanol;
- Avaliar a ação fungicida dos extratos brutos contra os fungos apodrecedores *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, por meio do teste de inibição por difusão em placas de Petri.

3. HIPÓTESE

Os extrativos da madeira de teca possuem ação antifúngica contra fungos apodrecedores de madeira.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. *Tectona grandis* Linn. f. (Teca)

A *Tectona grandis* L. f., popularmente conhecida como teca, pertence à família botânica Lamiaceae (SULAY, 2018). É uma árvore de grande porte, nativa das florestas tropicais do subcontinente índico e do sudoeste asiático. A espécie é cultivada desde o século XVIII e possui

alta adaptabilidade com dispersão vertical entre 0 e 1300 metros acima do nível do mar, ocorrendo em áreas com precipitação anual de 800 a 2500 mm. Possui resistência a regiões com temperaturas extremas de 2 a 42° C, não resistindo, porém, à geada (IPEF, 2003). A teca tolera condições de solo bem extremas sempre que existir uma drenagem adequada e não tolera o alagamento (SOUZA, 2019).

A teca possui excelente reputação no mercado por conta da qualidade da sua madeira. É a espécie lenhosa tropical mais plantada e comercializada no mundo, tendo sido cultivada há mais de 150 anos em mais de 50 países. Dentre as excelentes propriedades que agregam valor a esta espécie, incluem-se: força e leveza; durabilidade; estabilidade dimensional; facilidade de trabalho; resistência a cupins, fungos, químicos, água e intempéries. A versatilidade da teca a torna uma madeira de uso múltiplo para uma grande variedade de usos finais (FAO, 2009). Devido principalmente à boa trabalhabilidade, à qualidade de acabamento, à grã com boa aparência e à textura e cor, a madeira é utilizada para fabricação de móveis, marcenaria, portas, janelas e decks. Também é utilizada extensivamente na construção de navios, barcos e pontes em razão de suas boas propriedades físico-mecânicas, que garantem boa estruturação (PALANISAMY et al., 2009).

No Brasil, os plantios comerciais iniciaram-se no final da década de 1960, por uma empresa localizada no município de Cáceres, no estado do Mato Grosso, onde as condições naturais são semelhantes às dos países de origem da espécie (Matricardi, 1989, citado por CHAGAS, 2013). A depender da capacidade produtiva, o incremento médio anual nessa região, é de aproximadamente 15 m³/ha/ano entre 20 e 25 anos, em termos de produção líquida, para povoamentos desbastados aos 5, 10 e 15 anos (BEZERRA, 2009; LEITE et al., 2011). A espécie também é plantada na Região Norte do país, com início em 1994, com a finalidade, à época, de cumprir a reposição florestal obrigatória em atendimento à legislação ambiental vigente (FIGUEIREDO et al., 2005).

A cor da madeira recém-abatida é verde-oliva, mudando para o marrom com a exposição à secagem. O cerne é facilmente distinguível do alburno (FLÓREZ, 2012), sendo que o alburno possui cor branca a amarelo pálido, enquanto o cerne pode ser amarelo escuro a marrom (PALANISAMY et al., 2009). A teca possui em média uma densidade básica de 0,55 g/cm³, existindo variações dependentes do local e da idade (SOUZA, 2019), do material genético e da posição no tronco (CHAGAS et al. 2014). Em um estudo realizado na Nigéria, foram determinadas as densidades para madeira de árvores de teca provenientes de plantações com 15, 20 e 25 anos de idade. Os valores médios de densidade para cada idade foram de 0,480 g/cm³, 0,556 g/cm³ e 0,650 g/cm³, respectivamente, concluindo-se que a densidade da madeira

aumentou de acordo com o aumento da idade (IZEKOR et al., 2010). Da mesma forma, Moya e Arce (2003) demonstraram que o valor da densidade básica varia com a idade e também no sentido radial do tronco, com valores entre 0,40 g/cm³ e 0,60 g/cm³ para idade de 10 anos, para madeiras provenientes da Costa Rica. Sabe-se que valores de densidade básica para madeira estão diretamente relacionados com propriedades físico-mecânicas da madeira (IZEKOR et al., 2010; SOUZA, 2019).

Com relação à composição da madeira, a teca possui em média aproximadamente 55% de holoceluloses, 34% de lignina e 8,9% de extrativos para a idade de 13 anos (FLÓREZ, 2012; PINTO et al., 2017). Os extrativos da madeira de teca contam com a presença de uma substância pertencente à classe das antraquinonas, a tectoquinona, sendo ela responsável pela durabilidade natural da madeira proveniente do cerne, com propriedades antifúngicas, bactericidas e repelentes ao ataque de alguns insetos (MOREIRA et al., 2006). Há, ainda, a presença de alguns outros compostos bioativos, como a naftoquinona e o lapachol (BHAT et al., 2010).

4.2. Durabilidade natural e influência dos extrativos em *Tectona grandis*

Segundo Brocco (2014), a resistência natural, também chamada de durabilidade natural, é uma propriedade da madeira que diz respeito ao nível de suscetibilidade da mesma ao ataque de organismos xilófagos (fungos, térmitas, coleópteros e brocas marinhas). É considerada uma característica importante na madeira, sendo que espécies tropicais mais duráveis são preferidas comercialmente. Devido às diferenças de arranjo anatômico e da composição química da madeira, a resistência natural é uma das propriedades tecnológicas com maior variabilidade, o que resultou em distintas classes de durabilidade entre espécies, dentro de uma mesma espécie e também dentro de uma mesma árvore (Eaton; Hale, 1993 citado por STANGERLIN et al., 2013). A determinação das classes de resistência pode ser realizada através de ensaios laboratoriais ou em testes de campo (WONG et al., 2005).

A durabilidade natural de uma madeira está na maioria das vezes relacionada à presença, à quantidade e ao tipo de extrativos. Esses compostos, geralmente taninos e outras substâncias fenólicas complexas, são tóxicos a fungos e a insetos xilófagos, sendo que algumas espécies possuem apenas um composto responsável pela inibição, ao passo que outras possuem vários componentes que atuam de modo sinérgico. Para quase todas as espécies, sabe-se que o cerne é mais durável que o alburno, devido à maior proporção de madeira jovem no alburno e, conseqüentemente, menor quantidade de extrativos. Na passagem de alburno para cerne, ocorre a morte de todas as células do parênquima e o desenvolvimento de tiloses e outras substâncias

que se depositam nas cavidades celulares e nas paredes celulares (JANKOWSKY, 1979; PAES et al., 2004; WONG et al., 1983; 2005; MELO et al., 2010). Por meio de ensaios de campo, Melo et al. (2010) avaliaram a resistência de amostras de cerne e alburno para três espécies florestais, concluindo que, para todas elas, o alburno foi mais severamente atacado que o cerne, corroborando a afirmação supracitada.

Lukmandaru & Takahashi (2008) avaliaram a resistência do cerne e do alburno da madeira de *Tectona grandis* a cupins xilófagos para árvores com 8, 30 e 51 anos de idade. Através desse trabalho, encontraram que tanto o alburno quanto o cerne da madeira de teca apresentaram certa resistência ao ataque de cupins, e que as árvores mais jovens, ou seja, com 8 anos, foram as que apresentaram maior suscetibilidade, ao passo que o cerne das árvores com 30 e 51 anos apresentaram elevada resistência, visto que árvores de maior idade possuem maior teor de extrativos. Entre outros fatores avaliados, a perda de massa apresentou correlação com o conteúdo total de extrativos.

A fim de avaliar a atividade antifúngica dos extrativos e seus respectivos componentes da madeira de teca, Bhat et al. (2010) observaram que, para o fungo de podridão branca *Phanerochaete chrysosporium* a inibição foi positiva, sendo que os compostos bioativos foram 2-metil antraquinona, 1,4-naftoquinona e lapachol, compostos esses já isolados anteriormente por Moreira et al. (2006). Para o fungo em questão, 1,4-naftoquinona foi o composto mais bioativo na inibição. Outros trabalhos envolvendo a análise de fatores relacionados ao extrato de teca e sua ação antifúngica, antitermítica e antibacteriana podem ser encontrados em Thulasidas & Bhat (2007), Krishna & Nair (2010), Dungani et al. (2012), Brocco (2014; 2019) e Hassan et al. (2018).

