

Évelyn Janaina Grosskopf

**EFICIÊNCIA DE PRODUTOS NATURAIS NO TRATAMENTO
PRESERVATIVO DAS MADEIRAS DE *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus
viminalis* E *Pinus taeda* À FUNGOS APODRECEDORES**

Curitibanos

2018

Évelyn Janaina Grosskopf

**EFICIÊNCIA DE PRODUTOS NATURAIS NO TRATAMENTO
PRESERVATIVO DAS MADEIRAS DE *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus
viminalis* E *Pinus taeda* À FUNGOS APODRECEDORES**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Magnos Alan Vivian

Curitibanos

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Grosskopf, Évelyn Janaina
EFICIÊNCIA DE PRODUTOS NATURAIS NO TRATAMENTO
PRESERVATIVO DAS MADEIRAS DE Araucaria angustifolia,
Eucalyptus viminalis E Pinus taeda À FUNGOS APODRECEDORES /
Évelyn Janaina Grosskopf ; orientador, Magnos Alan Vivian
Vivian, 2018.
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2018.

Inclui referências.

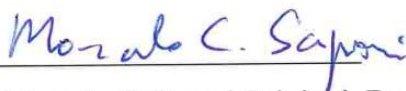
1. Engenharia Florestal. 2. Preservação da madeira. 3.
Compostos naturais. 4. Apodrecimento acelerado. I. Vivian,
Magnos Alan Vivian. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Évelyn Janaina Grosskopf

**EFICIÊNCIA DE PRODUTOS NATURAIS NO TRATAMENTO
PRESERVATIVO DAS MADEIRAS DE *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus
viminalis* E *Pinus taeda* À FUNGOS APODRECEDORES**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora

Curitiba, 23 de novembro de 2018.



Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Magnos Alan Vivian, Dr.


Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof^a. Karina Soares Modes, Dr^a.

Universidade Federal de Santa Catarina



Willian Grubert, Me.

Engenheiro Florestal

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre fizeram de tudo para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por ter me segurado nas horas mais difíceis, pelas pessoas que colocou em meu caminho nesse período e, principalmente, por ter me permitido chegar aqui e acreditar que o melhor ainda está por vir.

Aos meus pais, Abel e Rosicler, por todo apoio e incentivo que me deram, fazendo com que eu não desistisse e acreditasse que no final tudo valeria a pena. Vocês foram a minha estrutura durante todos esses anos, sem vocês nada seria possível!

À minha irmã, Suélen, que mesmo longe se fez presente e me incentivou para que eu sempre buscasse o melhor.

Aos meus avós Romoaldo e Leonilda (“*in memoriam*”) por todo amor e carinho.

Ao meu namorado, Victor, por todo apoio, carinho e palavra amiga. Por sempre querer o meu melhor e, pacientemente, entender a minha ausência em determinados momentos.

Aos meus amigos e colegas que sempre torceram por mim e que, de alguma forma, colaboraram para que eu chegasse até aqui.

À minha amiga, Gláucia Cota Nunes, que auxiliou na execução de todas as etapas deste trabalho. Obrigada pela ajuda, apoio, companheirismo e, principalmente, por sua amizade.

À Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos, pela estrutura e por ter sido minha segunda casa durante esse período.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Magnos Alan Vivian, pela dedicação, confiança e orientação desde o início da graduação. Obrigada por cada ensinamento e por sempre estar disponível para sanar minhas dúvidas.

À Prof^a. Dr^a Adriana Terumi Itako pela ajuda e suporte durante todo o ensaio.

Aos demais professores e servidores da Universidade Federal de Santa Catarina que contribuíram diretamente ou indiretamente para minha formação.

Ao Laboratório de Produtos Florestais, do Serviço Florestal Brasileiro, pelo fornecimento dos agentes xilófagos.

À Madeireira Marisol pela doação das madeiras utilizada no experimento.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC por subsidiar o projeto.

Muito obrigada!

