

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
FLORESTAL

Maiara Talgatti

POTENCIALIDADE DOS EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* E *Ateleia glazioviana* COMO BIOPRESERVANTES DE MADEIRAS

Santa Maria, RS
2021

Maiara Talgatti

**POTENCIALIDADE DOS EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* E *Ateleia glazioviana*
COMO BIOPRESERVANTES DE MADEIRAS**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Tecnologia de Produtos Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Engenharia Florestal.**

Orientador: Prof. Dr. Elio José Santini

Santa Maria, RS
2021

TALGATTI, MAIARA
POTENCIALIDADE DOS EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* E
Ateleia glazioviana COMO BIOPRESERVANTES DE MADEIRAS /
MAIARA TALGATTI.- 2021.
60 p.; 30 cm

Orientador: ELIO JOSÉ SANTINI
Coorientador: CLOVIS ROBERTO HASELEIN
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2021

1. fungitoxidade 2. controle alternativo 3. extratos
aquosos I. SANTINI, ELIO JOSÉ II. HASELEIN, CLOVIS
ROBERTO III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2021

Todos os direitos autorais reservados a Maiara Talgatti. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

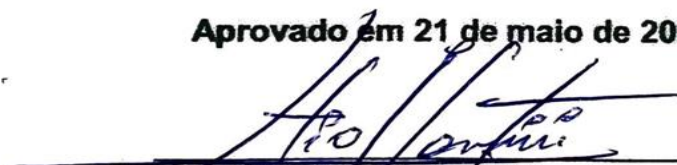
E-mail: maiara.talgatti@gmail.com

Maiara Talgatti

**POTENCIALIDADE DOS EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* E *Ateleia glazioviana*
COMO BIOPRESERVANTES DE MADEIRAS**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Tecnologia de Produtos Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Engenharia Florestal.

Aprovado em 21 de maio de 2021:



Elio José Santini, Dr. (UFSM) - videoconferência
(Presidente/Orientador)



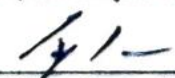
Karina Soares Modes, Dra. (UFSC) - videoconferência



Silviana Rosso, Dra. (UNIPAMPA) - videoconferência



Talita Baldin, Dra. (UFMG) - videoconferência



Edy Elme Pereira Baraúna, Dr. (UFMG) - videoconferência

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) pela oportunidade de desenvolvimento dessa pesquisa de doutorado.

Ao meu orientador Dr. Elio José Santini pelo suporte e principalmente amizade construída durante os anos de pesquisa em conjunto.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, Amanda, Talita, Laura, Alessandra, Felipe, Alisson e especialmente ao Guilherme, pelo apoio e entusiasmo na construção desse trabalho.

À empresa Vale S/A, e em especial a minha amiga e gerente Maria Alice, pelo incentivo e compreensão.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Aline, Dani, Edinho e Georgina, por me acolherem e apoiarem meu trabalho e pesquisa.

À minha família, em especial aos meus pais, Cleusa e Valdelir, e ao meu irmão Gustavo, pelo apoio e confiança.

Ao meu namorado, Luiz Fernando e às minhas melhores amigas, Débora e Nadia, por sempre estarem ao meu lado.

Aos demais professores, amigos e colegas, que de alguma forma participaram da minha formação.

RESUMO

POTENCIALIDADE DOS EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* E *Ateleia glazioviana* COMO BIOPRESERVANTES DE MADEIRAS

AUTORA: Maiara Talgatti
ORIENTADOR: Elio José Santini

O presente trabalho tem por objetivo obter e testar em laboratório os extratos aquosos dos materiais lignocelulósicos (casca, madeira e folhas) das espécies arbóreas de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* como biopreservantes de madeiras. Para tal, foram cortadas cinco árvores de cada espécie, e obtidos os materiais vegetais para a confecção dos extratos aquosos. Esses foram incorporados ao meio de cultura em placas de petri a fim de verificar a toxidez frente aos principais fungos deterioradores da madeira: *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*. As avaliações do experimento foram iniciadas 24 horas após a inoculação, por meio de medições diárias do crescimento micelial, até que as placas testemunhas fossem tomadas pelos fungos. Os extratos foram testados também como bioinseticidas no controle de térmitas, para isso, em placas de petri foram postos papéis filtro impregnados com extratos e após adicionadas 20 térmitas ativas em cada placa, que permaneceram em incubadora a 28 ± 2 °C, $75 \pm 5\%$ de temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente. Em cada placa foi calculada a porcentagem de mortalidade dos cupins por 2h e 24h. Adicionalmente foram confeccionados corpos de prova de 2,54 x 2,00 x 1,00 cm para ensaios acelerados de biodeterioração em laboratório frente ao fungo *Trametes versicolor* e amostras de 2,00 x 2,00 x 30,00cm para ensaio de campo em ambiente de floresta. As amostras para o ensaio de laboratório e de campo foram tratadas com os extratos em autoclave de laboratório por meio do método de célula vazia, sendo utilizadas testemunhas inferiores (amostras não tratadas) e superiores (tratadas com uma mistura de Cobre, Cromo e Boro-CCB). As avaliações do ensaio em laboratório, deram-se por meio da aferição da perda de massa das amostras, espectroscopia eletrônica de varredura (MEV), solubilidade em NaOH 1% e espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR). Já para o ensaio de campo em ambiente floresta, foram avaliadas a perda de massa, espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR) e flexão dinâmica. Os resultados evidenciam que todos os extratos aquosos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* possuem potencial fungitóxico frente aos fungos representantes da podridão branca e parda e potencial inseticida frente às térmitas. Os extratos de *Ateleia glazioviana* mostraram melhor desempenho em relação aos de *Hovenia dulcis*, podendo vir a serem empregados futuramente como biopreservantes de madeiras.

Palavras-chave: fungitoxidade, controle alternativo, extratos aquosos.

ABSTRACT

POTENTIALITY OF THE EXTRACTS OF *Hovenia dulcis* AND *Ateleia glazioviana* AS BIOPRESERVANTS OF WOOD

AUTHOR: Maiara Talgatti
ADVISOR: Elio José Santini

The present study aims to obtain and test in the laboratory the aqueous extracts of the lignocellulosic materials (bark, wood and leaves) of the tree species of *Ateleia glazioviana* and *Hovenia dulcis* as biopreservants of wood. For this, five trees of each species were cut, and the vegetal materials were obtained for the preparation of the aqueous extracts. These were incorporated into the culture medium in petri dishes in order to verify the toxicity to the main deteriorating fungi of the wood: *Pycnoporus sanguineus* and *Gloeophyllum trabeum*. Experiment evaluations were initiated 24 hours after inoculation by daily measurements of mycelial growth until the control plaques were taken up by the fungi. The extracts were also tested as bioinsecticides in the control of termites. For this purpose, filter papers impregnated with extracts were placed in petri dishes and after 20 active termites were added to each plate, which were incubated at 28 ± 2 ° C, 75 ± 5 % of temperature and relative humidity of air, respectively. In each plate the percentage of termite mortality was calculated for 2h and 24h. In addition, 2,54 x 2,00 x 1,00 cm (fungi) and 2.54 x 2,00 x 0,64 cm (termites) test specimens will be made for accelerated biodeterioration tests in the laboratory against the fungus *Trametes versicolor* and samples of 2.00 x 2.00 x 30.00cm for field testing in a forest environment. The samples for the laboratory and field tests were treated with the extracts in a laboratory autoclave using the empty cell method, using lower (untreated samples) and upper controls (treated with a Chromed Copper Borate-CCB mixture). The evaluations of the test in the laboratory were made by measuring the loss of mass of the samples, scanning electronic spectroscopy (SEM), solubility in NaOH 1% and spectroscopy in the infrared by attenuated total reflectance (ATR-IR). For the field trial in a forest environment, mass loss, infrared spectroscopy by attenuated total reflectance (ATR-IR) and dynamic flexion were evaluated. All aqueous extracts of *Hovenia dulcis* and *Ateleia glazioviana* have fungitoxic potential against fungi representing white and brown rot and insecticidal potential against termites. In general, extracts from *Ateleia glazioviana* proved to perform better than those from *Hovenia dulcis*, and may be used in the future as wood biopreservers.

Keywords: fungitoxic, alternative control, watery extracts.

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	10
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo geral	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA	12
1.3 REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS	13
2. CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 MADEIRA.....	16
2.2 ORGANISMOS DECOMPOSITORES	17
2.3 PRODUTOS ALTERNATIVOS PARA PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS ..	18
2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
3. CAPÍTULO II: BIOCONTROLE DOS EXTRATOS DE <i>Hovenia dulcis</i> e <i>Ateleia glazioviana</i> FRENTE A ORGANISMOS XILÓFAGOS.....	22
4. CAPÍTULO III: RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE MADEIRAS TRATADAS COM EXTRATOS NATURAIS A ORGANISMOS XILÓFAGOS EM LABORATÓRIO.....	31
4.1 INTRODUÇÃO	31
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.2.1 Obtenção do material vegetal e dos extratos	32
4.2.2 Confecção das amostras e condução do experimento.....	32
4.2.3 Avaliações da madeira deteriorada	33
4.2.3.1 Perda de massa	33
4.2.3.2 Microscopia eletrônica de varredura	33
4.2.3.3 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR)	34
4.2.3.4. Solubilidade.....	34
4.2.4 Análise estatística	36
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.3.1 Perda de Massa	36
4.3.2 Microscopia eletrônica de varredura.....	38
4.3.3 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR).....	40
4.3.4. Solubilidade	42
4.4 CONCLUSÕES	43
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

5. CAPÍTULO IV: RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> sp. TRATADA COM BIOPRESERVANTES EM ENSAIO DE CAMPO	46
5.1 INTRODUÇÃO	46
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	47
5.2.1 Obtenção do material vegetal e dos extratos	47
5.2.2 Coleta e preparo dos corpos de prova	47
5.2.3 Campo de apodrecimento	48
5.2.4 Perda de massa	49
5.2.5 Propriedades física e mecânicas	49
5.2.5.1 <i>Massa específica aparente</i>	49
5.2.5.2 <i>Flexão dinâmica</i>	50
5.2.6 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR).....	52
5.2.7 Análise estatística	52
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.3.1 Perda de Massa	53
5.3.2 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR).....	54
5.3.3 <i>Flexão dinâmica</i>	56
5.4 CONCLUSÕES	58
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A madeira é um material muito apreciado pelas indústrias madeireiras e consumidores finais por apresentar características físicas, mecânicas e estéticas desejáveis, além de ser versátil em suas aplicações em casas, móveis, brinquedos, postes, cercas, pisos, entre outros. Porém, por ser um material de origem orgânica, dependendo das condições ambientais (umidade, temperatura, pH e disponibilidade de oxigênio), é naturalmente suscetível ao ataque de fungos apodrecedores, podendo apresentar, de acordo com a espécie, maior ou menor resistência à deterioração (ARCHER & LEBOW, 2006).

Os autores Kelley et al. (2002) afirmam que a deterioração e a descoloração causadas por fungos são as maiores fontes de desvalorização na produção de madeira, com perdas de 15 a 25% do valor da madeira em pé e de 10 a 15% de produtos de madeira durante a estocagem e utilização. Corroborando Stangerlin et al. (2013) ressaltam que os fungos apodrecedores são os principais responsáveis pela destruição de vários elementos estruturais produzidos à base de madeira, tanto na construção rural como na civil, de modo a ocasionar prejuízos econômicos, seja pela substituição de peças deterioradas ou pelo colapso estrutural. Além disso, tais microrganismos favorecem a propensão ao ataque de insetos, comprometendo, dessa forma, a qualidade da madeira, destacam-se os cupins que estão distribuídos praticamente em todo o globo terrestre, com maior concentração nas zonas subtropicais e tropicais (MENDES & ALVES, 1988).

Conforme Costa (1999) uma das causas que tem contribuído, não apenas para a diminuição da procura da madeira brasileira, mas também por reduzir seu valor comercial, é a falta e/ou inadequado tratamento preventivo contra a infestação de microrganismos que a danificam, em especial os fungos, que comprometem diretamente seu aspecto estético. Uma alternativa para o controle do ataque de organismos deterioradores é a aplicação de fungicidas e inseticidas. No entanto, o controle químico pode induzir a resistência dos fungos e dos insetos aos biocidas, além disso, também há os potenciais riscos para o ambiente e para a saúde humana e demais seres vivos não xilófagos. Os conservantes tradicionais eficazes são à base de metais,

como cobre, cromo, zinco, arsênio, boro e flúor, e de compostos como creosoto.

Sendo assim, surge a necessidade iminente do controle de organismos xilófagos por meios alternativos aos produtos tóxicos tradicionais, havendo a precisão do desenvolvimento de produtos químicos antifúngicos e inseticidas eficazes e não tóxicos para os seres humanos e para o meio ambiente (MACHADO et al., 2006). Por isso muitos estudos têm objetivado desenvolver produtos alternativos aos preservantes tradicionais para madeira, utilizando os extrativos das mais diversas plantas (CELOTO et al., 2008).

Os vegetais superiores são capazes de produzir substâncias antibióticas, utilizadas como mecanismo de defesa contra predação por microrganismos, insetos e herbívoros (GOTLIEB, 1981). Desta maneira, diversos extratos vegetais têm sido utilizados com fins profiláticos e curativos de infecções em seres humanos, no controle de fungos fitopatogênicos, e no controle de organismos xilófagos, dentre as mais diversas aplicações (MICHELIN et al., 2005; ESTRADA, STANGARLIN e CRUZ, 2000; SILVEIRA et al., 2017).

Algumas espécies arbóreas são conhecidas como tóxicas, caso da *Ateleia glazioviana* que pertencem à família Fabacea (GAVA et al. 2001), e frequentemente ocorre a intoxicação espontânea em bovinos e ovinos por ingestão, sendo esta planta considerada palatável aos animais (STOLF et al., 1994, STIGGER et al., 2001). Os princípios ativos da planta são as isoflavonas, sendo sua ação descrita como ictiotóxica, ou seja, causa a desorganização das membranas nas hemácias, o que resultará em hemólise (ORTEGA et al., 1986). Já a *Hovenia dulcis* é uma árvore que pode atingir até 15 metros de altura, pertencente à família Rhamnaceae, popularmente conhecida como “uva-Japão” e considerada exótica, invasora (ZENNI & ZILLER 2011). Na literatura, há relatos de intoxicação pelos frutos maduros de *Hovenia dulcis* em bovinos. Cardoso et al. (2015) por exemplo, verificaram alterações macroscópicas no fígado com aspecto de noz-moscada e o rúmen e retículo tinham a mucosa pálida. Pela microscopia foram observadas necrose e degeneração vacuolar de hepatócitos acompanhadas de congestão moderada. No rúmen havia necrose moderada da mucosa com formação de pequenas vesículas (GAVA et al., 2004).