4.3. Fungos apodrecedores

Os fungos são os agentes biológicos que atacam a madeira em maiores proporções, pois se desenvolvem com rapidez e ocorrem em praticamente todos os nichos ecológicos onde ela é utilizada (MORESCHI, 2013). Segundo Stangerlin et al. (2013), os fungos se distinguem basicamente em emboloradores, manchadores e apodrecedores. Dentre essas categorias, os fungos apodrecedores são os principais responsáveis pela destruição de vários elementos estruturais produzidos à base de madeira, de modo a ocasionar prejuízos econômicos.

Os fungos apodrecedores são, por sua vez, classificados em três grupos distintos: fungos de podridão branca, capazes de atacar a celulose, hemicelulose e lignina; fungos de podridão parda, que atacam prioritariamente a celulose e hemicelulose; e fungos de podridão mole, que

no geral são menos agressivos, causando apenas danos superficiais à madeira (SCHMIDT, 2006).

4.3.1. *Trametes versicolor* (L.) Lloyd

Conhecido também como “rabo de peru”, *T. versicolor* é um dos fungos mais estudados no mundo em razão de seu uso múltiplo, como em pesquisas de compostos antitumorais e antimicrobianos e na micorremediação e filtração de ambientes poluídos ou tóxicos, visto que tem a capacidade de promover a quebra de diferentes compostos químicos, como por exemplo, o mercúrio (Gryczka, 2009 citado por DA SILVEIRA, 2018).

Ele ocorre em árvores feridas ou mortas, em caules armazenados, tocos de madeira, raramente em dormentes, postes de vedação, madeira de jardim, etc. O aspecto da podridão observado, geralmente com linhas de demarcação pretas, o faz ser conhecido por causar a chamada “podridão de mármore”. Foi utilizado na antiga Alemanha Oriental para a produção de "madeira mole" para lápis, réguas, etc. (SCHMIDT, 2006).

4.3.2. *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murrill

O *G. trabeum* é o fungo de podridão parda que ataca mais severamente a madeira de coníferas. Pode ocorrer também em árvores vivas, em madeiras armazenadas, madeiras acabadas quando umedecidas novamente, como postes, mourões, cercas, dormentes e madeira para mineração. Tem uma faixa de umidade ótima, que vai de 40 a 200%. Esse gênero é conhecido por atacar janelas confeccionadas com madeira de conífera, devido à construção e ao manuseio inadequados, e também à sua resistência ao calor e à secura, sobrevivendo na madeira das janelas aquecidas e secas pelo sol (SCHMIDT, 2006).

4.4. Análise química e processos de remoção dos extrativos da madeira

Toda madeira é composta pelos chamados componentes fundamentais, que são: celulose, lignina e hemiceluloses, e por componentes secundários, que são os extrativos (parte orgânica) e as cinzas (parte inorgânica), os quais estão presentes em menor quantidade (geralmente menos que 10%). Variações nas características e proporções desses componentes e diferenças na estrutura celular é que dão origem a uma madeira pesada ou leve, rígida ou flexível e dura ou macia. Os componentes fundamentais são assim chamados pois estão

presentes em toda e qualquer madeira. Já os componentes secundários, também chamados de “acidentais”, não são essenciais para a estrutura das paredes celulares, podendo, assim, serem removidos sem afetar a estrutura física da madeira (LEBOW, 2010; SOUZA, 2017).

A determinação da composição química da madeira é feita através de análise química. Por ser um material natural, a madeira requer procedimentos e métodos próprios na sua análise, que diferem dos métodos clássicos da química analítica, variando de acordo com o objetivo e a precisão requeridos. As normas brasileiras (NBR) da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas já dispõem sobre vários métodos de determinação da composição química quantitativa da madeira (KLOCK; ANDRADE, 2013)

Para propósito de análise química, no geral, a madeira deve ser desintegrada (moída), a fim de se obter uma maior área de contato e conseqüentemente uma completa penetração dos reagentes, assegurando reações uniformes. Posteriormente, a madeira deve ser peneirada (classificada) para eliminar materiais muito finos e deixar o material de análise mais homogêneo. O material, então, deve ser acondicionado e o teor de umidade deve ser determinado, a fim de homogeneizar essa condição. A Figura 1 apresenta um esquema de preparação da madeira para análises químicas.



Figura 1. Esquema das etapas de preparação da madeira para análises químicas. Fonte: Klock & Andrade (2013).

Os extrativos, embora representem uma pequena parte da madeira, possuem uma gama enorme de compostos químicos, variando de acordo com a espécie. O isolamento desse componente segue as mesmas etapas de preparação supracitadas, sendo que a sua extração é realizada com solventes neutros e/ou misturas destes, a depender da solubilidade dos extrativos, seguindo o princípio da polaridade química em que “semelhante dissolve semelhante”. Os principais solventes utilizados são: água, éter, acetona, benzeno, etanol, diclorometano, metanol ou misturas desses (KLOCK; ANDRADE, 2013; DA SILVEIRA, 2018).

Os métodos a serem utilizados na remoção do extrativo, segundo Da Silveira (2018), podem ser a quente, como: ebulição, infusão, sublimação, Soxhlet, destilação a vapor, extração sob refluxo e extração com fluidos supercríticos; ou a frio, a saber: maceração, turbulização e percolação. Os métodos de extração mais convencionais são os que utilizam solventes orgânicos, incluindo o de maceração, percolação e extração sob refluxo, e requerem uma quantidade relativamente grande de solvente e longo tempo de extração (RASUL, 2018; ZHANG et al., 2018). Para Sasidharan et al. (2011), o processo de extração é o passo mais importante na análise dos constituintes presentes nas plantas.

A extração por solventes acontece pelas seguintes etapas: primeiro, o solvente penetra na matriz sólida (madeira); então, o soluto (extrativo) se dissolve nos solventes; posteriormente, o soluto é difundido para fora da matriz sólida; e, então, pode-se extrair os solutos. Qualquer fator que aprimore a difusividade e a solubilidade nas etapas citadas facilitará a extração. Como já dito, a polaridade do solvente em relação à do soluto é um dos fatores a ser observado. No geral, solventes com um valor de polaridade próximo à polaridade do soluto provavelmente terão um desempenho melhor. Assim, os solventes apolares retiram compostos apolares, os de polaridades intermediárias retiram compostos com polaridade intermediária, e os de alta polaridade retiram compostos muito polares (ZHANG et al., 2018; DA SILVEIRA, 2018).

Um dos métodos mais utilizados é o da maceração. Nele, a extração ocorre com a utilização de um solvente em temperatura ambiente, em um recipiente fechado por horas ou dias, sendo que a proporção solvente-madeira é variável com o tamanho da amostra. Apesar de ser um método muito simples, possui a desvantagem de requerer longo período de extração e possuir baixa eficiência, tendo que ser repetido sucessivas vezes. A vantagem desse método é que pode ser utilizado na extração de componentes termolábeis, ou seja, que não são resistentes à temperatura. Estudos citados por Zhang et al. (2018) sugeriram que a maceração pode ser um método eficaz na extração de flavonoides (Simões et al., 2006 citado por DA SILVEIRA, 2018; SASIDHARAN et al., 2011; ZHANG et al., 2018).

4.5. Potencial dos extrativos no tratamento preservativo de madeiras

Sabe-se que algumas espécies de madeira possuem baixa durabilidade natural e, portanto, precisam passar por tratamento preservativo para aumento da sua vida útil enquanto utilizada. Para tanto, a maior parte das madeiras de baixa durabilidade são tratadas através de métodos industriais sob vácuo e pressão, com preservantes hidrossolúveis compostos por sais metálicos, como arsênio, cromo, cobre e boro. Tais substâncias tornam o processo de preservação relativamente oneroso e danoso tanto ao homem quanto ao meio ambiente (LEBOW, 2010; SILVA, 2006).

Em razão disso, a busca por produtos mais naturais e, conseqüentemente, menos danosos ao meio ambiente e ao homem está aumentando cada vez mais. Diversas pesquisas vêm sendo realizadas nesse sentido, investigando a possibilidade de se utilizar substâncias naturais extraídas de madeiras de espécies naturalmente duráveis, como, por exemplo, a *Tectona grandis* (BROCCO, 2014).