RESUMO

A madeira, devido sua constituição orgânica, é altamente suscetível a agentes biodeterioradores, tornando-se essencial o tratamento preservativo àquelas que apresentam baixa durabilidade natural. Atualmente, os principais produtos utilizados no tratamento preservativo da madeira são o CCA e o CCB, os quais em razão da sua constituição são tóxicos ao meio ambiente e a saúde humana. Frente à essa situação, torna-se essencial o desenvolvimento de estudos acerca de produtos naturais que apresentem ação biocida, podendo assim ser utilizado no tratamento de madeira, conferindo maior proteção e aumentando o tempo de vida útil da peça. Levando em consideração esta perspectiva, o presente estudo tem por objetivo avaliar a qualidade (penetração e retenção) e eficiência de preservantes naturais aplicados no tratamento das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*, submetidas ao apodrecimento acelerado em condições de laboratório. As madeiras das três espécies (*A. angustifolia*, *E. viminalis* e *P. taeda*) foram submetidas ao tratamento preservante com tanino, *tall oil* e óleo de nim, utilizando o método caseiro de imersão rápida a frio, na concentração de 5% do produto preservante, por 5 minutos. Na sequência foram avaliadas através do ensaio de apodrecimento acelerado sob à ação dos fungos apodrecedores *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, seguindo as recomendações das normas ASTM D 2017 (2005) e ASTM D 1413 (1999). Com base nos resultados, observou-se que a madeira de *P. taeda* exibiu a melhor penetração aos preservantes óleo de nim e *tall oil*. O tanino retratou penetração vascular para as três espécies. Os melhores valores de retenção foram das madeiras de *A. angustifolia* e *P. taeda*, para todos os tratamentos aplicados. Quanto a eficiência, em comparação aos resultados encontrados para as outras espécies, todos os tratamentos foram eficientes para a madeira de *P. taeda* quando em contato ao fungo de podridão parda (*G. trabeum*).

Palavras-chave: Preservação da madeira. Compostos naturais. Apodrecimento acelerado. Tanino. Óleo de nim. *Tall oil*.

ABSTRACT

Wood, due to its organic constitution, is highly susceptible to biodeteriorating agents, making condom treatment essential to those with low natural durability. Currently, the main products used in the preservative treatment of wood are the CCA and the CCB, which because of their constitution are toxic to the environment and human health. Faced with this situation, it is essential to develop studies on natural products that have a biocidal action and can thus be used in the treatment of wood, giving greater protection and increasing the useful life of the piece. Taking into account this perspective, the present study aims to evaluate the quality (penetration and retention) and the efficiency of natural preservatives applied to the treatment of *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* and *Pinus taeda*, subjected to accelerated rotting under laboratory conditions. The woods of the three species (*A. angustifolia*, *E. viminalis* and *P. taeda*) were submitted to preservative treatment with tannin, *tall oil* and neem oil, using the cold quick immersion method at the concentration of 5% of the product preservative solution for 5 minutes. In the sequence were evaluated by the accelerated rotting test under the action of rotting fungi *Trametes versicolor* and *Gloeophyllum trabeum*, following the recommendations of ASTM D 2017 (2005) and ASTM D 1413 (1999). Based on the results, it was observed that *P. taeda* wood exhibited the best penetration to the preservatives of neem and *tall oil*. The tannin presented vascular penetration for the three species. The best retention values were from *A. angustifolia* and *P. taeda*, for all treatments applied. Regarding the efficiency, in comparison to the results found for the other species, all treatments were efficient for *P. taeda* wood when in contact with the brown rot fungi (*G. trabeum*).