Tendo por base todo o conhecimento científico acumulado sobre a obtenção e utilização de extratos de plantas formulou-se as seguintes hipóteses para a pesquisa:

HO: Os extratos obtidos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* não podem ser utilizados como biopreservantes de madeiras.

H1: Os extratos obtidos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* podem ser utilizados como biopreservantes de madeiras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Obter e testar em laboratório os extratos aquosos dos materiais lignocelulósicos (casca, madeira e folhas) das espécies arbóreas de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* como biopreservantes de madeiras.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a toxidez de extratos aquosos de materiais lignocelulósicos (madeira, casca e folhas) de *Hovenia dulcis* (uva-do-Japão) e *Ateleia glazioviana* (timbó) aos principais organismos xilófagos da madeira (fungos apodrecedores e térmitas);

- Realizar ensaio biológico em laboratório de madeiras tratadas com os extratos e observar sua eficiência no controle (e ataque) de fungos apodrecedores;

-Verificar o comportamento da madeira tratada com os extratos em ensaio de campo.

1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

O trabalho de tese de doutorado foi elaborado na forma de capítulos temáticos, a fim de valorizar a apresentação dos resultados (os resultados apresentados) e facilitar a compreensão da leitura (o entendimento do leitor).

Após a introdução geral e definição dos objetivos do trabalho, a sequência de apresentação foi distribuída da seguinte forma:

-Capítulo I: Referencial teórico.

-Capítulo II: Artigo publicado na Revista Scientia Forestalis “BIOCONTROLE DOS EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* FRENTE A ORGANISMOS XILÓFAGOS”. Neste, é apresentado a obtenção dos extratos aquosos de materiais lignocelulósicos (madeira, casca e folhas) de *Hovenia dulcis* (uva-do-Japão) e *Ateleia glazioviana* (timbó) e a condução dos ensaios de toxidez dos mesmos frente aos principais organismos xilófagos da madeira: fungos representantes da podridão branca e parda e das térmitas.

-Capítulo III: Neste capítulo foi realizado o tratamento de madeiras com os extratos e verificado a sua eficiência no controle e redução da incidência de ataque de fungos por meio de ensaios biológicos acelerados em laboratório.

-Capítulo IV: Neste capítulo foi verificado o comportamento da madeira tratada com os extratos quando exposta aos ambientes externo de floresta.

1.3 REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS

ARCHER, K.; LEBOW, S. **Wood preservation**. In: WALKER, J.C.F. (Org.). Primary wood processing: principles and practice. Dordrecht: Springer, 2006. p.297-338.

CARDOSO, T. C.; EMMERICH, T.; WICPOLT, N. S.; OGLIARI, D.; TRAVERSO, S. D.; GAVA, A. Intoxicação experimental pelos frutos de uva-Japão, *Hovenia dulcis* (*Rhamnaceae*), em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.35, n. 2, p. 115 - 118, 2015.

CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 1 - 5, 2008.

COSTA, A. F. **Utilização de interações entre produtos químicos preservantes no desenvolvimento de formulações para a prevenção de fungos manchadores e emboloradores na madeira**. Curitiba, 1999. 103 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1999.

ESTRADA, K. R. F. S.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. **Floresta**, Curitiba, v.30, n.1/2, p. 129 - 137, 2000.

GAVA, A.; BARROS, C. S. L.; PILATI, C.; BARROS, S. S.; MORI, A. M. Intoxicação por *Ateleia glazioviana* (Leg.Papilionoideae) em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p.49 - 59, 2001.

GAVA, A.; BALBINOTTI, V.; NEVE, D. S.; ROCHA, T. S.; MAZAROBA, S. GAVA, D. Intoxicação por *Hovenia dulcis* (uva-do-Japão) em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 24, p. 25 – 26, 2004.

GOTLIEB, O. New and underutilized plants in the Americas: solution to problems of inventory through systematics. **Interciência**, v. 6, n. 1, p. 22 - 29, 1981.

KELLEY, S. S.; JELLISON, J.; GOODELL, B. Use of NIR and pyrolysisMBMS coupled with multivariate analysis for detecting the chemical changes associated with brown-rot biodegradation of spruce wood. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 209, n. 1, p. 107- 111, 2002.

MACHADO, G. O.; CALIL JÚNIOR. C.; POLITO, W.; PAWLICKA, A. Preservante natural de madeira para uso na construção civil – óleo de neem. **Minerva**, v. 3, n.1, p. 1 - 8, 2006.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF, p. 51, 1988.

MICHELIN, D. C.; MORESCHI, P. E.; LIMA, A. C.; NASCIMENTO, G. G. F.; PAGANELLI, M. O.; CHAUD, M. V. Avaliação da atividade antimicrobiana de extratos vegetais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 316 - 320, 2005.

ORTEGA, G. G.; SCHENKEL, E. P.; ATHAYDE, M. L.; KNORST, M. T. Rotina em folhas de *Ateleia glazioviana* Baill (Leguminosae - Papilionoideae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo. v. 1, n. 2, 1986.

PAES, J. B.; FONSÊCA, C. M. B.; LIMA, C. R.; SOUZA, A. D. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 217 - 225, 2010.

SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; KULCZYNSKI, S. M.; TREVISAN, R. Atividade antifúngica do extrato natural da acácia-negra à *Pycnopus sanguineus* **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 383 - 391, 2017.

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**, Pelotas, v. 04, n. 01, 2013.

STIGGER, A. L.; BARROS, C. S. L.; LANGOHR, I. M.; BARRO, S. S. Intoxicação experimental por *Ateleia glazioviana* (Leg.Papilionoideae) em ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 98 - 108, 2001.

STOLF, L.; GAVA, A.; VARASCHIN, M.S.; NEVES, D.S.; MONDADORI, A. J.; SCOLARI, L. S. Aborto em bovinos causado pela ingestão de *Ateleia glazioviana* (Leg. Papilionoideae). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 15 - 18, 1994.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 431 - 446, 2011.

2. CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MADEIRA

A indústria madeireira utiliza principalmente espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* para o cultivo em florestas plantadas e certificadas, essa escolha se deve ao rápido crescimento, facilidade de manejo e grande retorno comercial (DELUCIS et al., 2016). O uso destas espécies contribuiu para o combate ao desmatamento de florestas nativas, suprindo as necessidades econômicas e minimizando a procura por madeira extraída de forma ilegal (FIGUEIREDO, 2016). Vidaurre et al., (2011) destacam que a madeira tem sido um material fundamental ao longo dos anos, sendo utilizada como matéria prima em diversos segmentos, como em habitações, móveis, embalagens e fontes de energia.

Vidal e Hora (2011) comentam que todo o desenvolvimento do setor florestal qualifica o Brasil para a exploração de florestas plantadas, por meio do aproveitamento da sua biomassa, sem promover o desmatamento de florestas nativas. Além disso, o gênero *Eucalyptus* destaca-se no setor madeireiro por apresentar propriedades tecnológicas que o tornam importante fonte de matéria-prima fabril, entre os quais, lança-se sua capacidade produtiva e sua adaptabilidade a diversos ambientes, o que possibilita atender a requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos do setor (ASSIS, 1999).

Apesar das características tecnológicas desejáveis, a madeira possui baixa durabilidade natural quando exposta em ambientes de elevada umidade (STALLBAUN et al., 2017). A resistência a biodeterioração é uma propriedade altamente variável em função da composição química e anatômica do material (ROMANINI et al., 2014).

2.2 ORGANISMOS DECOMPOSITORES

Os fungos são os principais decompositores em ecossistemas florestais, entre os quais, os do filo Basidiomycota são os mais importantes na decomposição de materiais lignocelulósicos (SHIROUZU et al., 2016). Rocha (2001) destaca que estes organismos podem decompor totalmente a madeira ou apenas causar manchas, e são classificados como apodrecedores, emboloradores e manchadores. Corroborando Tuomela et al. (2000) citam que fungos decompositores de madeira necessitam como pré-requisito para degradação da lignina, baixa concentração de nitrogênio no substrato, uma vez que o nitrogênio é um elemento crítico para microrganismos, pois participa da composição das proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas necessárias para o crescimento celular e, conseqüentemente, na densidade micelial. Os fatores fundamentais para ocorrência de fungos na madeira são temperatura, umidade e baixos teores de extrativos totais presentes no substrato (KRISHNA; MOHAN, 2017).

No mercado madeireiro os produtos à base de madeira, que reconhecidamente são classificados como resistentes à deterioração por fungos, apresentam ampla aceitação e difusão de emprego e, conseqüentemente, agregam maior valor de comercialização (Stangerlin et al., 2011).

Quatro vias de decomposição são reconhecidas entre os fungos: podridões branca, parda e mole; e manchadores. Os dois primeiros tipos encontram-se entre os Basidiomycota, enquanto os demais pertencem aos Ascomycota. Nas florestas ocorrem interações entre diversas espécies de ambos os filios na decomposição da serrapilheira (LUNDELL et al., 2014).

Em destaque na classe dos Basidiomicetos, os fungos de podridão atuam segundo características enzimáticas próprias quanto à deterioração dos constituintes químicos da madeira, metabolizando polissacarídeos e lignina indistintamente (podridão branca) ou apenas os polissacarídeos (podridão parda) (OLIVEIRA et al., 2005). O fungo *Trametes versicolor*, representante da podridão branca, é um dos mais estudados entre os lignocelulolíticos, sendo amplamente utilizado em ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório (M.ABDEL-HAMID et al., 2013)

Entretanto, não somente por meio de organismos xilófagos a madeira é degradada. Esta, por ser um material polimérico, também sofre alterações na sua composição em função de reações fotoquímicas e térmicas provocadas pelo intemperismo, tais modificações acarretam na degradação da madeira (DE PAOLI, 2008).

2.3 PRODUTOS ALTERNATIVOS PARA PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

Nenhuma madeira é capaz de resistir, indefinidamente, às intempéries, às variações das condições ambientais e à ação de organismos biológicos (PAES et al., 2007). Calil Jr. et al. (2006) atribuem de forma simplificada a origem da deterioração da madeira a duas causas principais: agentes bióticos (vivos) e agentes abióticos (não vivos). Dessa forma, a deterioração da madeira pode ocorrer por ação de agentes físicos, químicos, mecânicos e biológicos, como fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias (SILVA et al., 2005).

Os produtos destinados à preservação de peças estruturais são agrupados por Mendes e Alves (1988), tomando como referência sua solubilização em óleo ou água, em duas categorias: óleosolúveis ou hidrossolúveis. Pinheiro (2001) ressalta a relevância dos preservantes CCA e CCB dentre os hidrossolúveis, que são os mais utilizados.

De acordo com Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2012), os ingredientes ativos mais importantes registrados no órgão, para produção em nível industrial são: Arseniato de Cobre Cromatado tipo C (CCA-C); Borato de Cobre Cromatado (CCB), base óxido e salino; Cobre Azol tipo B (CA-B). O produto preservante CCB é uma alternativa ao uso do CCA, devido ao surgimento de preocupações com a exposição ao arsênio pela sua possível volatilização em ambientes com madeira tratada com CCA (MORESCHI, 2013c).

Os danos ambientais e à saúde das pessoas que manipulam os produtos preservantes tradicionais têm preocupado o mundo e feito com que seja despertado o interesse por pesquisas que desenvolvam produtos naturais para o tratamento da madeira (ONUORAH, 2000). Laredo et al., (2015), ressaltam que é necessário desenvolver tecnologias/metodologias capazes de

avaliar desempenhos à campo de produtos naturais alternativos, estabelecer padrões de qualidade destes produtos definidos como extratos vegetais, que podem ser emergentes como soluções parciais para controlar a deterioração de organismos xilófagos (LAREDO et al., 2015).

Os extratos de plantas podem ser explorados para desenvolver novos conservantes, objetivando proteger estruturas de madeira, culturas agrícolas, plantas ornamentais e espécies arbóreas. Principalmente devido à boa resistência natural que algumas espécies apresentam contra organismos de biodegradação (Elango et al. 2012). Estudos têm objetivado desenvolver produtos alternativos aos preservantes para madeira, utilizando os extrativos de plantas (CELOTO et al., 2008), tais como Silveira et al. 2017; avaliando o efeito fungitóxico do extrativo tanino derivado da Acácia Negra (*Acacia mearnsii*)

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T. F. Aspecto do melhoramento de Eucalyptus para obtenção de produtos sólidos de madeira. In: WORKSHOP: TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa/SIF/IEF, 1999. p.61-72.
- CALIL Jr, C.; DIAS, A. A.; GÓES, J. L. N.; CHEUNG, A. B.; STAMATO, G. C.; PIGOZZO, J. C.; OKIMOTO, F. J.; LOGSDON, N. B.; BRAZOLIN, S; LANA, E. L. **Manual de projetos e construção de pontes de madeira**. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, p. 252, 2006.
- CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 1 - 5, 2008.
- DELUCIS, R. A.; CADEMARTORI, P. H. G.; MISSIO, A. L.; GATTO, D.A. Decay resistance of four fast-growing Eucalypts wood exposed to three types of fields. **Maderas, Ciencia y tecnología**, v. 18, n. 1, p. 33 - 42, 2016.
- DE PAOLI, M. A. **Degradação e estabilização de polímeros**. 1a ed. São Paulo: Artiliber, 2008.
- ELANGO, G; RAHUMAN, AA; KAMARAJ, C; BAGAVAN, A; ZAHIR, AA; SANTHOSHKUMAR, T; MARIMUTHU, S; VELAYUTHAM, K; JAYASEELAN, C; KIRTHI, AV; RAJAKUMAR, G. Efficacy of medicinal plant extracts against

Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. **Industrial Crops and Products**, v. 36, n. 1, p. 524 - 530, 2012.