Em seu trabalho, Da Silveira (2018) testou a influência dos metabólitos secundários de cinco espécies de madeiras da Caatinga. Para tanto, foi realizado o ensaio acelerado de apodrecimento para avaliar a resistência de cada uma das espécies a fungos de podridão branca e parda. Paralelamente, os metabólitos secundários foram extraídos com diferentes solventes, a fim de avaliar a atividade antifúngica através de testes de inibição. Os testes de inibição apresentaram resultados semelhantes aos alcançados nos testes de apodrecimento acelerado, com exceção de uma espécie, demonstrando que, para a maior parte das espécies estudadas, os extrativos isoladamente possuem potencial antifúngico.

De modo semelhante, Brocco (2019) avaliou a eficácia de extratos provenientes do resíduo do processamento industrial da madeira de teca como um preservativo natural. Para tanto, foi utilizado o extrato bruto da madeira em diferentes concentrações e com diferentes solventes, avaliando sua atividade contra fungos de podridão branca e parda. O processo de impregnação utilizado foi sob vácuo, em madeira de pinus. Foi encontrado que o processo de impregnação proporcionou retenção adequada e o extrato conferiu elevada resistência à madeira de *Pinus taeda* em relação aos fungos testados.

Para Bossardi & Barreiros (2011), o que dificulta a utilização de alternativas ambientalmente corretas em detrimento de métodos tradicionais é a viabilidade econômica. No entanto, é necessário o desenvolvimento de novos produtos, principalmente devido às questões ambientais e saúde dos operadores de processos de tratamento preservantes. Portanto, é imprescindível pesquisas na área, a fim de tornar a utilização de produtos naturais viável.

4.6. Influência do sítio nas propriedades da madeira

Segundo Moya et al. (2009), as propriedades da madeira são influenciadas pela qualidade de sítio, tipo de clima e tipo de solo. Sabe-se também que as condições do local de plantio influenciam a formação do cerne, desde as propriedades físicas e mecânicas até sua composição química (SOUZA, 2019). O trabalho de Souza (2019) demonstrou que o tipo de clima, a precipitação e a qualidade de sítio influenciam em várias características da madeira ao analisar madeiras provenientes de três sítios distintos. Dentre elas se destacam os parâmetros das fibras e raios e a constituição química.

Várias propriedades e, conseqüentemente, utilizações tecnológicas são afetadas de forma significativa pelo local de plantio. Carneiro et al. (2016), avaliando o efeito do sítio na qualidade do carvão vegetal produzido com madeira de eucalipto, concluíram que o rendimento do carvão, a composição química e o poder calorífico do mesmo variou significativamente conforme o local de plantio.

David et al. (2017) investigaram o efeito da qualidade de sítio na área basal e o volume total do fuste em *Pinus taeda* de 8 e 9 anos de idade. Encontraram que, para ambas as variáveis, o sítio possuiu efeito significativo, sendo que, à medida que aumentava-se a capacidade produtiva do sítio, havia crescimento na curva de área basal e volume. Ressaltaram então, a importância de se classificar sítios florestais quanto à capacidade produtiva, visto que as características avaliadas são essenciais na designação do uso final da madeira.

Thulasidas & Bhat (2007) avaliaram a importância relativa do conteúdo total de extrativos de teca e de seus dois principais componentes químicos, a tectoquinona e a naftoquinona, retiradas de dois locais diferentes: teca plantada em área rural (local mais úmido) e cultivada em plantações florestais (local mais seco). Foi encontrado que tanto o conteúdo total de extrativos quanto os dois componentes ativos principais existiam em menor quantidade na área rural.

De modo semelhante, Bhat et al. (2005) constataram que o local de plantio é uma importante fonte de variação na resistência à deterioração ao avaliar madeira de teca proveniente de três sítios distintos. Dentre os resultados encontrados, mostrou-se que a teca proveniente de área rural possui maior suscetibilidade à deterioração por fungos de podridão parda, o que foi associado com a cor mais clara da madeira (Thulasidas et al., 2006), e ao menor conteúdo de extrativos, corroborando com o trabalho supracitado.

Esses trabalhos e outros (KOKUTSE et al., 2006; BHAT; PRIYA, 2004; LUKMANDARU, TAKAHASHI, 2009; MOYA; BERROCAL, 2010) demonstram a

importância em se avaliar o local de plantio como fonte de variação para propriedades de madeiras de mesma espécie. Conforme dito por Souza (2019), a grande maioria dos estudos disponíveis avaliam as propriedades de teca de forma individual, havendo, assim, pouca informação sobre o comportamento da espécie perante as condições locais de plantio.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Material utilizado

5.1.1. Procedência

As amostras de *Tectona grandis* utilizadas no presente estudo foram provenientes do material coletado para o trabalho de Souza (2019), em plantios comerciais localizados nos municípios de Alta Floresta, Nossa Senhora do Livramento e Cáceres (MT). Para tanto, foram selecionadas as amostras com dimensão de 2 x 2 x 5 e 2 x 2 x 10 cm que continham apenas cerne (distinguível pela cor).

O município de Alta Floresta encontra-se ao norte do estado do Mato Grosso, sob o domínio do Bioma Amazônico, com vegetação predominante de floresta ombrófila aberta e densa, floresta estacional e cerrado. Os municípios de Cáceres e Nossa Senhora do Livramento pertencem à zona fisiográfica do pantanal matogrossense, com vegetação predominante de cerrado e terreno plano. As informações descritas abaixo sobre cada sítio foram retiradas do trabalho de Souza (2019).

5.1.1.1. Sítio I – Cáceres

O plantio de teca em Cáceres é de caráter experimental, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tendo sido instalado pela Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). A área possui oito espaçamentos diferentes, sendo que o da área de estudo, escolhido de forma aleatória, possui espaçamento 5 x 2 m. O plantio estava com 16 anos de idade na época da coleta.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tropical quente e úmido, com inverno seco (Awa). A temperatura média anual é de 25° C e a precipitação média é de 1.396 mm/ano. O período de janeiro a março é considerado o mais úmido e o de setembro a outubro apresenta maior índice de radiação solar e menor precipitação (Aguinaldo Silva et al., 2008 citado por SOUZA, 2019).

O solo desta área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, solos bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura. Apresentam limitações de ordem química e em profundidade ao desenvolvimento do sistema radicular. O plantio deu-se através de mudas com 20 cm de altura, provenientes de viveiro comercial localizado em Cuiabá, MT.

5.1.1.2. Sítio II – Alta Floresta

Nesse município, o material foi retirado de um plantio homogêneo na Fazenda IDC. A madeira para estudo foi coletada aos 14 anos de idade. A área de plantio na fazenda corresponde a 1.205,25 ha, dividida em quatro plantios, que, por sua vez, são subdivididos em 49 talhões. A parcela onde foram coletados os materiais tem área de 147.241,96 m² e fica próxima a uma área de vegetação nativa. O plantio em questão possui espaçamento de 3 x 2,2 m.

O clima na região é caracterizado por duas estações: uma seca de maio a setembro e uma chuvosa de outubro a abril. A temperatura média varia de 24 a 26° C e a precipitação média é de 2700 mm. Na região de plantio, o solo é classificado como Argiloso Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), com textura variando de franco-arenosa a franco-argilosa-arenosa, pouco profundo a profundo e moderadamente a bem drenado. Mais de 50% da capacidade de troca é ocupada por hidrogênio e alumínio e as principais restrições associadas ao solo são relacionadas à fertilidade e, em alguns casos, à suscetibilidade à erosão.

Nesse sítio, o plantio se deu através de sementes procedentes da empresa Cáceres Florestal, no período chuvoso.

5.1.1.3. Sítio III – Nossa Senhora do Livramento

A amostras desse sítio foram coletadas na Fazenda Teca do Brasil Ltda. O espaçamento do plantio é 3 x 3 m e estava com 14 anos de idade na época da coleta. O município encontra-se sob domínio do Bioma Cerrado, sendo que o clima, segundo a classificação de Köppen, é

tropical com inverno seco. A temperatura média anual é de 25° C e precipitação média de 1.300 mm/ano (Rosa et al., 2015; Caldeira; Oliveira, 2008; Campello Júnior et al., 1991 citados por SOUZA, 2019).

O solo é caracterizado como Planossolo Háplico Eutrófico, com textura média. Possui um bom abastecimento de bases, o que eleva seu status nutricional, no entanto, possui sérias limitações físicas, principalmente com relação ao preparo do solo e à penetração das raízes por conta da compactação. Devido a esse motivo e também ao contraste textural, os solos da região possuem elevada suscetibilidade à erosão.

5.1.2. Amostragem das árvores e desdobro do material

Foram coletadas três árvores ao acaso para cada sítio, livres de torções e de danos por fungos ou insetos. As árvores abatidas foram seccionadas a uma altura de 2 m e as toras serradas em pranchões para facilitar o transporte. Buscou-se não amostrar árvores próximas entre si nos respectivos sítios, bem como as próximas a bordaduras, a fim de evitar interferências em seus crescimentos.

Os pranchões foram, então, desdobrados em corpos de prova de tamanhos diversificados, a serem utilizados nos ensaios do trabalho de Souza (2019). Os mesmos foram acondicionados em câmara de climatização no Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB), com temperatura de $\pm 21^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $\pm 65\%$ para estabilização do teor de umidade (12%).

5.1.3. Preparo do material

O processamento das amostras nas suas diferentes dimensões contendo apenas cerne, foi realizado no Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Inicialmente, as amostras foram reduzidas a cavacos, a fim de facilitar a moagem. Depois, foram moídas em moinho de facas e classificadas (peneiradas) primeiramente na peneira com abertura de 4,75 mm e depois na de 0,5 mm, conforme proposto por Simões (2006), permanecendo na mesa agitadora por cinco minutos em velocidade máxima. O material utilizado foi o retido na peneira de 0,5 mm.

5.2. Determinação do teor de umidade

Anteriormente ao processo de extração, o teor de umidade do material moído e peneirado de cada sítio foi determinado para que a água não fosse considerada nos cálculos de rendimento. O procedimento foi feito com três repetições. Para cada sítio, separou-se 2 g do material em recipientes de alumínio devidamente acondicionados. O material foi levado para estufa à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ e, então, realizadas três pesagens: a primeira após 2 horas na estufa e as duas últimas após 1 hora. A massa considerada foi a menor entre as três. O cálculo do teor de umidade foi feito segundo a Equação 5.1, sendo o valor final a média aritmética das três repetições.

$$TU = \frac{m_v - m_s}{m_s} \times 100 \quad (\text{Equação 5.1})$$

Em que TU se refere ao teor de umidade em percentagem (%), m_v é a massa verde da amostra (g), e m_s é a massa seca da amostra (g).

5.3. Processo de extração

Esse processo foi realizado no setor de Química, Adesivos e Borracha Natural do LPF, em triplicata. O método de extração utilizado foi o de maceração. Cada triplicata foi colocada em um Erlenmeyer de 1000 ml contendo 600 ml de solvente (etanol absoluto) e 120 g do material numa proporção de 5:1 entre solvente e madeira. Os Erlenmeyers foram devidamente tampados com parafina plástica Parafilm[®] para evitar perda de solvente e a mistura foi colocada em mesa agitadora da marca TECNAL, modelo TE-140, com velocidade de 130 ± 2 rpm (Figura 2), por 24 horas.



Figura 2. Mesa agitadora em processo de maceração das partículas de madeira com etanol absoluto. Foto: autora.

Para evaporação do solvente, foram utilizados balões de 300 ml devidamente esterilizados com etanol absoluto. Os mesmos foram acondicionados em estufa a vácuo a 40°C *overnight* e pesados em balança com precisão de 0,0001 g para obtenção de suas massas iniciais.

Após as 24 horas de maceração do material, a mistura etanol e partículas de madeira foi filtrada com filtro de papel comum em um Becker de 1 L. Dessa primeira filtragem, foi separada uma alíquota de 8 ml do extrato de cada sítio para realização dos testes de inibição dos fungos. O líquido restante foi transferido aos poucos para o balão, a fim de evaporar o solvente (etanol) através do método de rotaevaporação, utilizando equipamento da marca Quimis (Figura 3). Após a evaporação ter atingido seu máximo, os balões foram colocados em estufa a vácuo da marca TECNAL, modelo TE-395, *overnight*, a 40°C, para garantia de completa evaporação do solvente. Passado esse período, foram transferidos para um dessecador por 10 minutos para estabilização e pesados para determinação da massa seca.



Figura 3. Evaporador rotativo com pressão reduzida.
Foto: autora.

As partículas de madeira retidas no filtro de papel foram colocadas novamente no respectivo Erlenmeyer e todo o processo de maceração e evaporação foi repetido por mais duas vezes e as massas dos balões contendo o extrato bruto aferidas.

5.4. Avaliação da atividade antifúngica dos extratos de Teca

5.4.1. Preparação das placas de Petri

Foram utilizadas duas espécies de fungos apodrecedores para avaliação da atividade antifúngica, sendo um de podridão branca (*Trametes versicolor*) e um de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*), provenientes da micoteca do setor de Biodegradação e Preservação de Madeiras do LPF. A avaliação do potencial de inibição do extrato de teca foi realizada a partir do teste de difusão em placas de Petri, conforme adaptação da metodologia proposta por Medeiros et al. (2016).

O meio de cultura utilizado foi uma mistura de 30 g de extrato de malte e 18 g de ágar em 1 L de água deionizada pré-aquecida. Esse meio foi esterilizado em autoclave à temperatura de 121°C por 30 minutos. A preparação do meio de cultura nas placas foi realizada em capela de fluxo laminar, devidamente esterilizada com etanol absoluto e irradiada com luz ultravioleta por aproximadamente 20 minutos.

Em cada placa de Petri foram colocados 15 ml do meio de cultura com o auxílio de um pipetador (Figura 4). Foram utilizadas placas lisas, de poliestireno descartável, com dimensões de 90 x 15 mm. Após a aplicação do meio de cultura, as placas foram envoltas com parafina plástica e mantidas em uma incubadora com umidade de $75 \pm 2\%$ e temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ por 72 horas para garantia de não contaminação.



Figura 4. Preparação do meio de cultura nas placas de Petri. Foto: autora.

A montagem das placas foi feita seguindo o proposto por Medeiros et al. (2016), onde foram colocados dois inóculos com 6 mm de diâmetro contendo micélios do fungo nos extremos opostos da placa (Figura 5 A e 6 A). Para cada um dos três sítios de Teca foram avaliados três tipos de situações: uma para as placas controle, onde não havia nada além dos inóculos dos fungos, que tinham o objetivo de marcar o tempo em que o fungo cobria completamente a placa; outra para as placas em branco, onde foi colocado somente o etanol no centro da placa, conforme a Figura 5 B, para avaliar se o mesmo apresenta algum efeito inibitório; e outra para as placas contendo o extrato de cada um dos três sítios de Teca, os quais foram depositados no centro da placa, com o objetivo de avaliar o potencial de inibição de cada um deles (Figura 5 B e 6 B). Utilizou-se uma quantidade de 300 μL de extrato/solvente em cada placa. Foram realizadas 10 repetições para cada situação.

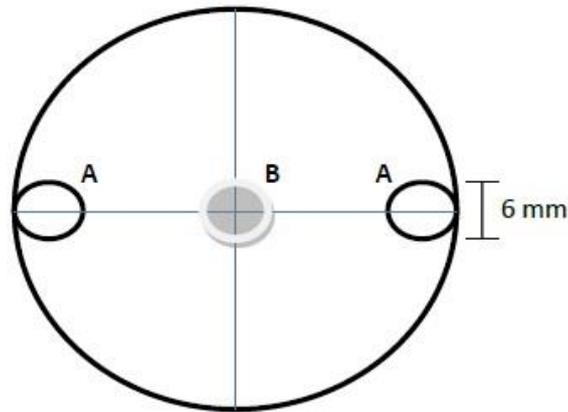


Figura 5. Mapa de posicionamento na placa de Petri, onde: (A) inóculo contendo micélios de fungo; e (B) local de deposição do extrativo e solvente. Fonte: Da Silveira (2018).