FIGUEIREDO, P. Os benefícios das florestas plantadas. Portogente, 2016. Disponível em: < <https://portogente.com.br/noticias/opinia0/91864-os-beneficios-das-florestas-plantadas>>. Acesso em: 27 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 2012. **Banco de dados produtos preservativos de madeiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/produtos-preservativos-de-madeiras>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

KRISHNA, M. P.; MOHAN, M. Litter decomposition in forest ecosystems: a review. **Energy, Ecology and Environment**, v. 2, n. 4, p. 236 - 249, 2017.

LAREDO, R. F. G.; CASTRO, M. R.; GUZMÁN, N. E. R.; INFANTE, J. A. G.; MORENO-JIMÉNEZ, M. R.; KARCHESY, J. J. Wood preservation using natural products. **Madera y bosques**, v. 21, p. 63 - 76, 2015.

LUNDELL, T. K.; MAKELA, M. R.; VRIES, R. P.; HILDEN, K. S. Genomics, lifestyles and future prospects of wood-decay and litterdecomposing basidiomycota. **Advances in Botanical Research**, v. 70, p. 329 - 370, 2014.

ABDEL-HAMID, A. M.; SOLBIATI, J. O.; CANN, I. K.O. Insights into Lignin Degradation and its Potential Industrial Applications. **Advances in Applied Microbiology**, v. 82, p. 1 - 28, 2013.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal/Departamento de Pesquisa-Laboratório de Produtos Florestais. p. 56, 1988.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira: biodegradação da madeira**. 4. ed. Paraná, v. 1, abr. 2013a. 49p. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; DELLA LUCIA, R. M.; SOUZA JÚNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, 2005.

ONUORAH, E. O. The wood preservative potentials of heartwood extracts of *Milicia excelsa* and *Erythrophleum suaveolens*. **Bioresource Technology**. v. 75, p. 171 - 173. 2000.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 160 - 169, 2007.

PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. 2001. 162p.

Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2001.

ROCHA, M. P. **Biodegradação e preservação da madeira**. 5. ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2001. 94 p. (Série Didática, 01/01)

ROMANINI, A.; STANGERLIN, D. M.; PARIZ, E.; SOUZA, A. P.; GATTO, D. A.; CALEGARI, L. Durabilidade natural de madeira de quatro espécies amazônicas em ensaios de deterioração de campo. **Nativa**, v. 02, n. 01, p. 13 – 17, 2014.

SHIROUZU, T.; UNO, K.; HOSAKA, K.; HOSOYA, T. Early-diverging wood-decaying fungi detected using three complementary sampling methods. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 98, p. 11 – 20, 2016.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex, Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 795 - 799, 2005.

SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; KULCZYNSKI, S. M.; TREVISAN, R. Atividade antifúngica do extrato natural da acácia-negra à *Pycnoporus sanguineus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 383-391, 2017.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; GARLET, A.; GATTO, D. A. Durabilidade natural de painéis aglomerados confeccionados com *Eucalyptus grandis* e *Bambusa vulgaris* em ensaio de apodrecimento acelerado. **Ciência Rural**, v. 41, n. 8, p. 1369 - 1374, 2011.

STALLBAUN, P. H.; BARAUNA, E. E. P.; PAES, J. B.; RIBEIRO, N. C.; MONTEIRO, T. C.; ARANTES, M. D. C. Resistência natural da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel a cupins em condições de laboratório. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKA, A.; ITÄVAARA, M. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, v.72, p.169 - 183, 2000.

VIDAL, A. F; HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para geração de energia. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 261-314, 2011.

VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469 - 480, 2011.

3. CAPÍTULO II: BIOCONTROLE DOS EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* FRENTE A ORGANISMOS XILÓFAGOS

ARTIGO ORIGINAL

Biocontrole dos extratos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* frente a organismos xilófagos

Biocontrol of the extracts of Hovenia dulcis and Ateleia glazioviana against xylophagus organisms

Maiara Talgatti¹, Amanda Grassmann da Silveira¹, Talita Baldin², Guilherme Valcorte¹, Elio José Santini¹

¹Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

²Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Montes Claros, MG, Brasil

Como citar: Talgatti, M., Silveira, A. G., Baldin, T., Valcorte, G., & Santini, E. J. (2020). Biocontrole dos extratos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* frente a organismos xilófagos. *Scientia Forestalis*, 48(125), e3241. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.17>

Resumo

Objetiva-se verificar a toxidez dos extratos aquosos dos materiais lignocelulósicos (madeira, casca e folhas) de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* aos principais organismos xilófagos da madeira. Para tal, foram cortadas cinco árvores de cada espécie, e obtidos os materiais vegetais para a confecção dos extratos aquosos. Esses foram incorporados ao meio de cultura em placas de petri a fim de verificar a toxidez de dois fungos deterioradores *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*. As avaliações do experimento foram iniciadas 24 horas após a inoculação, por meio de medições diárias do crescimento micelial, até que as placas testemunhas fossem tomadas pelos fungos. Os extratos foram testados também como bioinseticidas no controle de térmitas, para isso, em placas de petri foram postos papéis filtro impregnados com extratos e após adicionadas 20 térmitas ativas em cada placa, que permaneceram em incubadora a $28 \pm 2^\circ \text{C}$, 75 ± 5 . Em cada placa foi calculada a porcentagem de mortalidade dos cupins por 2h e 24 h. Todos extratos aquosos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* possuem potencial fungitóxico frente aos fungos representantes da podridão branca e parda e potencial pesticida frente às térmitas. Em geral, os extratos aquosos de *Ateleia glazioviana* mostraram-se de melhor desempenho em relação aos de *Hovenia dulcis*, podendo vir a serem empregados futuramente como biopreservantes de madeiras.

Palavras-chave: Fungitoxicidade; Controle alternativo; Extratos aquosos.

Abstract

The present study aims to verify the toxicity of aqueous extracts of the wood, bark and leaves lignocellulosic materials of *Hovenia dulcis* and *Ateleia glazioviana* to the main woody xylophagous organisms. For this, five trees of each species were felled, of these, the vegetal materials were obtained for the preparation of the aqueous extracts of the wood. The extracts were incorporated into the culture medium in petri dishes in order to verify the toxicity to the main deteriorated fungi of *Pycnoporus sanguineus* and *Gloeophyllum trabeum* woods. Experiment evaluations were initiated 24 hours after inoculation by daily measurements of mycelial growth until the control plaques were taken up by the fungi. In addition, the extracts were also tested as bioinsecticides in the control of termites. For this purpose, filter papers impregnated with the extracts were placed in petri dishes and after addition of 20 active termites in each plate, which were incubated at $28 \pm 2^\circ \text{C}$, 75 ± 5 . There were five replicates per treatment, and for each plate, mortality rate of termites was calculated for 2h and 24h for each treatment. All aqueous extracts of *Hovenia dulcis* and *Ateleia glazioviana* have fungitoxic potential against fungi representative of white and brown rot and potential pesticide against termites. In general, the extracts of *Ateleia glazioviana* showed to be of better fungitoxic performance and pesticide in relation to those of *Hovenia dulcis*, and could be used as biopreservatives of wood.

Keywords: Fungitoxic; Alternative control; Watery extracts.

Fonte de financiamento: Bolsa de Doutorado do Cnpq.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

Autor correspondente: maiara.talgatti@hotmail.com

Recebido: 7 janeiro 2019.

Aceito: 6 maio 2019.

Editor: Francides Gomes da Silva Júnior.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

A madeira é um material renovável cujas propriedades físico-mecânicas, químicas e anatômicas a tornam versátil e amplamente utilizada em todo o mundo (Vidal et al., 2015). Porém, por ser biológico e degradável, a madeira está sujeita à mudança de suas propriedades e de sua resistência natural frente a agentes bióticos e abióticos (Brocco et al., 2017). O tratamento preservativo vem a ser imprescindível para madeiras de baixa durabilidade natural ou para porções permeáveis e passíveis de tratamento, como o alburno (Vidal et al., 2015). A literatura é clara em afirmar: a partir da baixa resistência natural a organismos xilófagos, torna-se necessária a impregnação da madeira com produtos químicos, aumentando seu tempo útil de uso (Paes et al., 2005).

Grande parte das madeiras de baixa durabilidade natural são tratadas por métodos industriais sob vácuo e pressão, com preservativos hidrossolúveis constituídos por sais metálicos que têm alta eficiência no processo de proteção da madeira a organismos xilófagos (Lebow, 2010). Os preservativos mais utilizados são o arseniato de cobre cromatado e o borato de cobre cromatado, conhecidos respectivamente como CCA e CCB (Kartal et al., 2015). Porém, de acordo com Vidal et al. (2015) o uso do CCA já é restrito em alguns países, devido à presença de arsênio na sua formulação, que é um elemento nocivo à saúde humana. Os autores supracitados ainda destacam que além das preocupações sobre os riscos de produtos à base de arsênio e cromo na saúde humana, existem também preocupações sobre os impactos desses produtos no meio ambiente. Sendo assim, torna-se pertinente os estudos e desenvolvimento de novas alternativas para tratamento de madeiras que sejam menos tóxicos aos organismos não xilófagos e ao meio ambiente.

A busca por preservativos de madeiras menos tóxicos ao ambiente é constante na literatura, autores como Brocco et al. (2017), Modes et al. (2017), Silveira et al. (2017) vêm pesquisando alternativas naturais como extratos, óleos essenciais e até mesmo termorretificação para a substituição dos preservantes tradicionais. Corroborando, Kirker et al. (2013) destacam que a utilização de extratos botânicos podem elevar a durabilidade de madeiras propensas ao apodrecimento.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a toxidez de extratos aquosos de materiais lignocelulósicos (madeira, casca e folhas) de *Hovenia dulcis* (uva-do-Japão) e *Ateleia glazioviana* (timbó) aos principais organismos xilófagos da madeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material vegetal e dos extratos

As árvores de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* são provenientes de plantações experimentais do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária-DDPA- Santa Maria-RS. Foram abatidas cinco árvores de cada espécie e selecionadas as primeiras toras com 3m, destas, foram retiradas as cascas e os discos que, posteriormente, foram reduzidos a lascas utilizando uma guilhotina. Já as folhas foram colhidas das copas das árvores e moídas em liquidificador industrial. O material lignocelulósico para a obtenção dos extratos (Figura 1) foi seco a temperatura ambiente por 15 dias.

Biocontrole dos extratos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* frente a organismos xilófagos



Figura 1- Materiais lignocelulósicos de *Hovenia dulcis* (1) e *Ateleia glazioviana* (2), madeira (A), casca (B) e folhas (C).

Após, 200 gramas de madeira, casca e folhas, secos ao ar livre por 15 dias, de cada espécie, foram colocadas separadamente em copos de Becker com 2 litros de água destilada e então, fervidos por duas horas utilizando chapa aquecedora, com 10% de concentração, o material foi então passado em peneira para a filtragem dos extratos aquosos.

Ensaio em meio de cultura com fungos

O experimento foi composto pelo tratamento testemunha, que serviu como referência, e por três tratamentos, com 5 repetições cada, utilizando os extratos obtidos das folhas, casca e madeira de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana*. Os tratamentos foram individualmente incorporados ao meio de cultura, e após foram vertidos em placas de Petri. Em seguida, houve a inoculação dos fungos *Pycnoporus sanguineus* - PS (agente causador da podridão branca em madeiras) e *Gloeophyllum trabeum* - GT (agente causador da podridão parda em madeiras) nas placas, a qual foi realizada com auxílio de tubos de ensaio de 8 mm de diâmetro (confeção de discos da colônia) e agulha, esta que auxiliou na transferência do disco para o centro de cada placa, sendo realizada a vedação e evitando contaminação. Posteriormente as placas foram mantidas em ambiente com temperatura e fotoperíodo controlado até que o tratamento 0% (testemunha) preenchesse a primeira placa. O ambiente mantinha-se climatizado a 25°C, 75±5% de UR e fotofase de 12 horas.

As avaliações do experimento foram iniciadas 24 horas após a inoculação, por meio de medições diárias do crescimento micelial, até que as placas testemunhas fossem tomadas pelos fungos, cerca de seis dias para o fungo PS e oito dias para o fungo GT, sendo que cada medição correspondeu à média de duas medidas diametralmente opostas da colônia fúngica, mediante o uso de paquímetro. O índice de crescimento micelial (ICM) e a porcentagem de inibição de crescimento (PIC) foram calculados, respectivamente, pelas fórmulas apresentadas nas Equações 1 e 2.

$$ICM = \frac{C1}{N1} + \frac{C2}{N2} + \frac{C3}{N3} + \dots + \frac{Cn}{Nn} \quad (1)$$

Onde: C1, C2, Cn = crescimento micelial das colônias na primeira, segunda e última avaliação e N1, N2, Nn = número de dias.

$$PIC = \frac{(DTe - DTr)}{DTe} * 100 \quad (2)$$

Onde: DTe = diâmetro da testemunha e DTr = diâmetro do tratamento.

Ensaio laboratorial com térmitas

Para o ensaio laboratorial com térmitas, preparou-se concentrações iguais aquelas avaliadas na atividade fungitóxica. Logo, papéis filtro foram submersos nas soluções contendo os diferentes extratos e em água, esta última para o tratamento controle (Testemunha), em seguida colocados em placas de petri juntamente com 20 térmitas ativas (18 operários e 2 soldados) de *Nasutitermes* sp., conforme Figura 2. As placas permaneceram em incubadora a 28 ± 2 ° C, $75 \pm 5\%$ de UR. Foram cinco repetições por tratamento, e para cada placa foi calculada porcentagem de mortalidade dos cupins por 2h e 24 h.

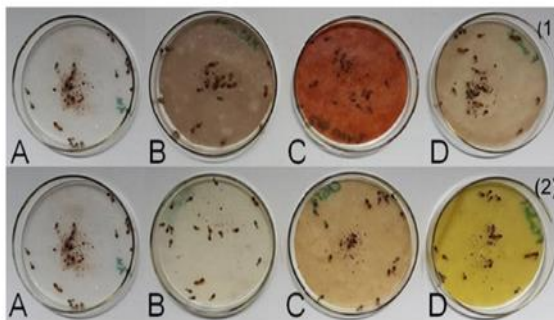


Figura 2- Aspecto visual das placas de petri contendo papel filtro umedecido com os extratos aquosos obtidos dos diferentes materiais lignocelulósicos de *Hovenia dulcis* (1) e *Ateleia glazioviana* (2). Onde: testemunha (A), madeira (B), casca (C) e folhas (D) sob térmitas.

Análise estatística

Os dados das propriedades foram avaliados com o auxílio do *software* estatístico Genes (Cruz, 2001), em arranjo bifatorial 4 x 2 (quatro tratamentos, sendo três extratos de madeira, casca e folhas dois fungos, *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*) para cada uma das duas espécies avaliadas (*Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana*). Havendo interação significativa entre os fatores, as médias foram comparadas pelo teste t (5% de probabilidade). Onde não houve interação significativa entre os fatores, as médias de cada fator foram avaliadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices médios de crescimento micelial de *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum* decresceram com a adição dos extratos naturais derivados dos materiais lignocelulósicos de *Hovenia dulcis* ao meio de cultura, indicando toxidez dos mesmos a estes fungos (Tabela 1). Ainda na Tabela 1 é possível visualizar o percentual de inibição de crescimento dos fungos em contato com os extratos, a redução do crescimento ocorreu no intervalo médio de 42,34 a 65,59%. O fungo *Gloeophyllum trabeum* é mais sensível aos extratos apresentando a maior redução de crescimento.

Tabela 1 - Índice de Crescimento Micelial (ICM) dos fungos PS (*Pycnoporus sanguineus*) e GT (*Gloeophyllum trabeum*) frente aos extratos lignocelulósicos de *Hovenia dulcis* e as diferentes Porcentagens de Inibição de Crescimento (PIC).

Tratamento	ICM PS	PIC (%)	ICM GT	PIC (%)
Testemunha	43,12 bA	-	43,89 cA	-
Madeira	14,14 aA	53,39	10,36 aA	65,77
Casca	11,92 aA	53,61	12,02 aA	59,59
Folha	15,03 aA	52,85	24,90 bB	42,34

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste T à 5% de probabilidade.

Trabalhos que utilizaram extratos de árvores como biopreservantes no controle de deterioradores de madeiras ainda são incipientes. Porém, Venturoso et al. (2011) estudando extratos vegetais aquosos para o combate de fungos fitopatogênicos da soja observaram que houve diferenças significativas em relação à testemunha para crescimento micelial de *Cercospora kikuchii*, com extratos de hortelã, arruda e melão de São Caetano, na concentração de 20%, mesma concentração utilizada no presente estudo. Corroborando Nascimento et al. (2013), também relatam o potencial tóxico de extratos aquosos de calêndula, hortelã, arruda, e melão de São Caetano em diferentes concentrações sobre o crescimento micelial de *Cercospora calendulae* (fungo causador de mancha foliar em plantas de calêndula) na ordem de 100%, 30%, 35% e 40%, respectivamente, na maior concentração utilizada, 10000 mg L⁻¹.

Os índices de crescimento micelial do *Pycnoporus sanguineus* frente aos extratos mostraram-se semelhantes, sem diferença estatística em todos os tratamentos. Já para *Gloeophyllum trabeum* apenas o extrato com folhas diferenciou-se. Todos os extratos, independente da parte vegetal utilizada, apresentaram toxidez a ambos os fungos sem diferença estatística entre eles, excetuando-se o de folhas incorporado ao meio de cultura do fungo GT o qual mostrou resultado menos eficaz em relação aos demais, indicando que no futuro o desenvolvimento de biopreservantes deve priorizar as partes lenhosas de *Hovenia dulcis*.

O aspecto visual do crescimento micelial dos fungos é ilustrado na Figura 3, onde é possível visualizar a redução do crescimento micelial dos fungos PS e GT em contato com os meios de culturas incorporados aos extratos testados de *Hovenia dulcis*.

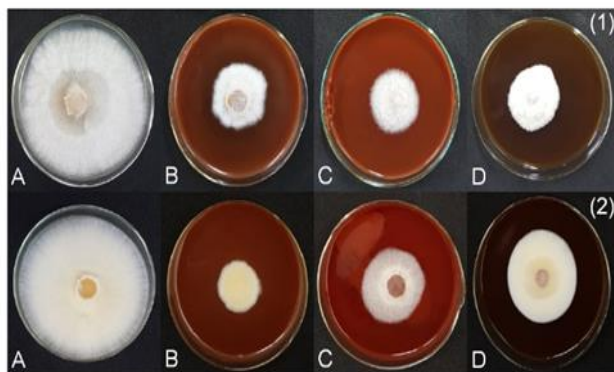


Figura 3 - Aspecto visual das placas contendo os extratos aquosos dos materiais lignocelulósicos de *Hovenia dulcis* e testemunha (A), madeira (B), casca (C) e folha (D), com os fungos (1) *Pycnoporus sanguineus* e (2) *Gloeophyllum trabeum*.

A maior taxa de crescimento micelial das colônias dos fungos ocorreu com o *Pycnoporus sanguineus* (Figura 4A), que em 120 horas o crescimento das testemunhas preencheu as placas, já para o fungo *Gloeophyllum trabeum* este processo ocorreu em maior tempo, 168 horas. Destaca-se a menor velocidade de crescimento em todos os tratamentos utilizados, assinalando o potencial inibidor de desenvolvimento dos fungos em relação aos extratos utilizados.

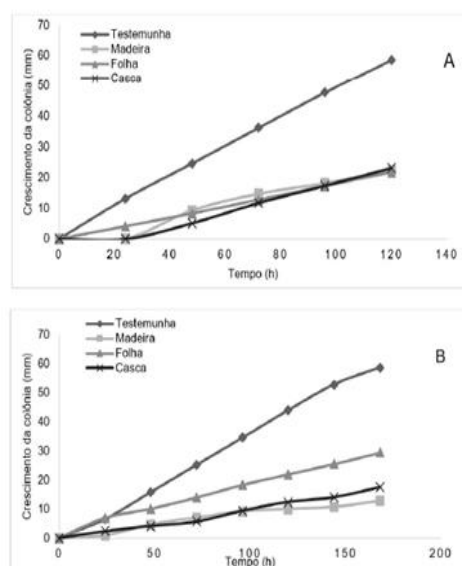


Figura 4 - A- Efeito dos diferentes extratos lignocelulósicos de *Hovenia dulcis* incorporado ao meio BDA sobre o crescimento micelial de *Pycnoporus sanguineus* e B- *Gloeophyllum trabeum*.

Na Tabela 2 é possível visualizar os dados obtidos referentes ao crescimento micelial de *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum* em contato com os extratos naturais obtidos da *Ateleia glazioviana*. O crescimento micelial de ambos os fungos apresentou redução, esses resultados corroboram com o percentual de inibição de crescimento, o qual obteve valores médios de 27 chegando até 84,68%. A melhor inibição ocorreu no emprego do extrato da casca de *A. glazioviana* no ensaio com o fungo PS, onde ocorreu a maior redução de crescimento, 84,68%.

Tabela 2 - Índice de Crescimento Micelial (ICM) dos fungos PS (*Pycnoporus sanguineus*) e GT (*Gloeophyllum trabeum*) frente aos extratos lignocelulósicos de *Ateleia glazioviana* e as diferentes Porcentagens de Inibição de Crescimento (PIC).

Tratamento	ICM PS	PIC (%)	ICM GT	PIC (%)
Testemunha	34,18 cA	-	43,89 dA	-
Madeira	4,18 aA	71,10	10,47 aB	63,18
Casca	1,59 aA	84,68	15,10 bB	57,74
Folha	13,68 bA	43,75	30,51 cB	27,66

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste T à 5% de probabilidade.

Os resultados do ICM para o fungo *Pycnoporus sanguineus* apresentaram diferença estatística entre o extrato das folhas em relação aos demais, tendência semelhante com *Gloeophyllum trabeum*. Porém, quando olhamos entre os fungos, o representante da podridão parda mostra-se mais resistente aos extratos em relação ao causador da podridão branca, que apresentou resultados muito melhores com menor crescimento em todos os tratamentos utilizados. O aspecto visual do crescimento micelial dos fungos pode ser visto na Figura 5.

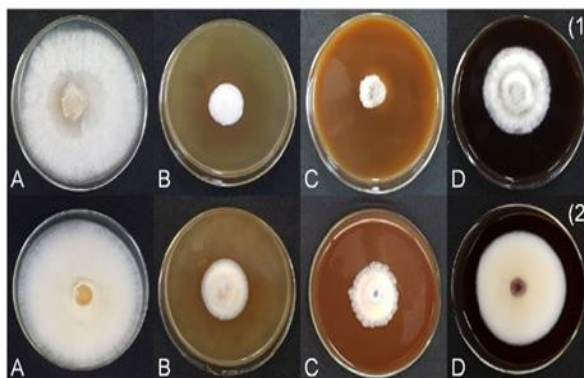


Figura 5 - Aspecto visual das placas contendo os extratos aquosos dos materiais lignocelulósicos de *Ateleia glazioviana* e testemunha (A), madeira (B), casca (C) e folha (D), com os fungos (1) *Pycnoporus sanguineus* e (2) *Gloeophyllum trabeum*.

Silveira et al. (2017) em estudos com extrato natural da *Acacia mearnsii*, verificaram em concentrações de 4 e 5% índice de crescimento micelial semelhantes ao resultado obtido para o extrato aquoso da madeira e casca de *Ateleia glazioviana* frente ao fungo *Pycnoporus sanguineus*. Porém, a concentração dos extratos lignocelulósicos utilizados no presente estudo é de 10%, em concentrações maiores os extratos poderiam apresentar melhores resultados.

Destaca-se na Figura 6A o potencial inibidor de desenvolvimento do fungo PS no tratamento utilizando o extrato da casca de *Ateleia glazioviana*, que apresentou a curva menos acentuada de crescimento do diâmetro da colônia fungal. Já na Figura 6B, visualiza-se as curvas semelhantes de crescimento do fungo GT nos tratamentos utilizando os extratos da madeira e da casca de *A. glazioviana*. Este resultado mostra consonância com os dados anteriormente apresentados na Tabela 2.

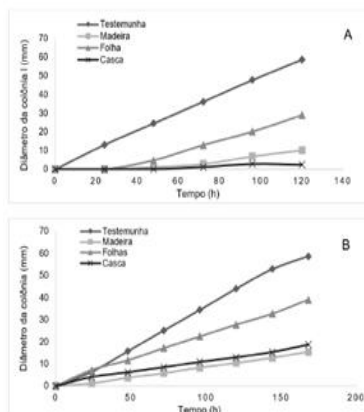


Figura 6- A- Efeito dos diferentes extratos lignocelulósicos de *Ateleia glazioviana* incorporado ao meio BDA sobre o crescimento micelial de *Pycnoporus sanguineus* e B- *Gloeophyllum trabeum*.

Quanto a mortalidade de térmitas no ensaio de atividade anti-térmitas em 2 e 24 horas, é possível visualizar que os extratos possuem potencial biopesticida, em especial o extrato da madeira de *Ateleia glazioviana* o qual proporcionou a mortalidade de 77,5% dos cupins passadas 24 horas (Tabela 3). Quanto aos demais, não houve diferença estatística entre eles,

exceto para o extrato das folhas de *Ateleia glazioviana* que apresentou a menor taxa de mortalidade de térmitas, 56,25% em 24 horas. Em média, após 24 horas de ensaio os extratos de ambas as espécies estudadas apresentaram mais de 60% de mortalidade em térmitas. Sharma et al. (2013) avaliando o potencial biopesticida de extratos de sementes de *Azadirachta indica* contra cupins, em concentrações de 10%, apresentaram o porcentual de mortalidade de quase 60% em 24 horas, resultado semelhante aos do presente estudo.

Tabela 3- Mortalidade de térmitas em duas e 24 horas.

		Mortalidade (%)	
		2 horas	24 horas
Testemunha	-	0 b	15 c
<i>Hovenia dulcis</i>	Madeira	22,5 a	66,25 ab
	Casca	3,75 ab	61,25 ab
	Folha	8,75 ab	60 ab
<i>Ateleia glazioviana</i>	Madeira	30 a	77,5 a
	Casca	1,25 b	62,5 ab
	Folha	13,75 ab	56,25 b

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste T à 5% de probabilidade.

Os pesquisadores Cruz et al. (2009) analisando o efeito de cinco pós vegetais sobre a mortalidade de cupins *Nasutitermes* sp., utilizando metodologia semelhante, verificaram após quatro dias de ensaio resultados de mortalidade de térmitas inferiores aos apresentados neste estudo passadas 24 horas. Os autores supracitados, aferiram que o tratamento com pó das sementes de *Aspidosperma pyrifolium* obteve maior eficiência no controle (44,90%) dos cupins *Nasutitermes* sp., quando comparado aos demais tratamentos com pó de sementes de pinhão bravo (*Jatropha pohliana*), velame (*Croton* sp.), feijão-bravo (*Capparis flexuosa*) e pinha (*Annona squamosa*) Mesmo assim, estes resultados mostram inferioridade quando comparados ao pior desempenho do presente estudo, advindo do extrato de folha de *Ateleia glazioviana* (50,25%).

CONCLUSÃO

- Todos extratos aquosos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* possuem potencial fungitóxico frente aos fungos representantes da podridão branca e parda;
- Os extratos possuem potencial pesticida frente às térmitas;
- Em geral, os extratos de *Ateleia glazioviana* mostraram-se de melhor desempenho fungitóxico e pesticida em relação aos de *Hovenia dulcis*, podendo vir a serem empregados como biopreservantes de madeiras;
- Tendo em vista os resultados positivos obtidos, sugere-se que em estudos futuros, verifique-se a compatibilidade e combinação dos extratos estudados com preservantes naturais já desenvolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brocco, V. F., Paes, J. B., Costa, L. G., Brazolin, S., & Arantes, M. D. C. (2017). Potential of teak heartwood extracts as a natural wood preservative. *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 2093-2099. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.074>.
- Cruz, C. D. (2001). *Programa genes - aplicativo computacional em genética e estatística* (Vol. 1, pp. 442). Viçosa: Editora UFV.
- Cruz, C. S. A., Medeiros, M. B., & Wanderley, M. J. A. (2009). Efeito de cinco pós vegetais sobre a mortalidade de cupins *Nasutitermes* sp. (Isoptera: termitidae). *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 1, 15-18.
- Kartal, S. N., Terzi, E., Yilmaz, H., & Goodell, B. (2015). Bioremediation and decay of wood treated with ACQ, micronized ACQ, nano-CuO and CCA wood preservatives. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 99, 95-101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.01.004>.