Figura 6. (A) Deposição dos inóculos segundo o mapa de posicionamento; e (B) deposição do extrato segundo mapa de posicionamento. Fotos: autora.

Foi utilizada a maior concentração possível, ou seja, com o solvente saturado após a primeira maceração, a fim de se obter a maior inibição. Após a preparação das placas de Petri, as mesmas foram envoltas por plástico Parafilm® e então encaminhadas para uma incubadora com umidade de $75 \pm 2\%$ e temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ de modo a permitir condições adequadas para o desenvolvimento micelial dos fungos apodrecedores. O tempo de crescimento foi avaliado em triplicata e cálculo realizado assim que os dois inóculos dos micélios dos fungos cobriram toda a extensão da placa de Petri controle.

5.4.2. Análise do efeito inibidor dos extratos de Teca

A avaliação do efeito inibidor do extrato de cada sítio de Teca, bem como do solvente puro, foi realizada a partir de fotografias tiradas de cada placa de Petri após o tempo de crescimento dos fungos. As fotografias foram tratadas e analisadas com o auxílio do *software* ImageJ, com o qual foi possível medir a área de inibição da placa após adequado tratamento de cada imagem.

Foram feitas fotografias de cada placa, as quais foram posicionadas em cartolina preta para realce do contraste, sendo a parte superior da placa removida. Foram tiradas com uma câmera de Iphone 7[®], com 12 megapixels, sem flash e sem zoom, posicionado a uma distância vertical de 12 cm da bancada, conforme proposto por Medeiros et al. (2016).

As imagens coloridas foram obtidas no formato JPEG, sendo em seguida analisadas pelo *software* ImageJ pelo processo de limiarização. Nesse processo, primeiramente a imagem é convertida para imagem preto e branco de 8 bits, sendo posteriormente limiarizada, que seria a conversão da área ocupada pelo fungo em branco e da área de inibição em preto. Considerando que a placa é a área total, o *software* calcula a área ocupada pelo fungo, em porcentagem (Figura 7).

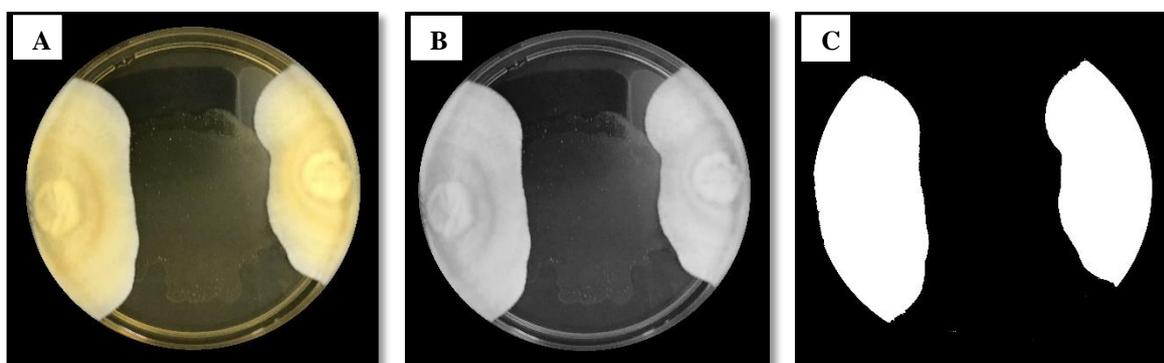


Figura 7. (A) Imagem original; (B) imagem em 8 bits; e (C) imagem limiarizada. Fotos: autora.

O percentual de inibição, então, foi calculado segundo a Equação 5.2, proposta por Cheng et al. (2011), onde PI é o percentual de inibição; AE é a área ocupada pelos fungos nas placas com extrato; e AC é a área ocupada pelos fungos nas placas em branco (somente com solvente), sendo todos os valores em porcentagem (%).

$$PI = \left(1 - \frac{AE}{AC}\right) \times 100 \quad (\text{Equação 5.2})$$

5.4.3. Análise estatística

O *software* utilizado nas análises estatísticas foi o SPSS v. 21. Os dados foram analisados quanto à sua normalidade pelo Teste de Shapiro-Wilk e quando os mesmos se apresentassem estatisticamente normais, procedeu-se ao teste de Análise de Variância (ANOVA), e posterior teste de Tukey, a fim de verificar se existiam diferenças significativas entre os efeitos de sítios e de fungos. Ambos os teste foram realizados com um intervalo de confiança de 95%.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Rendimento do processo de extração

A Tabela 1 apresenta os valores de teor de umidade do material moído, os quais foram utilizados para cálculo da massa seca das amostras e posterior correção do teor de extrativos por sítio. Pode-se observar que os teores são semelhantes para todos os sítios em questão.

Tabela 1. Teores de umidade do material moído dos três sítios.

	Teor de umidade (%)
Cáceres	4.30
Alta Floresta	4.31
N.S. do Livramento	4.22

A porcentagem de extrativos retiradas em cada extração e acumulada para cada sítio estão representadas na Tabela 2, bem como as porcentagens considerando o total extraído como 100%.

Tabela 2. Teores de extrativos dos três sítios para cada extração e porcentagem extraída em cada processo. Em negrito o teor total de extrativos alcançando com as três extrações para cada sítio.

	Extração	Teor após cada extração (%)	Teor acumulado (%)	Porcentagem em cada extração (%)*
Cáceres	1 ^a	2.11	2.11	53.83
	2 ^a	0.83	2.94	21.17
	3 ^a	0.98	3.92	25.00
Alta Floresta	1 ^a	2.07	2.07	51.75
	2 ^a	1.30	3.37	32.50
	3 ^a	0.63	4.00	15.75
N.S. do Livramento	1 ^a	2.02	2.02	50.12
	2 ^a	1.34	3.36	33.25
	3 ^a	0.67	4.03	16.63

*Porcentagem considerando o teor da 3^a extração como 100%.

Com base em três extrações, o teor de extrativos para os três sítios foi em torno de 4% (Tabela 2), tendo sido, portanto, similar para os três sítios, evidenciando que a diferença de idade em dois anos entre Cáceres e os outros dois sítios não influenciou no teor de extrativos. Em seu trabalho, Brocco (2019) demonstrou que o etanol foi um dos melhores solventes entre os avaliados, perdendo apenas para o metanol. A diferença, no entanto, foi insignificante e, levando em conta que o metanol é tóxico, o etanol absoluto se mostra um solvente mais prático para retirar extrativos da madeira de teca.

Ainda no trabalho supracitado, prosseguindo com a sequência de extrações, o autor obteve um conteúdo total de 8,92% de extrativos. De forma semelhante, Pinto et al. (2017) e Flórez (2012) observaram um valor de teor de extrativos de 8,9% para madeira com 13 anos de idade. Vale salientar que tanto o material de Brocco (2019) quanto o material de Pinto et al. (2017) foram provenientes do Mato Grosso (mesma procedência do material desse trabalho) enquanto o material de Flórez (2012) foi coletado em Minas Gerais. Tais resultados demonstram que, prosseguindo com o processo de extração, ainda seria possível extrair uma quantidade maior de extrativos.

A tendência, entretanto, é de que a primeira extração seja a mais concentrada em extrativos, como é demonstrado na Tabela 2. A porcentagem de extração foi bem maior na

primeira extração, tendo sido em torno da metade do total extraído nos três processos. Isso ocorre porque a madeira, não tendo ainda passado por qualquer processo de extração, possui uma quantidade maior de soluto (extrativo), facilitando a dissolução do solvente no mesmo. Em teoria, o solvente só deixa de dissolver os extrativos quando já está saturado, considerando que o tempo de maceração tenha sido suficiente para tal.

A Figura 8 mostra a representação gráfica do rendimento obtido com as três extrações.