- Kirker, G. T., Blodgett, A. B., Arango, R. A., Lebow, P. K., & Clausen, C. A. (2013). *The role of extractives in naturally durable wood species* (Vol. 82, p. 53-58). Birmingham: International Biodeterioration & Biodegradation.
- Lebow, S. T. (2010). Wood preservation. In United States Department of Agriculture. *Wood handbook: woods as an engineering material* (chap. 15). Madison: Forest Products Laboratory.
- Modes, K. S., Santini, E. J., Vivian, M. A., & Haselein, C. R. (2017). Efeito da termorretrificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, 27(1), 291-302. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509826467>.
- Nascimento, J. M., Serra, A. P., Bacchi, L. M., Gavassoni, W. L., & Vieira, M. C. (2013). Inibição do crescimento micelial de *Cercospora calendulae* Sacc. por extratos de plantas medicinais. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15(4), 751-756. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722013000500016>.
- Paes, J. B., Moreschi, J. C., & Lelles, J. G. (2005). Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) pelo método de substituição da seiva. *Ciência Florestal*, 15(1), 75-86. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981825>.
- Silveira, A. G., Santini, E. J., Kulczynski, S. M., & Trevisan, R. (2017). Atividade antifúngica do extrato natural da acácia-negra à *Pycnoporus sanguineus*. *Scientia Forestalis*, 45(114), 383-391. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.14>.
- Sharma, S., Verma, M., & Sharma, A. (2013). Utilization of non edible oil seed cakes as substrate for growth of *Paecilomyces lilacinus* and as biopesticide against termites. *Waste and Biomass Valorization*, 4(2), 325-330. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-012-9134-6>.
- Venturoso, L., Bacchi, L. M. A., Gavassoni, W. L., Conus, L. A., Pontim, B. C. A., & Bergamin, A. C. (2011). Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, 37(1), 18-23. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052011000100003>.
- Vidal, J. M., Evangelista, W. V., Silva, J. D. C., & Jankowsky, I. P. (2015). Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. *Ciência Florestal*, 25(1), 257-271. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509817484>.

Contribuição dos Autores: TM: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Escrita – Primeira Redação e Revisão e Edição; SAG: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Escrita- Revisão e Edição; BT: Conceituação, Escrita- Revisão e Edição; VG: Metodologia, Investigação; SJE: Conceituação, Metodologia, Escrita- Revisão e Edição.

4. CAPÍTULO III: RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE MADEIRAS TRATADAS COM EXTRATOS NATURAIS A ORGANISMOS XILÓFAGOS EM LABORATÓRIO

4.1 INTRODUÇÃO

Uma das limitações do emprego da madeira é a sua baixa durabilidade natural. Para o uso na construção civil e na indústria (móveis e pisos) é exigido que ela seja submetida a vários ensaios para determinar a sua resistência ao ataque de fungos e insetos xilófagos, sendo os fungos os principais agentes deterioradores da madeira em contato com o solo (OLIVEIRA, PAES & VIDAURRE, 2017). Porém, madeiras empregadas em batentes de portas, janelas, assoalhos, forros, escadas etc., por estarem em locais protegidos e longe do contato com o solo, estão livres do ataque de fungos, mas não dos insetos. As térmitas são os mais severos agentes destruidores da madeira, sendo os subterrâneos os responsáveis pelos maiores prejuízos (MENDES & ALVES, 1988).

Com base no exposto, destaca-se a necessidade de as madeiras serem tratadas com alguma técnica que vise o aumento de sua vida útil. A durabilidade pode ser melhorada por meio da adição de produtos químicos e, mais recentemente, biocidas, que lhes forneçam uma maior proteção, acarretando ganhos na durabilidade do material. Além da proteção estendida aos recursos florestais, o que é de fundamental importância ecológica e econômica, pois o alívio da pressão sobre as florestas remanescentes permite a formação de madeiras com maior dimensão, as quais podem ser utilizadas para fins mais nobres (VIDAURRE et al., 2011).

Os tratamentos mais utilizados são os preservativos químicos, por sinal muito eficientes no que se propõem. Porém, tóxicos ao meio ambiente e demais seres vivos, além da dificuldade de descarte da madeira impregnada com tais substâncias. Uma alternativa aos preservantes tradicionais é o uso de biocidas naturais como ferramenta para conter a degradação da madeira.

A flora brasileira é rica em espécies que podem servir como fonte de compostos biocidas naturais e ambientalmente menos agressivos. O potencial de utilização dessas espécies tem sido apontado em diversas publicações

científicas (SILVA et al., 2018; SILVEIRA, et al., 2017; SILVA et al., 2017) e os exemplos de sucesso têm estimulado a busca de novos bioprodutos.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a eficiência dos extratos aquosos de materiais lignocelulósicos (madeira e casca) de *Hovenia dulcis* (uva-do-Japão) e *Ateleia glazioviana* (timbó) impregnados em madeiras, frente ao fungo xilófago *Trametes versicolor*, representante da podridão branca, em ensaio biológico acelerado de laboratório.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção do material vegetal e dos extratos

O processo de obtenção do material vegetal utilizado na confecção dos extratos foi anteriormente descrito no Capítulo II, Material e Métodos.

4.2.2 Confecção das amostras e condução do experimento

Para cada tratamento foram confeccionadas 10 amostras de madeira de *Eucalyptus grandis*, advindos de plantio experimental do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária - DDPA - Santa Maria - RS. As amostras de madeira foram transformadas em corpos de prova de 2,54 x 2,00 x 1,00 cm. As amostras foram então, tratadas com os extratos em autoclave de laboratório por meio do método de pressão de célula cheia (ou seja, vácuo associado à pressão), efetuando-se inicialmente um período de vácuo de 15 minutos e posteriormente pressão durante 60 minutos sendo utilizadas testemunhas inferiores (amostras não tratadas) e superiores (tratadas com uma mistura de Cobre, Cromo e Boro -CCB). Os corpos de prova foram secos em estufa a 103 ± 2 °C, até atingirem massa constante.

Para o ensaio de apodrecimento acelerado, foi utilizada uma amostra da colônia do fungo de podridão branca *Trametes versicolor*, cedidas pelo Setor de Biodegradação e Preservação da Madeira - Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), localizado em Brasília – DF. Os ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório e respectivas avaliações foram

executados segundo a American Society for Testing and Materials - ASTM (2017) no Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. O ensaio foi mantido em sala climatizada (28 ± 2 °C e 75 ± 5 % de umidade relativa), por 12 semanas.

4.2.3 Avaliações da madeira deteriorada

4.2.3.1 Perda de massa

Decorrido o período do ensaio de apodrecimento acelerado, os corpos de prova foram secos até atingirem massa constante a 103°C em estufa de laboratório e a perda de massa (Equação 1) avaliada ao comparar os valores obtidos com os apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos, segundo a ASTM D 2017 (ASTM, 2005).

Classes de resistência	Perda de massa (%)	Massa residual (%)
Muito resistente	0-10	90-100
Resistente	11-24	76-89
Resistência moderada	25-44	56-75
Não-resistente	≥ 45	≤ 55

Fonte: Autoria própria.

$$PM = \frac{M_{si} - M_{sf}}{M_{si}} \times 100 \quad (1)$$

Em que: PM = perda de massa (%), MSi = massa seca inicial (g), MSf = massa seca final (g).

4.2.3.2 Microscopia eletrônica de varredura

Para a análise das amostras de madeira de cada tratamento, realizou-se a microscopia eletrônica de varredura (MEV). O princípio de funcionamento desse equipamento se dá por meio do bombardeamento da amostra com feixe de elétrons que fará uma varredura na superfície causando emissão de radiação pela amostra. Essa radiação será captada pelo computador que irá traduzir e apresentar a imagem na tela do monitor, que será analisada. A técnica possui capacidade de ampliar uma amostra até 20.000 vezes o seu tamanho original e, por isso, é utilizada em investigações nas quais seria difícil obter boas imagens com o microscópio convencional. A análise foi desenvolvida em microscópio eletrônico da marca TESCAN, equipamento VEGA3.

4.2.3.3 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR)

Para a análise de espectroscopia no infravermelho (ATR-IR) os corpos de prova foram reduzidos a pequenos palitos, homogeneizados e moídos em moinho de facas (tipo Willey). Posteriormente, classificados em peneiras vibratórias, sendo utilizado o material que passou pela peneira de 40 e ficou retido na peneira de 60 mesh.

Para realização da espectroscopia no infravermelho utilizou-se um espectrofotômetro Nicolet Nexus 470. Foram realizadas 32 varreduras em transmitância com resolução de 4 cm^{-1} e leituras entre 4000 e 700 cm^{-1} . Para cada teste, fez-se o alinhamento da lâmpada do equipamento e coletou-se os espectros de fundo.

4.2.3.4. Solubilidade

A determinação da solubilidade em hidróxido de sódio (NaOH) a 1% foi conduzida baseada na Norma NBR7990, onde foram utilizadas 2 gramas das amostras já reduzidas em serragem e adicionados 100 mL de solução de NaOH 1%, e em seguida encaminhadas para o banho-maria (Figura 1), a aproximadamente 100°C , por 1 hora, sendo agitadas rapidamente com bastão de vidro nos tempos de 10, 15 e 25 minutos após o início. Transcorrido o

período, o material foi transferido para um sistema de filtração a vácuo, onde as amostras foram lavadas primeiramente com água destilada quente, depois com 50 mL de ácido acético a 10 % e novamente com água destilada quente, filtrando a amostra. O papel filtro resultante foi transferido para um cadinho e seco em estufa a 103°C até atingir peso constante. Este procedimento foi realizado em triplicata para que houvesse maior confiabilidade dos dados. Para a obtenção final da solubilidade da madeira foi utilizada a Equação 2, descrita a seguir:

$$S = \left[\frac{(A - B)}{A} \right] \times 100 \quad (2)$$

Em que: A = peso seco do corpo de prova antes da extração (g); B = peso seco do corpo de prova após extração (g).

Figura 1 - Determinação da solubilidade em NaOH 1%. A - Banho maria. B - Filtração das amostras.



Fonte: Autoria própria.

4.2.4 Análise estatística

Os dados foram avaliados com o auxílio do *software* estatístico Genes (CRUZ, 2001). No ensaio de apodrecimento acelerado foi empregado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 4 x 1 (quatro tratamentos, sendo um extrato de madeira, casca, testemunha e madeira tratada com CCB e um fungo, *Trametes versicolor*) para cada uma das duas espécies avaliadas (*Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana*). Havendo interação significativa entre os fatores, as médias foram comparadas pelo teste t (5% de probabilidade). Onde não houve interação significativa entre os fatores, as médias de cada fator foram avaliadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Perda de Massa

Na Tabela 2 é possível visualizar os valores de perda de massa e classe de resistências das amostras de madeira tratadas com os diferentes tipos de extratos aquosos e sua comparação com a testemunha e a madeira tratada com CCB (Borato de Cobre Cromatado), após 12 semanas de ensaio.

Tabela 2 - Valores médios de perda de massa e classificação da resistência das madeiras de *Eucalyptus grandis* tratadas com os extratos submetidas à ação do fungo *Trametes versicolor*.

Tratamento	Perda de Massa (%)	Classe de Resistência
Testemunha	78,70a	Não Resistente
CCB	27,10c	Resistência Moderada
Casca <i>Hovenia dulcis</i>	48,30bc	Não Resistente
Madeira <i>Hovenia dulcis</i>	43,90bc	Resistência Moderada
Casca <i>Ateleia glazioviana</i>	40,20bc	Resistência Moderada

Madeira <i>Ateleia glazioviana</i>	50,90b	Não Resistente
------------------------------------	--------	----------------

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste T à 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

As amostras tratadas com a mistura de CCB apresentam-se superiores as demais, porém não diferindo estatisticamente das amostras tratadas com os extratos aquosos da casca e madeira de *Hovenia dulcis* e da casca de *Ateleia glazovianda*. Já o pior desempenho, como esperado, ocorreu nas amostras de *Eucalyptus grandis* sem tratamento algum, com 78,70% de perda de massa, seguidas do tratamento com o extrato aquoso da madeira de *Ateleia glazoviana*, ambos classificadas como Não Resistente. Carvalho et al. (2016) citam que a perda de massa é um método seguro para a avaliação da resistência a agentes que deterioram a madeira.

As madeiras tratadas com os extratos da casca e madeira de *Hovenia dulcis* e casca de *Ateleia glazioviana*, apresentaram redução na perda de massa na ordem de 56,07% em média, e para a madeira tratada com CCB uma redução de 65,56%, demonstrando que os tratamentos com estes três extratos configuram um desempenho muito semelhante ao oferecido pelo tratamento convencional de CCB.

Corroborando Vivian et al. (2015), em estudo sobre a resistência biológica das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *E. cloeziana* tratadas com CCA frente a ação do fungo *Trametes versicolor*, verificaram que a perda de massa foi reduzida em 35,17 e 82,31% em comparação com a madeira testemunha. Por isso, a redução média de 65,56% para as madeiras tratadas com os extratos de melhor desempenho do presente trabalho, encontra-se dentro da faixa mencionada pelos autores supracitados.