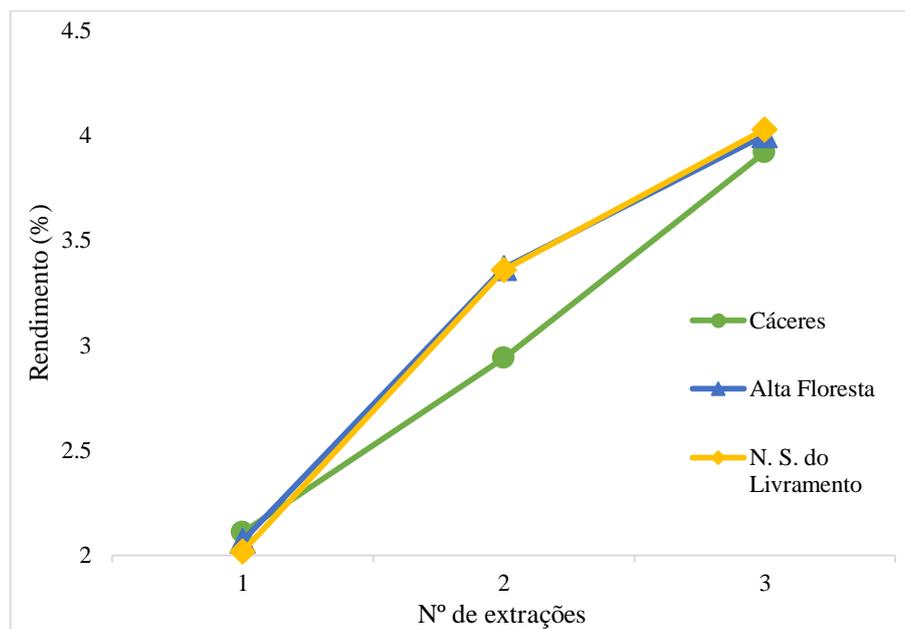


Figura 8. Rendimento acumulado para cada um dos três sítios após as três extrações.

Observa-se através do gráfico de rendimento (Figura 8) que as retas das extrações ainda estavam ascendendo. A tendência é que tais retas fiquem constantes a partir do momento que já se retirou todo o extrativo da madeira, como encontrado por Silvério et al. (2006) e Agulló et al. (2015). Esse comportamento mostra, como já foi citado, que ainda seria possível retirar uma quantidade maior de extrativos se fossem feitas mais extrações.

Agulló et al. (2015), comparando o método da maceração com extração assistida com micro-ondas, encontraram que o rendimento da extração aumentou com o aumento da temperatura. No entanto, quando houve aumento da temperatura, as propriedades do extrato diminuíram. Isso acontece quando o extrativo possui substâncias bioativas que são voláteis ou termolábeis em determinadas temperaturas.

O comportamento dos três sítios no processo de extração foi similar. Apenas Cáceres se diferenciou na 2ª extração, o que pode ser atribuído a logística do processo de maceração, visto que ao final, na 3ª extração, todos chegaram ao mesmo patamar. A partir dessa análise, pode-se concluir que a variável sítio não gerou diferenciação nos resultados de rendimento dos extrativos.

6.2. Potencial de inibição

A Tabela 3 mostra os percentuais de inibição para cada sítio e fungo.

Tabela 3. Porcentual de inibição para cada sítio e fungo.

Sítio	Inibição (%)	
	TV	GT
Cáceres	64,48 aA	50,77 aA
Alta Floresta	47,81 aA	51,07 aA
N. S. do Livramento	65,45 aA	37,63 aA

TV = *Trametes versicolor*; GT = *Gloeophyllum trabeum*.

Com base nos resultados da Tabela 3, pode ser observado que o potencial de inibição do extrativo de teca foi estatisticamente significativo para todos os sítios e fungos com os valores variando dentro de cada sítio, principalmente para o fungo *Trametes versicolor*, como mostram as Figuras 9 e 10. Em relação ao *T. versicolor*, os maiores valores médios de potencial de inibição foram obtidos pelos sítios Nossa Senhora do Livramento (65,45%), seguido por Cáceres, com valor bem próximo (64,48%), sendo que o menor valor (47,81%) foi obtido pelo de Alta Floresta. Já para *Gloeophyllum trabeum*, as maiores inibições foram observados para Alta Floresta (51,07%) e Cáceres (50,77%), e a menor para Nossa Senhora do Livramento. Conclui-se que o extrato foi mais eficaz para o fungo *T. versicolor*. Foi possível observar que o sítio que apresentou maior eficácia na inibição dos dois fungos apodrecedores foi Cáceres. Esse fato pode estar relacionado à diferença de idade em dois anos entre os indivíduos de Cáceres (16 anos) e dos outros dois sítios (ambos com 14 anos), o que pode ter causado variação na composição química do extrativo de Cáceres, tornando-o mais eficiente.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os sítios, os extratos das madeiras provenientes dos sítios Nossa Senhora do Livramento e Cáceres

apresentaram grande variação no percentual de inibição do fungo *T. versicolor* em relação à Alta Floresta. Da mesma forma, Cáceres e Alta Floresta apresentaram os maiores valores de percentual de inibição para o fungo *G. trabeum* quando comparado à Nossa Senhora do Livramento. Segundo Thulasidas & Bhat (2007), o teor de extrativos pode ser um indicador de durabilidade natural, mas a natureza dos compostos presentes nos extrativos é o mais importante. Uma vez que os teores de extrativos retirados foram muito semelhantes para todos os sítios em questão, a natureza dos compostos presentes nos extrativos parece ser o fator de variação.

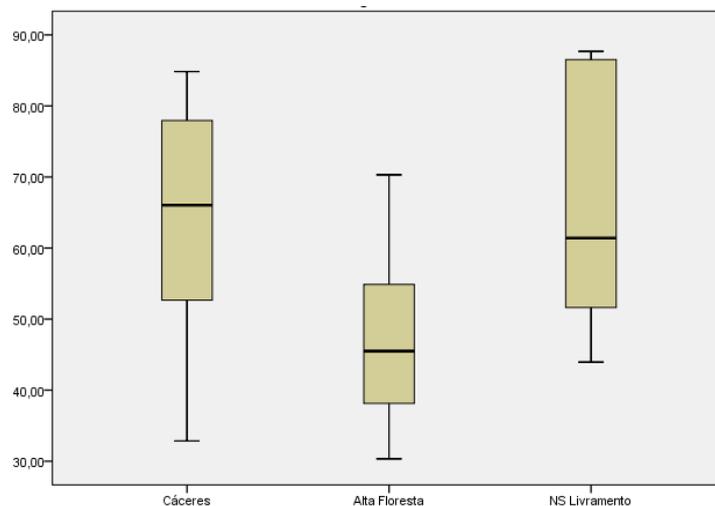


Figura 9. Variação dos dados de percentual de potencial de inibição dos três sítios para o fungo *Trametes versicolor*.

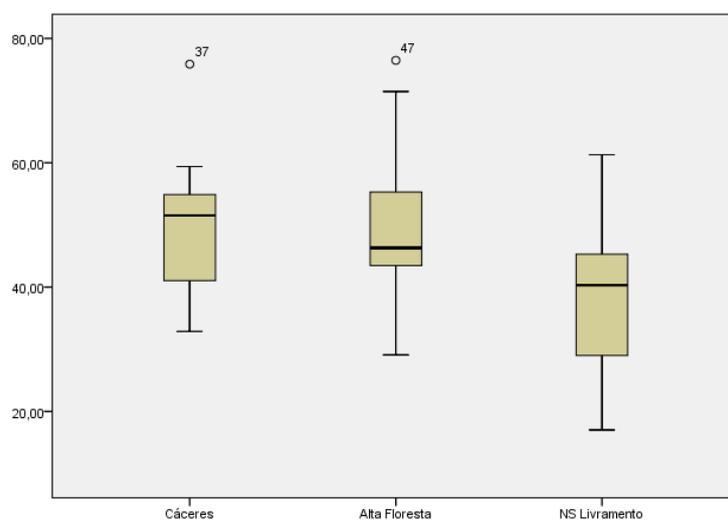


Figura 10. Variação dos dados de percentual de potencial de inibição dos três sítios para o fungo *Gloeophyllum trabeum*.

Thulasidas & Bhat (2007), comparando os extrativos de teca proveniente de plantio comercial em local mais seco com o de área rural em local mais úmido, constatou-se que o local mais seco apresentou valores mais elevados dos componentes com ação biológica tectoquinona e naftoquinona. A madeira proveniente do local mais seco apresentou maior resistência, sendo que esse resultado foi mais correlacionado ao teor de naftoquinona, implicando que esse seria o composto mais importante na resistência aos fungos de podridão parda testados.

Isso demonstra que as condições do local de plantio, a forma de plantio e até mesmo os tratamentos silviculturais aplicados podem ser uma fonte de variação na composição dos extrativos da madeira. Visto que o clima nas regiões em que se encontram os sítios é semelhante, a fonte de variação pode estar relacionada à outra condição e/ou forma de plantio e tratamentos. Esse fato ressalta a necessidade em se estudar mais profundamente as fontes de variações às quais a madeira está submetida em relação às suas propriedades em geral, pois isso afeta não somente suas propriedades físicas e mecânicas, como também suas propriedades químicas, com as quais a durabilidade está relacionada.

Brocco et al. (2016), testando diferentes concentrações da solução à base de extrativo de teca e etanol, encontraram que, para o fungo de podridão parda *Postia placenta*, o teste em placas de Petri apresentou resultados positivos na inibição para todas as concentrações testadas, sendo que a concentração de 1% alcançou potencial de inibição maior que 50%, aumentando à medida que a concentração aumentava, demonstrando que a mesma tem efeito na inibição e que a utilização do extrato em concentração máxima de extrativos, como foi utilizado no presente trabalho, pode ter resultado, conseqüentemente, no potencial máximo de inibição. Ele ainda comentou que espera-se que testes feitos com extração em etanol absoluto apresentem resultados mais significativos de potencial de inibição se comparado à extração com água quente, visto que o etanol é capaz de dissolver substâncias que são mais importantes na resistência natural da madeira, como ácidos de resina, gorduras, ácidos graxos, terpenos, óleos e taninos.

Nesse mesmo trabalho, ao impregnarem amostras de alburno de teca com o extrativo dissolvido em etanol absoluto, alcançou-se um ganho de 68,43% na resistência ao fungo *G. trabeum* em relação às amostras sem tratamento, sendo classificadas, então, como altamente resistentes. Para o fungo *T. versicolor*, no entanto, o tratamento não surtiu o mesmo efeito: apesar de ter aumentado significativamente a resistência em 23,56%, não foi capaz de aumentar a classe de resistência das amostras tratadas em relação às amostras controle (BROCCO et al., 2016). O resultado para *T. versicolor* contraria os resultados de potencial de inibição apresentados na Tabela 3.

Essa contradição de resultados em relação ao presente trabalho demonstra a importância de serem realizados ensaios mais realísticos, como por exemplo em campos de apodrecimento, como Brocco (2019) concluiu em seu trabalho, a fim de avaliar mais fielmente o potencial de inibição desses produtos naturais em situações práticas. O autor ainda comenta a necessidade de estudos a fim de determinar a viabilidade técnica e econômica da utilização desses tratamentos.

Outro ponto importante a ser investigado é o comportamento de madeiras tratadas após a impregnação com esses produtos naturais, como Sadiki et al. (2014) fizeram em seu trabalho ao investigar o efeito do extrato bruto de *Thymus vulgaris* nas características físico-químicas da superfície da madeira de cedro, como o caráter hidrofílico, por exemplo. Os principais resultados mostraram que todos os extratos de *T. vulgaris* avaliados são capazes de alterar as propriedades da superfície da madeira.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O rendimento alcançado com três extrações foi similar para os três sítios, sendo os totais: 3,92%, 4,00% e 4,03% para os sítios de Cáceres, Alta Floresta e Nossa Senhora do Livramento, respectivamente. A primeira extração foi a que mais retirou extrativos, tendo sido retirado em torno de 50% do total para todos os sítios. Se o processo de extração fosse continuado, ainda teria sido possível retirar maior quantidade de extrativos.

O potencial de inibição variou entre os sítios e entre os fungos, o que pode estar relacionado à diferenciação da composição química. O fungo *Trametes versicolor* apresentou um potencial de inibição de 64,48%, 47,81% e 65,45% e o fungo *Gloeophyllum trabeum* de 50,77%, 51,07% e 37,63%, para os sítios de Cáceres, Alta Floresta e Nossa Senhora do Livramento, respectivamente. O sítio que obteve maior eficácia na inibição foi Cáceres para os dois fungos apodrecedores.

Sabendo que o extrato bruto de teca possui ação fungicida, recomenda-se avaliar o seu potencial de inibição do extrato em ensaios mais realísticos, como por exemplo em campos de apodrecimento, a fim de simular situações práticas. É importante também investigar o efeito do extrato bruto ao impregnar-se em madeiras de outras espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGULLÓ, A. F.; FREIRE M. S.; ÁLVAREZ, J. G. Effect of the extraction technique on the recovery of bioactive compounds from eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) wood industrial wastes. **Industrial Crops and Products**, v. 64, p. 105-113, 2015.

BEZERRA, A. F. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste**. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

BHAT, I. U. H.; KHALIL, H. P. S. A.; SHUIB, N. S.; NOOR, A. M. Antifungal activity of heartwood extracts and their constituents from cultivated *Tectona grandis* against *Phanerochaete chrysosporium*. **Wood Research**, v. 55, n. 4, p. 59-66, 2010.

BHAT, K. M.; THULASIDAS, P. K.; MARTA FLORENCE, E.J.; JAYARAMAN, K. Wood durability of home-garden teak against brown-rot and White-rot fungi. **Trees**, n.19, p, 654-660, 2005.

BHAT, K. M.; PRIYA, P. B. Influence of provenance variation on wood properties of teak from the Western Ghat region in India. **Iawa Journal**, v. 25, n.3, p. 273-282, 2004.

BOSSARDI, K.; BARREIROS, R. M. Produtos naturais como preservantes para madeiras de rápido crescimento – uma revisão. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 2, n. 2, p. 109-118, nov. 2011.

BROCCO, V. F. **Extratos de resíduos industriais da madeira de teca para proteção da madeira a organismos xilófagos**. 2019. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2019.

BROCCO, V. F.; PAES, J. B.; COSTA, L. G.; BRAZOLIN, S.; ARANTES, M. D. C. Potencial of teak heartwood extracts as a natural wood preservative. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-7, 2016.

BROCCO, V. F. **Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; FREDERICO, P. G. U.; FIALHO, L. F.; FIGUEIRÓ, C. G.; SILVA, C. M. S. Efeito do material genético e do sítio na qualidade do carvão vegetal de madeira de curta rotação. **Floresta**, Curitiba – PR, v. 46, n. 4, p. 473-480, out./dez. 2016.

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste. **Ciência da Madeira**, v. 5, n. 2, p. 138-150, 2014.

CHAGAS, F. S. **Propriedades da madeira de *Tectona grandis* (L.f.), visando a sua utilização para peças preservadas.** 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

CHENG, S. S.; LIN, C. Y.; GU, H. J.; CHANG, S. T. Antifungal activities and chemical composition of wood and leaf essential oils from *Cunninghamia konishii*. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, v. 31, n. 3, p. 204–217, 2011.

DA SILVEIRA, M. F. **Influência de metabólitos secundários de madeiras da Caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores.** 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

DAVID, H. C.; NETTO, S. P.; ARCE, J. E.; CORTE, A. P. D.; MARINHESKI FILHO, A.; ARAÚJO, E. J. G. Efeito da qualidade do sítio e do desbaste na produção de pinus. **Floresta e Ambiente**, 2017.

DUNGANI, R.; BHAT, I. U. H.; ABDUL KHALIL, H.P.S., NAIF, A.; HERMAWAN, D. Evaluation of antitermitic activity of different extracts obtained from Indonesian teakwood (*Tectona grandis* L.f). **BioResources**, v. 7, n. 2, p. 1452-1461, 2012.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, L. C.; BARBOSA, L. K. F. **Teca (*Tectona grandis* L.f.): principais perguntas do futuro empreendedor florestal.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 87 p.

FLORÉZ, B.J. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de Teca (*Tectona grandis* L.f.).** 2012. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Future of teak and the high-grade tropical hardwood sector: planted forests and trees working paper FP/44E. Rome. 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 15 novembro de 2019.