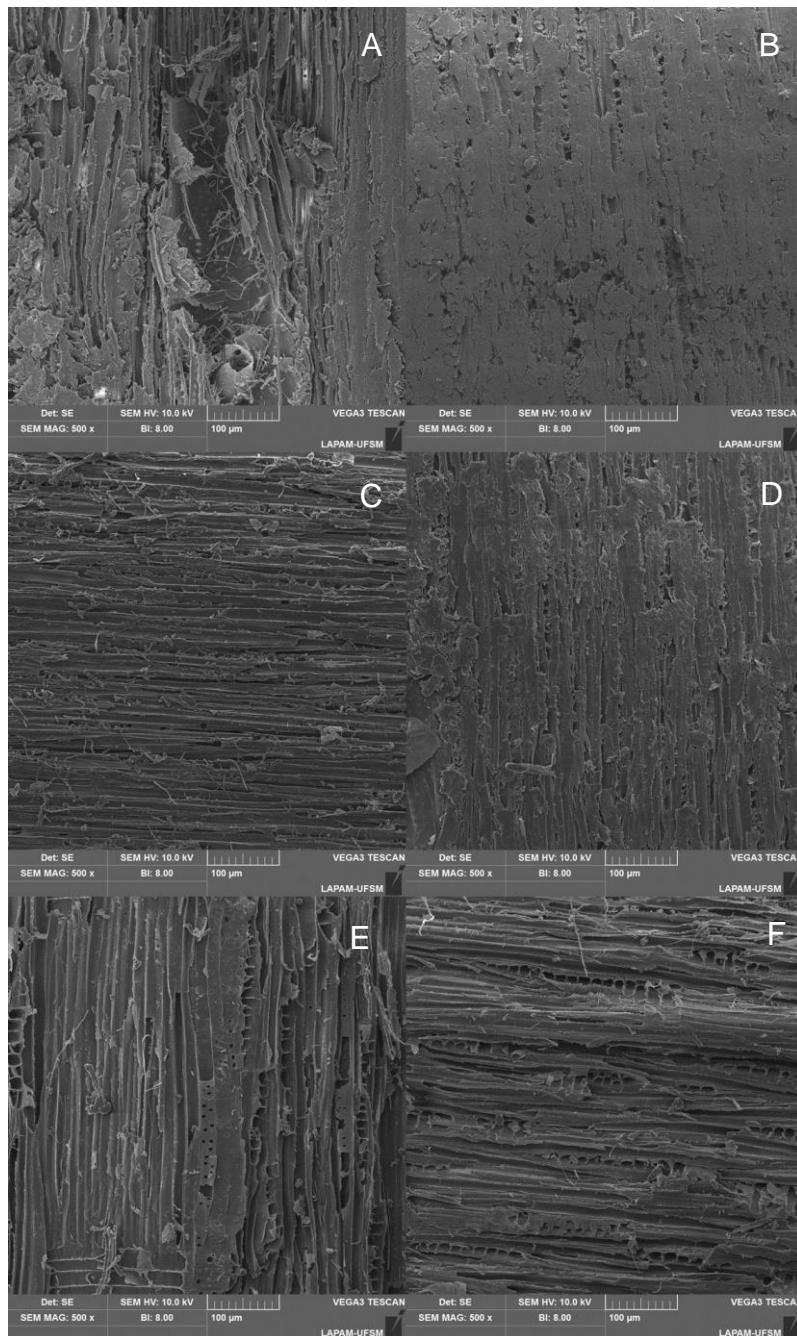
Contudo, Silva et al. (2007) reportaram perda de massa em torno de 9,1% quando a madeira de *Eucalyptus grandis* foi inoculada com *Pycnoporus sanguineus* por 16 semanas. Okino et al. (2005) destacaram que geralmente há correlação inversa entre o conteúdo de extrativos e a perda de massa, essa correlação pode estar associada a diferença de perda de massa mencionado acima para o presente. Nagadesi et al., (2014), verificaram, ao final de 90 dias de ensaio, uma perda de massa de 18,23%, para a madeira não tratada de *Tectona grandis* resultado inferior a aferido na presente pesquisa para madeira

não tratada de *E. grandis*, com 27,10% de perda de massa. Ainda, Alves et al. (2006) em estudo da resistência biológica de diferentes espécies e fungos, mencionam que a perda de massa deve ser reflexo das diferenças na concentração de extrativos nas madeiras.

4.3.2 Microscopia eletrônica de varredura

Na Figura 2 estão apresentadas as imagens obtidas a partir da microscopia eletrônica de varredura, do plano transversal das madeiras de *Eucalyptus grandis*, nos diversos tratamentos investigados, sendo visível a variação do dano causado pela exposição ao fungo *Trametes versicolor* conforme os tratamentos.

Figura 2 - Superfície da madeira tratada com CCB (A), testemunha (B), madeira tratada com o extrato aquoso da casca de *Hovenia dulcis* (C), madeira tratada com o extrato aquoso da madeira de *Hovenia dulcis* (D), madeira tratada com o extrato aquoso da casca de *Ateleia glazioviana* (E) e madeira tratada com o extrato aquoso da madeira de *Ateleia glazioviana* (F).



Fonte: Autoria própria.

Nas amostras tratadas com CCB (A) os elementos anatômicos são visíveis e a ação do fungo pouco perceptível, seguido das amostras tratadas com o extrato da madeira e casca de *Hovenia dulcis* (D) e extratoda casca de *Ateleia glazioviana* (E), onde os danos foram menores visualmente em comparação com as madeiras tratadas com o extrato da madeira de *Ateleia glazioviana* (F) e não tratada (B), que apresentou o pior desempenho, onde não

é possível distinguir a estrutura da madeira e os danos são evidentes. Estes resultados já eram esperados em função dos valores de perda de massa apresentados pelos tratamentos, onde os que apresentaram menores perdas de massa também visualmente tiveram um menor desgaste pelo fungo apodrecedor.

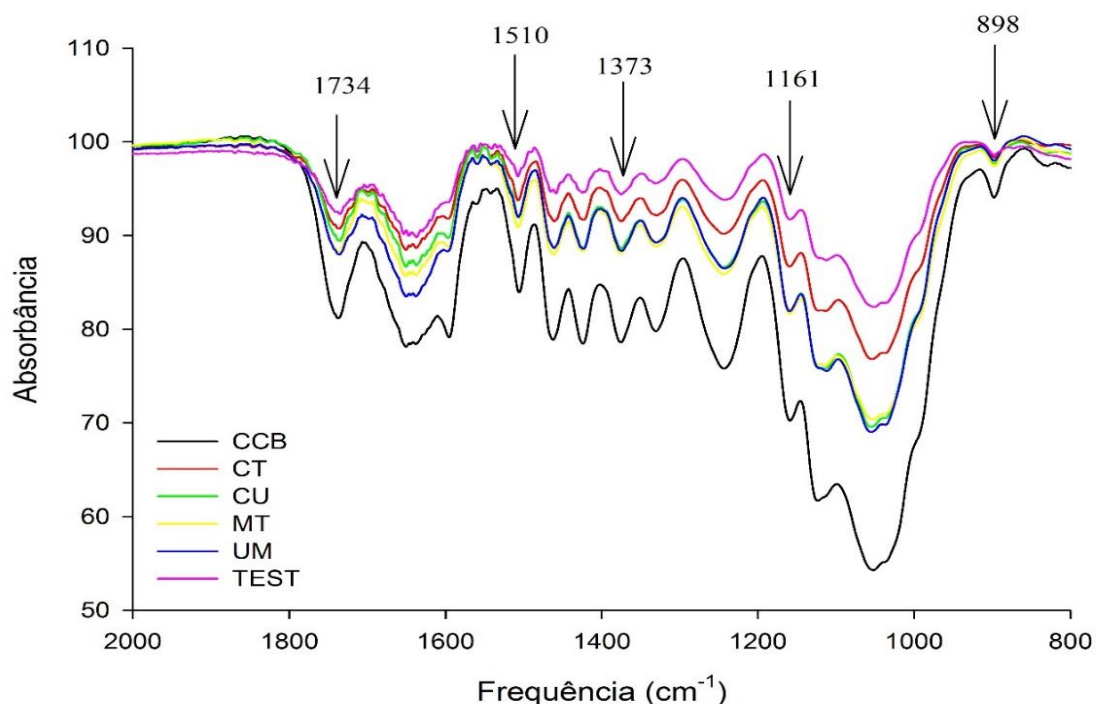
Visualmente, é possível inferir que as imagens dos tratamentos com os extratos da casca e madeira de *Hoveia dulcis* (C) e casca de *Ateleia glazoviana* (E) apresentaram-se muito semelhantes. Este resultado ratifica o desempenho observado para a perda de massa das amostras, onde estes mesmos tratamentos também apresentaram semelhança. Já as amostras tratadas com o extrato da madeira de *Ateleia glazovianda* mostra desempenho inferior de perda de massa em relação aos tratamentos com os demais extratos, essa correlação pode ser vista pela imagem F da Figura 2, onde o fungo mostra-se ramificado na madeira.

Segundo ARCHER & LEBOW (2006), os fungos apodrecedores possuem como uma de suas principais características a capacidade das hifas ramificarem-se através da estrutura tridimensional da madeira. Ainda, BLANCHETTE et al. (1994), comentam que materiais lignocelulósicos degradados por fungos de podridão branca adquirem uma aparência esbranquiçada e se rompem facilmente no sentido das fibras.

4.3.3 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR)

Na Figura 3 apresentam-se os espectros para as madeiras de *E. grandis* dos diversos tratamentos no intervalo de onda de 1800 a 800 cm^{-1} , onde encontram-se as principais variações nos compostos químicos na madeira (CADEMARTORI et al., 2013a).

Figura 3 - Espectros de absorção por espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) para a espécie de *Eucalyptus grandis* tratada com os diferentes extratos naturais, mistura CCB e não tratada, exposta ao fungo *Trametes versicolor*.



Fonte: Autoria própria.

É possível observar a diminuição nos valores de absorção das amostras da madeira de *E. grandis* expostas ao fungo *Trametes versicolor* em ensaio de apodrecimento acelerado, a redução dos constituintes está indicada de acordo com cada banda de referência, sendo a madeira tratada com CCB a que apresentou a maior redução nos intervalos apresentados. Ainda, podemos inferir visualmente que os tratamentos com os extratos da madeira e casca de *H. dulcis* e da madeira de *A. glazoviana* apresentaram comportamentos muito semelhantes, o que já foi observado anteriormente na avaliação de perda de massa das amostras.

No intervalo de 1161 a 898 cm^{-1} a madeira tratada com CCB apresentou a maior redução na absorção. Sendo o pico de 1161 cm^{-1} , que se refere à

vibração C-O-C em celulose e hemicelulose e 898 cm^{-1} para deformação C-H em celulose (ZHANG et al., 2007).

4.3.4. Solubilidade

Quanto a solubilidade em NaOH 1% é possível observar na Tabela 3 os valores das amostras tratadas após o período de ataque fúngico. Observa-se que a testemunha se apresenta como a mais solúvel em comparação com as demais, seguidas das tratadas com os extratos da madeira e da casca de *Hovenia dulcis*. Já as madeiras tratadas com a mistura de CCB e os extratos da madeira e casca de *Ateleia glazioviana* obtiveram os melhores desempenhos, não tendo diferença estatística dentre si.

Tabela 3 - Valores de solubilidade das madeiras em NaOH 1% dos diferentes tratamentos.

Tratamento	Solubilidade em NaOH 1%
Testemunha	32,15a
CCB	18,50b
Casca <i>Hovenia dulcis</i>	21,11ab
Madeira <i>Hovenia dulcis</i>	26,70ab
Casca <i>Ateleia glazioviana</i>	16,33b
Madeira <i>Ateleia glazioviana</i>	18,93b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste T à 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

Pettersen (1984), traz que a degradação da holocelulose está intimamente ligada aos teores de solubilidade em NaOH a 1% e com os teores de extrativos totais, o primeiro parâmetro indica a formação de radicais livres solúveis em álcali e o segundo à fase final do processo de degradação de tais compostos, onde pode-se encontrar a presença de açúcares simples provenientes de sua total degradação. Sendo assim, para o presente estudo madeiras não tratadas e as tratadas com os extratos da casca e madeira de *H.*

dulcis apresenta maior degradação da holocelulose e redução dos valores de extrativos totais.

A verificação da solubilidade da madeira é possível, pois a solução de NaOH a 1% extrai carboidratos de baixo peso molecular, constituídos basicamente de polioses e celulose degradada, podendo indicar o grau de degradação por fungos, calor, luz, oxidação, entre outros, sendo que, na madeira degradada, a porcentagem de materiais solúveis em NaOH a 1% aumenta (TAPPI. 1994C).

4.4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados verificados no presente estudo, todos os extratos aquosos dos materiais lignocelulósicos (madeira e casca de *Hoveia dulcis* e *Ateleia glazoviana*) apresentam potencial preservativo para madeiras de *E. grandis*. Por meio das avaliações realizadas neste Capítulo, foi possível inferir que todos os tratamentos com os extratos mostraram-se semelhantes. ou muito próximos, dos resultados obtidos com madeiras impregnadas com a mistura CCB. Uma alternativa para melhorar o desempenho (eficiência) dos biopreservantes poderia ser o aumento da concentração dos extratos.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. V. S.; COSTA, A. F.; ESPIG, D. S.; VALE, A. T. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 17 - 26, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1413**: standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v. 410, p. 119 - 121, 1994a.

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

ARCHER, K.; LEBOW, S. Wood preservation. In: WALKER, J.C.F. Primary wood processing: principles and practice. **Dordrecht: Springer**, 2006. Cap.9, p.297-338.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 7990** – Madeira - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%. Rio de Janeiro, 2010.

BLANCHETTE, R. A.; OBST, J. R.; TIMELL, T. E. Biodegradation of compression wood and tension by white and brownrot fungi. **Holzforschung**, v. 48, p.34 - 42, 1994.

CADEMARTORI, P. H. G.; SANTOS, P. S. B.; SERANO, L.; LABIDI, J.; GATTO, D. A. Effect of thermal treatment on physicochemical properties of Gympie messmate wood. **Industrial Crops and Products**, v. 45, n. 0, p. 360 - 366, 2013a.

CARVALHO, D. E.; SANTINI E. J.; MARTINS, A. P. M.; SUSIN, F.; FREITAS, L. S.; TALGATTI, M. Natural durability of *Eucalyptus dunnii* Maiden, *Eucalyptus robusta* Sm., *Eucalyptus tereticornis* Sm. and *Hovenia dulcis* Thunb. wood in field and forest environment. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 363 – 370, 2016.

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

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF, p. 51,1988.