HASSAN, B.; AHMED, S.; MANKOWSKI, M.; KIRKER, G.; IBACH, R. E.; HAQ, M. M. **Effects of teak, *Tectona grandis* Linn, heartwood extractives against *Heterotermes indicola* (Isoptera: Rhinotermitidae).** Stockholm: The International Research Group on Wood Protection, 2018.

IBM Corp. Released 2012. **IBM SPSS Statistics for Windows**, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF. ANGELI, A. ***Tectona grandis* (Teca): Identificação de espécies florestais.** Piracicaba, SP. 2003. Disponível em <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 15 de novembro de 2019.

IZEKOR, D. N.; FUWAPE, J. A.; OLUYEGE, A. O. Effects of density on variations in the mechanical properties of plantation grown *Tectona grandis* wood. **Scholar Research Library**, v. 2, n. 6, p. 113-120, 2010.

JANKOWSKI, I. P. **Madeira juvenil – Formação e aproveitamento industrial**. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Circular Técnica nº 81, dez. 1979.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 4ª ed. revisada. Departamento de Engenharia Florestal e Tecnologia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KOKUTSE, A. D.; STOKES, A.; BAILLÈRES, H.; KOKOU, K.; BAUDASSE, C. Decay resistance of Togalese teak (*Tectona grandis* L.f.) heartwood and relationship with colour. **Trees**, v.20, n. 2, p. 219-223, 2006.

KRISHNA, M. S.; NAIR, J. A. Antibacterial, cytotoxic and antioxidant potential of different extracts from leaf, bark and wood of *Tectona grandis*. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, n. 2, p. 155-158, 2010.

LEBOW, S. T. Characteristics and Availability of Commercially Important Woods. In: **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 2, p. 2-45.

LEBOW, S. T. Wood preservation. In: **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 15, p. 1-44.

LEITE, H. G.; OLIVEIRA-NETO, R. R.; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ALCANTARA, A. M.; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 53-59, mar. 2011.

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

LUKMANDARU, G.; TAKAHASHI, K. Variation in the natural termite resistance of teak (*Tectona grandis* Linn. fil.) wood as a function of tree age. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 65, n. 7, p. 708-716, 2008.

MEDEIROS, F. C. M.; GOUVEIA, F. N.; BIZZO, H. R.; VIEIRA, R. F.; DEL MENEZZI, C. H. S. Fungicidal activity of essential oils from Brazilian Cerrado species against wood decay fungi. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 114, p. 87–93, 2016.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; SUSIN, F. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 357-365, abr./jun. 2010.

MOREIRA, R. Y. O.; ARRUDA, M. S. P.; ARRUDA, A. C.; SANTOS, L. S.; MÜLLER, A. H.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, A. S.; TEREZO, E. Antraquinonas e naftoquinonas do caule de um espécime de reflorestamento de *Tectona grandis* (Verbenaceae). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v. 16, n. 3, p. 392-396, jul./set. 2006.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. 4 ed. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, abr. 2013.

MOYA, R.; ARCE, V. Estudio experimental del efecto del espaciamiento sobre las propiedades físicas de peso específico básico y contracciones en plantaciones de Teca (*Tectona grandis*) de 10 años. **Revista Forestal Venezolana**, Caracas, v. 47, n. 1, p. 1-24, 2003.

MOYA, R.; BERROCAL, A.; SERRANO, J.R; TOMAZELLO, M. F. Variación radial de la anatomía, densidade y durabilidad de la madera de Teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sítios y regiones climáticas de Costa Rica. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 18, n. 2, p.119-131, 2009.

MOYA, R.; BERROCAL, A. Wood colour variation in sapwood and hartwood of Young trees of *Tectona grandis* and its relationship with plantation characteristics site and decay resistance. **Annals of Forest Science**, n. 67, p. 109, 2010.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 28, n. 2, p. 275-282, 2004.

PALANISAMY, K.; HEGDE, M.; YI, J. S. Teak (*Tectona grandis* Linn. f.): A Renowned Commercial Timber Species. **Journal of Forest Science**, v. 25, n. 1, p. 1-24, abr. 2009.

PINTO, A. A. S.; CORRADI, B. L.; OLIVEIRA, A. C.; QUINTILHAN, M. T.; OLIVEIRRA, W. C.; OLIVEIRA, L. L. M. **Propriedades da madeira de *Tectona grandis* e sua preservação para utilização como mourões**. II Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira. Anais... Universidad Nacional Noroeste, Buenos Aires: 2017.

RASUL, M. G. Extraction, isolation and characterization of natural products from medical plants. **International Journal of Basic Sciences and Applied Computing**, v. 2, n. 6, dez. 2018.

SADIKI, M.; BARKAI, H.; KORAICHI, S. I.; ELABED, S. The effect of the *Thymus vulgaris* extracts on the physicochemical characteristics of cedar wood using angle contact measurement. **Journal of Adhesion Science and Technology**, 2014.

SASIDHARAN, S.; CHEN, Y.; SARAVANAN, D.; SUNDRAM, K. M.; LATHA, L. Y. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2011.

SCHMIDT, O. **Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use**. Berlin: Springer, 2006. 334p.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S. & ELICEIRI, K. W. (2012), "**NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis**", Nature methods 9(7): 671-675, PMID 22930834.

SILVA, J. C. Madeira preservada: os impactos ambientais. Revista da Madeira (REMADE), n. 100, novembro 2006. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=985&subject=Preserva%E7%E3o&title=Madeira%20preservada%20%96%20Os%20impactos%20ambientais>. Acesso em: 05 de dezembro de 2019.

SILVÉRIO, F. O.; BARBOSA, L. C. A.; GOMIDE, J. L.; REIS, F. P.; VELOSO, D. P. Metodologia de extração e determinação do teor de extrativos em madeiras de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 30, n. 6, p. 1009-1016, 2006.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Famacognosia, da Planta ao Medicamento**. v. 1, 2a ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

SOUZA, J. U. B. R. **Técnicas multivariadas na análise química de espécies florestais amazônicas**. 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade do Mato Grosso, Cuiabá (MT).

SOUZA, R. S. **Propriedades tecnológicas de *Tectona grandis* proveniente de sítios distintos**. 2019. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; GARLET, A.; PASTORE, T. C. M. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira**, v. 4, n. 1, p. 15-32, mai. 2013.

SULAY, G. S. Y. **Diversidad de escolítidos en plantaciones de *Tectona grandis* L.f (teca) en la provincia de Los Ríos, año 2018**. 2018. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, 2018.

THULASIDAS, P. K.; BHAT, K. M. Chemical extractive compounds determining the brown-rot decay resistance of teakwood. **Holz als Roh – und Werkstoff**, Berlin, v. 65, n. 2, p. 121-124, 2007.

THULASIDAS, P. K.; BHAT, K. M.; OKUYAMA, T. Heartwood colour variation in home garden teak (*Tectona grandis*) from wet and dry localities of kerala. India. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 18, n.1, p. 51-54, 2006.

WONG, A. H. H.; KIM, Y. S.; SINGH, A. P.; LING, W. C. . Natural Durability of Tropical Species with Emphasis on Malaysian Hardwoods – Variations and Prospects. **International Research Group on Wood Protection**, 2005.

WONG, A. H. H.; WILKES, J.; HEATHER, W. A. Influence of wood density and extractives content on the decay resistance of the heartwood of *Eucalyptus delegatensis* R. T. Baker. **Journal of the Institute of Wood Science**, v. 9, n. 54, p. 261-263, 1983.

ZHANG, Q.; LIN, L.; YE, W. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. **Chinese Medicine**, v. 13, n. 20, 2018.

ANEXO

Anexo 1. Resultado para a Análise de Variância (ANOVA).

Fungo	Valor de F	Significância
TV	414.43	.000*
GT	366.37	.000*

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Anexo 2. Resultado para o teste de Tukey.

Fungo	Comparação entre sítios	Significância
TV	Cáceres Alta Floresta	0.067
	NS Livramento	0.990
	Alta Floresta Cáceres	0.067
	NS Livramento	0.051
	NS Livramento Cáceres	0.990
	Alta Floresta	0.051
GT	Cáceres Alta Floresta	0.999
	NS Livramento	0.088
	Alta Floresta Cáceres	0.999
	NS Livramento	0.079
	NS Livramento Cáceres	0.088
	Alta Floresta	0.079