NAGADESI, P. K.; ARYA, A. Delignification of valuable timbers decayed by India Lignicolous fungi. **International Letters of Natural Sciences**, v. 16, p. 101 – 120, 2014.

OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B. Resistência biológica da madeira de espécies de eucalipto ao ataque de cupim de madeira seca. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 113, p. 145 - 150, 2017.

OKINO, E. Y. A.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. S.; SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Physicomechanical properties and decay resistance of cupressus spp. Cement-bonded particleboards. **Cement and Concrete Composites**, v. 27, p. 333 - 338, 2005.

PETTERSEN, R. C. **Chemical composition of wood**. Washington: American Chemical Society, 1984.

SILVA, C. A.; MONTEIRO, M. B. B.; BRAZOLIN, S.; LOPEZ, G. A. C.; RICHTER, A.; BRAGA, M. R. Biodeterioration of brazilwood *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae - Caesalpinioideae) by rot fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, New York, v. 60, p. 285 - 292, 2007.

SILVA, D. T.; HERRERA, R.; HEINZMANN, B. M.; CALVO, J.; LABIDI J. *Nectandra grandiflora* By-Products Obtained by Alternative Extraction Methods

as a Source of Phytochemicals with Antioxidant and Antifungal Properties. **Molecules**, Basel, v. 23, n. 372, p. 1 - 16, 2018.

SILVA, D. T.; HERRERA, R.; BATISTA, B. F.; HEINZMANN, B. M.; LABIDI, J. Physicochemical characterization of leaf extracts from *Ocotea lancifolia* and its effect against wood-rot fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 117, p. 158 - 170, 2017.

SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; KULCZYNSKI, S. M.; TREVISAN, R. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 383 - 391, 2017.

Technical Association for the Worldwide Pulp, Paper and Converting Industry - TAPPI. TAPPI 211: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525 C°C. Atlanta; 1994b

VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469 - 480, 2011.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; GARLET, A.; MORAIS, W. W. C. Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus Cloeziana* a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 175 - 183, 2015.

ZHANG, X.; YU, H.; HUANG, H.; LIU, Y. Evaluation of biological pretreatment with white rot fungi for the enzymatic hydrolysis of bamboo culms. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 60, n. 3, p. 159 - 164, 2007.

5. CAPÍTULO IV RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp. TRATADA COM BIOPRESERVANTES EM ENSAIO DE CAMPO

5.1 INTRODUÇÃO

Os vegetais lenhosos têm sido empregados para diversos fins, sendo uma das fontes mais utilizadas para produção de energia, celulose e papel, material de construção para os meios urbano e rural, produtos para fins medicinais, entre outros, evidenciando assim sua importância como material renovável e mais acessível que as outras fontes de matéria-prima (PAES, et al., 2013).

Toda madeira é suscetível ao ataque de organismos xilófagos e, dependendo das condições ambientais, sofrerá uma maior ou menor deterioração (TEXEIRA et al., 1997). Sob condições adversas ou em contato com o solo, torna-se necessário o uso de espécies de alta durabilidade natural ou de baixa durabilidade, mas com facilidade de impregnação quando submetidas a tratamento preservativo, por meio da adição de produtos químicos; tornando-a mais resistente principalmente ao ataque biológico, que são os principais deterioradores da madeira em curto prazo (Barillari & Freitas, 2002). Milani e Kripka (2012) destacam que a deterioração da madeira é reconhecida como um processo em que ocorrem alterações nas suas propriedades, ocasionadas por agentes físicos, químicos ou biológicos, sendo os últimos com maior importância econômica.

A sociedade moderna vem buscando dar uma maior atenção às questões ambientais preferindo utilizar para o tratamento de madeiras produtos naturais que podem garantir a sustentabilidade do meio ambiente e a saúde humana. A busca por tecnologias limpas, visam minimizar os prejuízos ocasionados pela utilização passada de substâncias nocivas, e muitas vezes tóxicas, tais como o CCA – arseniato de cobre cromatado e o CCB – borato de cobre cromatado. Pesquisadores como Paes et al., (2010), Paes et al., (2012) e Silveira et al., (2017) voltaram seus estudos aos produtos naturais alternativos como biopreservantes, utilizando óleos de *Eremanthus erythropappus* (candeia) e *Azadirachta indica* (nim) e *Ricinus communis* L. (mamona) e extrato natural de *Acacia mearnsii* (acácia) na preservação de madeiras.

A fim de avaliar a eficácia de novos produtos biopreservantes de madeiras, os ensaios de deterioração em campo são a oportunidade de expor a madeira a uso no solo, às intempéries do ambiente e a uma vasta gama de microorganismos e insetos xilófagos (PAES et al., 2009).

Sendo assim, o trabalho objetiva avaliar a resistência biológica da madeira tratada com extratos naturais aquosos de materiais lignocelulósicos (madeira, casca e folhas) de *Hovenia dulcis* (uva-do-Japão) e *Ateleia glazioviana* (timbó), submetidas a ensaios de deterioração no ambiente de floresta.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Obtenção do material vegetal e dos extratos

O processo de obtenção do material vegetal utilizado na confecção dos extratos foi anteriormente descrito no Capítulo II, Material e Métodos.

5.2.2 Coleta e preparo dos corpos de prova e condução do experimento

Foram amostradas 6 árvores de *Eucalyptus grandis* ao acaso com 20 anos de idade, evitando-se indivíduos de bordadura, fuste tortuoso e com presença de bifurcação. Com auxílio de motosserra, retirou-se a primeira e a segunda tora de cada árvore, com aproximadamente 3 m de comprimento. Após, com auxílio de serra de fita, aplainadora, serra circular e destopadeira confeccionou-se o pranchão central, de onde os corpos de prova de 30 cm x 2 cm x 2cm de comprimento, largura e espessura foram confeccionados para os tratamentos.

As amostras, 10 por tratamento, foram então impregnadas com os extratos em autoclave de laboratório (Figura 1) por meio do método de pressão de célula cheia (ou seja, vácuo associado à pressão) em autoclave, efetuando-se inicialmente um período de vácuo de 15 minutos e posteriormente pressão durante 60 minutos sendo utilizadas testemunhas inferiores (amostras não tratadas) e superiores (tratadas com uma mistura de Cobre, Cromo e Boro -

CCB). Foram utilizadas testemunhas inferiores (amostras não tratadas) e superiores (tratadas com uma mistura de Cobre, Cromo e Boro-CCB).

Figura 1 - Autoclave de laboratório.



Fonte: Autoria própria.

5.2.3 Campo de apodrecimento

O local escolhido para instalação do campo de apodrecimento (Figura 2) é um fragmento de floresta recuperada pertencente à Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria, RS. No ambiente de deterioração de floresta, os corpos de prova foram distribuídos em três blocos casualizados contendo em cada uma das seis linhas, sendo alocados, aleatoriamente, 10 corpos de prova de cada tratamento por bloco. Os blocos e as suas linhas foram distanciados 50 e 25 cm entre si, respectivamente. Por sua vez, os corpos de prova foram enterrados parcialmente, aproximadamente 15 cm, estando equidistantes 5 cm uns dos outros onde permaneceram expostas por 180 dias.

Figura 2- Campo de apodrecimento ambiente floresta.



Fonte: Autoria própria.

5.2.4 Perda de massa

Os corpos de prova da madeira, antes e após a exposição a campo, foram secos em estufa à temperatura 103°C para obtenção da massa seca, e por meio da diferença entre a massa seca inicial e final, obter-se-á a perda de massa (Equação 1).

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

Em que: PM = perda de massa, %; M_i = massa inicial, g; M_f = massa final, g.

5.2.5 Propriedades física e mecânicas

5.2.5.1 Massa específica aparente

A massa específica aparente a 12% de umidade foi determinada a partir da massa e volume das amostras tomados após estabilização da umidade de equilíbrio das mesmas em câmara climatizada à temperatura de 20 ± 2 °C e

umidade relativa de $65 \pm 5\%$, tendo como base a NBR 7190/97 – Projeto de Estruturas de Madeira. Para tanto, foram usados os mesmos corpos de prova utilizados no ensaio mecânico de flexão dinâmica, onde todas as amostras foram pesadas em balança analítica e medidas suas dimensões nos três sentidos anatômicos com auxílio de paquímetro digital para a determinação da massa específica aparente a 12% de umidade. Conforme equação 2, abaixo:

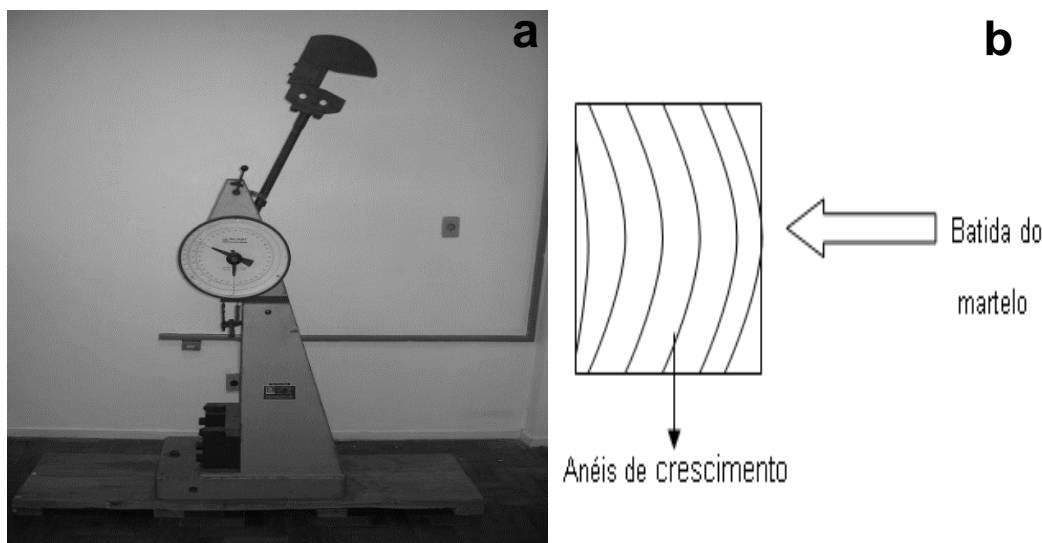
$$Mea = P_{12\%} / V_{12\%} \quad (2)$$

Em que: Mea= massa específica aparente (g.cm^{-3}); P12%= peso das amostras com 12% de umidade; V12%= volume das amostras com 12% de umidade (cm^3).

5.2.5.2 Flexão dinâmica

Após a retirada das amostras do ensaio de campo, foi realizado o teste mecânico de flexão dinâmica a norma NF B51009 da Association Francaise de Normalization (AFN, 1942), utilizando 10 amostras em cada um dos seis (06) tratamentos. O ensaio de flexão dinâmica realizou-se no pêndulo de Charpy (Figura 2) no Laboratório de Produtos Florestais-LPF da Universidade Federal de Santa Maria.

Figura 2 - Ensaio de flexão dinâmica (1) realizado pelo Pêndulo de Charpy (1a) e mostrando o sentido da batida do martelo no corpo de prova (1b).



Fonte: Autoria própria.

Quando o pêndulo é liberado, ocorre o impacto com o corpo de prova, obtendo-se o trabalho absorvido (W) em Joule, na escala graduada da máquina. Os dados obtidos no ensaio de flexão dinâmica foram convertidos de Joule para kgm utilizado a relação $1 \text{ joule} = 0,101972 \text{ kgm}$. Em seguida, de acordo com a L'A Association Francaise de Normalization (AFN, 1942), estimou-se o coeficiente de resiliência (K) e a cota dinâmica (CD), utilizando para isso as Equações 1 e 2, respectivamente para fins de comparação com outros estudos. Adicionalmente foi aferido a resistência da madeira a flexão dinâmica (f_{bw}) de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997), por meio da equação 5.

$$K = \frac{W}{b \cdot \left(h^{\frac{10}{16}}\right)} \quad (3)$$

Em que: K = coeficiente de resiliência (MPa.m); W = trabalho absorvido para romper o corpo-de-prova (J); b e h = dimensões transversais do corpo-de-prova (cm).

$$CD = \frac{K}{\rho_{\text{aparente}}^2} \quad (4)$$

Em que: CD = cota dinâmica; K = coeficiente de resiliência (MPa.m); ρ_{ap} = densidade aparente (g/cm³).

$$f_{\text{bw}} = \frac{1000 \cdot W}{b \cdot h} \quad (5)$$

Em que: f_{bw} = resistência ao impacto, em KJ/m²; W = energia necessária para fraturar o corpo-de-prova (trabalho absorvido), em Joules (J); b e h = dimensões transversais do corpo-de-prova (mm).

5.2.6 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR)

Para a análise das amostras de madeira de cada tratamento, realizou-se a microscopia eletrônica de varredura (MEV). O princípio de funcionamento desse equipamento se dá por meio do bombardeamento da amostra com feixe de elétrons que fará uma varredura na superfície dela causando emissão de radiação pela amostra. Essa radiação será captada pelo computador que irá traduzir e apresentar a imagem na tela do monitor, que será analisada. A técnica possui capacidade de ampliar uma amostra até 20.000 vezes o seu tamanho original e, por isso, é utilizada em investigações nas quais seria difícil obter boas imagens com o microscópio convencional. A análise foi desenvolvida em microscópio eletrônico da marca TESCAN, equipamento VEGA3.

5.2.7 Análise estatística

Para análise dos dados, o modelo experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, e analisados estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, as análises foram executadas pelo pacote estatístico Genes (CRUZ, 2001).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Perda de Massa

Os valores aferidos para a perda de massa das amostras nos diferentes tratamentos, transcorrido o período de exposição ao ensaio de campo no ambiente florestal e a massa específica aparente das amostras, podem ser visualizados na Tabela 1. Observa-se que os valores de perda de massa não diferiram entre os tratamentos com os extratos e estão no intervalo dos valores de 2,04% para a testemunha e 0,21% de perda de massa, porém estando em valores absolutos mais próximos aos verificados para as amostras sem tratamento (testemunha).

É importante mencionar que a decomposição de materiais biológicos está relacionada a uma série de fatores, tais como as condições climáticas, composição da comunidade decompositora, afinidade com o substrato e as características do material exposto. Swift et al. (1979) ressaltam, que esses elementos quando correlacionados fecham o ciclo da deterioração, sendo ainda preciso acrescentar a ação do sol sobre a madeira, que gera uma variação de temperatura e nas tensões criadas pelo umedecimento e secagem, tornando-se contribuintes no processo.

Vivian et al. (2014), verificaram perda de massa mínima após exposição ao ambiente florestal, para as madeiras tratadas com arseniato de cobre cromatado (CCA) e não tratadas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, os valores não passaram de 5%, para ambas as espécies em estudo, no período máximo a campo que foi de 300 dias. No período de 180 dias os autores supracitados verificaram valores semelhantes ao presente estudo para a madeira não tratada de *E. grandis*, e maiores para o observado para a madeira tratada com CCA em relação ao presente estudo com CCB, 2,06 e 0,21% respectivamente.

Tabela 1 - Valores médios de perda de massa e massa específica aparente das madeiras de *Eucalyptus grandis* tratada com os diferentes extratos

naturais, mistura CCB e não tratada, exposta ao ambiente de floresta por 180 dias.

Tratamento	Perda de Massa (%)	Massa específica aparente (g.cm ⁻³)
Testemunha	2,04a	0,4969a
CCB	0,21b	0,5456a
Casca <i>Hovenia dulcis</i>	1,82ab	0,4657a
Madeira <i>Hovenia dulcis</i>	1,50ab	0,4657a
Casca <i>Ateleia glazioviana</i>	1,89ab	0,4783a
Madeira <i>Ateleia glazioviana</i>	1,70ab	0,4852a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste T à 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

Quanto aos valores aferidos de massa específica aparente após o tratamento com os extratos e mistura CCB, não se apresenta diferença estatística entre os tratamentos, possivelmente por tratar-se da mesma espécie em avaliação. Porém, em termos absolutos para as madeiras tratadas com a mistura CCB nota-se um ligeiro aumento na massa específica aparente, 0,5456 g.cm⁻³, neste tratamento a perda de massa foi irrisória em comparação com as demais. De acordo com Bowyer et al. (2003), madeiras que possuem uma densidade mais alta tendem a apresentar teores de extrativos mais elevados e uma maior resistência a organismos xilófagos.

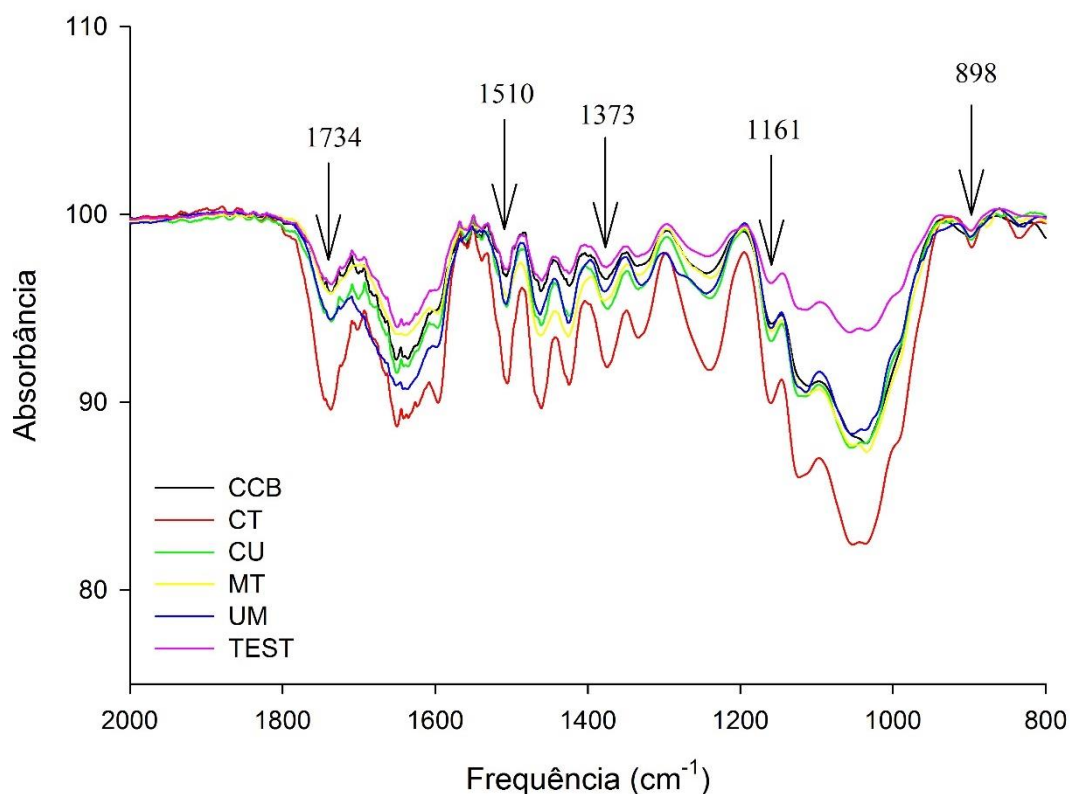
5.3.2 Espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (ATR-IR)

Na Figura 3, observa-se os picos de onda de 1800 a 800cm⁻¹ para as amostras dos tratamentos do presente estudo. A principal variação que pode ser visualizada ocorreu entre os picos de 1161 e 898cm⁻¹, onde as amostras tratadas com CCB e com os extratos de madeira e casca de *H. dulcis* e madeira *A. glazioviana*, apresentam picos muito semelhantes, o que evidencia que os tratamentos supracitados possuem comportamento muito semelhante a campo em comparação com o tratamento CCB. Portanto, podemos inferir que

as amostras expostas à campo não apresentam grande lixiviação e que os tratamentos com os extratos podem ser considerados para uso externo, uma vez que seu comportamento na madeira se apresenta em linha com o verificado para a testemunha superior (CCB).

O intervalo entre os picos 1161 e 898cm^{-1} , referem-se ao intervalo de ligações C-O não simétricas da celulose, que se intensificam conforme a degradação da hemicelulose (CADEMARTORI et al., 2013b) e às ligações β -glicosídeos entre açúcares.

Figura 3 - Espectros de absorção por espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) para as madeiras de *Eucalyptus grandis* tratada com os diferentes extratos naturais, mistura CCB e não tratada, exposta ao ambiente de floresta.



Fonte: Autoria própria.

5.3.3 Flexão dinâmica

Na Tabela 2, é possível visualizar os valores médios da resistência ao impacto (fbw), do trabalho absorvido (W), o coeficiente de resiliência (K), e cota dinâmica (CD) das madeiras de *Eucalyptus grandis* nos diferentes tratamentos após exposição ao ambiente de campo floresta. Observa-se por meio dos resultados apresentados que em nenhuma das avaliações os tratamentos demonstraram diferenças significativas, o que pode ser explicado pelo baixo tempo de exposição, 180 dias, e por se tratar da mesma espécie de madeira. Cabe ressaltar também, que a perda de massa em geral ficou abaixo dos 2%, o que pode ter provocado poucas mudanças nas propriedades mecânicas.

Além disso, Haselein et al. (2002) destacam que as propriedades mecânicas da madeira são influenciadas por diversos fatores, dentre estes, a posição na árvore, a umidade, o tempo de duração da carga e a estrutura anatômica da madeira.

Tabela 2 - Valores médios do trabalho absorvido (W), coeficiente de resiliência (K), cota dinâmica (CD), resistência ao impacto (fbw) para as madeiras de *Eucalyptus grandis* tratadas com os diferentes extratos naturais, mistura CCB e não tratada, exposta ao ambiente de floresta.

Tratamento	Fbw (KJ.m ⁻²)	W (Kgm)	K (Kgf.cm ⁻²)	CD
Testemunha	24,91a	1,03a	0,33a	1,15a
CCB	37,22a	1,55a	0,50a	1,31a
Casca <i>H. dulcis</i>	20,86a	0,86a	0,28a	1,08a
Madeira <i>H. dulcis</i>	20,94a	0,87a	0,28a	1,07a
Casca <i>A. glazioviana</i>	22,84a	0,94a	0,30a	1,04a
Madeira <i>A. glazioviana</i>	26,29a	1,07a	0,35a	1,21a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste T à 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

Stangerlin et al. (2009) que, estudando as espécies *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus botrioides*, obtiveram valor de trabalho absorvido (W) de 4,1 kgm para ambas as espécies. Para o presente estudo os valores de W ficaram no intervalo de 0,86 a 1,55 kgm, não havendo diferença estatística entre os resultados. Porém, em valores absolutos as madeiras tratadas com a mistura CCB apresentaram melhor desempenho. Já Stangerlin et al. (2008a), em estudo com três espécies de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna*), encontraram para o coeficiente de resiliência (K) valor máximo de 0,32988 kgm.cm⁻² e mínimo de e 0,05047 kgm.cm⁻², respectivamente. Ao comparar o presente estudo com as espécies de Eucalipto citadas anteriormente, evidencia-se que a madeiras nos diversos tratamentos encontram-se, em média, dentro deste intervalo mesmo após exposição ao ambiente floresta por 180 dias, com exceção da madeira tratada

com CCB que apresentou melhor resultado, porém sem diferença estatística entre os demais tratamentos.

Beltrame et al. (2010), afirmam que para uma madeira ser considerada resiliente, ou seja, de alta resistência ao impacto, o valor de Cota Dinâmica (CD) deve ser superior a 1,2, sendo esta a capacidade do material em suportar impacto. Considerando os valores deste estudo, pode-se afirmar que após exposição ao ambiente de floresta apenas as madeiras tratadas com CCB e com o extrato da madeira de *A. glaziovina*, definem-se como resilientes.

5.4 CONCLUSÕES

A perda de massa da madeira não tratada e tratada com CCB representa, respectivamente, a maior e a menor média, indicando que o fator exposição interfere nas variáveis analisadas. Porém, para as avaliações mecânicas não houve diferenças significativas, podendo ser explicado devido ao tempo de exposição dos materiais ao ambiente floresta, 180 dias. Recomenda-se para próximos estudos, a avaliação mais prolongada de exposição ao ambiente externo para poder precisar melhor o desempenho de biopreservantes.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projetos de estruturas de madeira - Rio de Janeiro, p. 107, 1997.

ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALIZATION - AFN. Norme Francaise, bois essai de choc ou flexion dynamique. **NF B51-009**. Paris: p.3, 1942.

BARILLARI, T. C.; FREITAS, V. P. **Preservação**. Revista da Madeira, São Paulo, n. 68, 2002.

BELTRAME, R.; GATTO, D. A.; MODES, K. S.; STANGERLIN, D. M.; TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R. Resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo em diferentes condições de umidade. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 499 - 504, 2010.

Bowyer, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. 4th. ed. Iowa: Iowa State Press, 2003. 554 p

CADEMARTORI, P. H. G.; SANTOS, P. S. B.; SERRANO, L.; LABIDI, J.; GATTO, D. A. Effect of thermal treatment on physicochemical properties of Gympie messmate wood. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p.360 - 366, 2013b.

CRUZ, C.D. **Programa Genes – versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

HASELEIN, C. R.; BERGER, R.; GOULART, M; STHAL, J.; TREVISAN, R.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147 - 152, 2002.

MILANI, C. J.; KRIPKA, M. A Identificação de Patologias em Pontes de Madeira: diagnóstico realizado no sistema viário do município de Pato Branco - Paraná. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 4, n. 1, p. 23 - 33, 2012.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R.; SANTOS, J. C. dos. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simuladores de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 511 - 520, 2009.

PAES, J. B.; FONSÊCA, C. M. B.; LIMA, C. R.; SOUZA, A. D. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 217 - 225, 2010.

PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R.; SOUZA, P. F. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e mamona (*Ricinus communis* L.) na resistência da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaerth.) a fungos xilófagos em simuladores de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 617 - 624 ,2012.

PAES, J. B.; MEDEIROS NETO, P. N.; LIMA, C. R.; FREITAS, M. F.; DINIZ, C. E. F. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 399 - 405, 2013.

SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; KULCZYNSKI, S. M.; TREVISAN, R. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 383 - 391, 2017.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; GATTO, D. A.; BELTRAME, R.; TREVISAN, R.; CALEGARI, L. Qualificação das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna* através da resistência ao choque. In: XVI congresso de iniciação científica, pesquisa e responsabilidade ambiental. Pelotas, Rio Grande do Sul. **Anais...** 2008a. UFPel, Pelotas Rio Grande do Sul. p.1 - 5.

SWIFT, M. J.; HEAL, D. W.; ANDERSON, J. M. *Studies in Ecology- Decomposition in Terrestrial and Aquatic Ecosystems*. Oxford: Blackwell, 1979. 371p.

TEIXEIRA, D. E.; COSTA, A. F.; SANTANA, M. A. E. Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. **Scientia forestalis**, n. 52, p. 29 -34, 1997.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; CORRÊA, W. W. Resistência biológica da madeira tratada de duas espécies de *Eucalyptus* em ensaio de campo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 425 - 433, 2014.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os extratos aquosos dos materiais lignocelulósicos (madeira, casca e folha) de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glaziovina*, apresentaram por meio dos ensaios realizados no presente estudo, potencial fungitóxico à organismos decompositores na concentração de 10%. Nos ensaios de laboratório todos os extratos apresentaram resultados potenciais, porém quando exposta a madeira tratada com eles ao ambiente, estes resultados não foram perceptíveis. É possível que tal desempenho seja em virtude do pouco tempo de exposição das madeiras, 180 dias. Recomenda-se novos estudos com uma maior concentração, onde possivelmente os resultados bons sejam potencializados, e um maior tempo de exposição da madeira tratada ao ambiente para melhor aferição do desempenho do biopreservante.

Ademais, é importante mencionar que estudos propositivos sobre novas substâncias, que possam vir a ser empregadas como potenciais biopreservantes traz luz sob os avanços tecnológicos na área de preservação de madeiras. Tais considerações são importantes, no sentido de trazer benéficos em relação às limitações dos tratamentos convencionais. O Brasil é um país rico e com diversidade em espécies vegetais que possuem substâncias que ainda não foram exploradas, neste sentido é de suma importância que novos trabalhos nesta linha de pesquisa sejam desenvolvidos e aprimorados.