Keywords: Preservation of wood. Natural compounds. Decay accelerated. Tannin. *Tall oil*.
Neem oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Mecanismos de ação da Azadiractina, princípio ativo do nim.	30
Figura 2 – Preparo das soluções preservantes para cada ingrediente ativo: (A) óleo de nim, (B) tanino e (C) <i>tall oil</i>	36
Figura 3 – Padrões utilizados para análise da penetração do produto preservante na peça de madeira.	37
Figura 4 – Frascos de ensaio contendo placa suporte para o desenvolvimento dos fungos.	39
Figura 5 – Placa suporte recoberta com o micélio do fungo <i>Trametes versicolor</i> (A) e deposição do corpo de prova sobre a placa suporte (B e C).....	40
Figura 6 – Etapa final do ensaio de apodrecimento acelerado: micélio do fungo <i>Trametes versicolor</i> recobrindo tanto a placa suporte quanto o corpo de prova (A); Remoção do material retirado do corpo de prova para posterior limpeza (B); Corpo de prova após a retirada do micélio do fungo (C).	40
Figura 7 – Análise interna da penetração dos produtos preservantes nas madeiras de Araucaria, Pinus e Eucalipto em comparação com aquela que não recebeu tratamento.....	63
Figura 8 – Análise externa da penetração dos produtos preservantes nas madeiras de Araucaria, Pinus e Eucalipto em comparação com aquela que não recebeu tratamento.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porção representativa dos componentes do <i>tall oil</i>	32
Tabela 2 – Composição dos tratamentos utilizados.....	35
Tabela 3 – Classe de resistência da madeira ao ataque de fungos apodrecedores.....	41
Tabela 4 – Densidade aparente das espécies empregadas no presente estudo.	43
Tabela 5 – Resultados da análise de penetração da face interna dos corpos de prova.	45
Tabela 6 – Retenção média do tanino, óleo de nim e <i>tall oil</i> para as madeiras após serem submetidas ao tratamento caseiro por imersão.	46
Tabela 7 – Percentual de perda de massa e classificação conforme a norma ASTM D-2017 (2005).	48
Tabela 8 – Comparação múltipla de médias para o percentual de perda de massa (%), em função da interação dos fatores: espécies, fungos e preservantes.	49
Tabela 9 – Análise de variância da densidade aparente das madeiras de <i>Araucaria angustifolia</i> , <i>Eucalyptus viminalis</i> e <i>Pinus taeda</i>	62
Tabela 10 – Análise de variância fatorial da retenção do tanino, óleo de nim e <i>tall oil</i> nas <i>Araucaria angustifolia</i> , <i>Eucalyptus viminalis</i> e <i>Pinus taeda</i>	65
Tabela 11 – Análise de variância da interação do fator espécie dentro de cada produto preservante.....	65
Tabela 12 – Análise de variância da interação do fator preservante dentro de cada espécie. ..	65
Tabela 13 – Análise de variância fatorial para a perda de massa das <i>Araucaria angustifolia</i> , <i>Eucalyptus viminalis</i> e <i>Pinus taeda</i> ao apodrecimento acelerado.	66
Tabela 14 – Análise de variância referente ao comportamento do fator espécie dentro de cada nível de agente xilófago (<i>Trametes versicolor</i> e <i>Gloeophyllum trabeum</i>) e preservantes (Óleo de Nim, Testemunha, Tanino, <i>Tall oil</i>) ao nível de significância de 5%.	66

Tabela 15 – Análise de variância referente ao comportamento do fator agente xilófago dentro de cada nível de espécie (*Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Eucalyptus viminalis*) e preservantes (Óleo de nim, Testemunha, Tanino, *Tall oil*).67

Tabela 16 – Comparação múltipla de médias para o percentual de perda de massa, em função do comportamento do agente xilófago dentro de cada espécie e produto preservante..... 67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância

AR – Altamente Resistente

ASTM – American Society for Testing and Materials

CCA – Chromated Copper Arsenate ou Arseniato de Cobre Cromatado

CCB – Chromated Copper Boric ou Borato de Cobre Cromatado

CTO – *Crude Tall Oil*

DIC – Delineamento Inteiramente Casualizados

IBÁ – Instituto Brasileiro de Árvores

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

LPF – Laboratório de Produtos Florestais

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MR – Moderadamente Resistente

NR – Não Resistente

SC – Santa Catarina

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES	18
2.1.1	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Kuntze.....	18
2.1.2	<i>Eucalyptus viminalis</i> Labill.	19
2.1.3	<i>Pinus taeda</i> L.	21
2.2	FUNGOS BIODETERIORADORES	22
2.2.1	Fungos apodrecedores.....	23
2.2.1.1	Podridão branca.....	24
2.2.1.2	Podridão parda.....	24
2.3	PRESERVAÇÃO DA MADEIRA.....	25
2.3.1	Produto preservante.....	26
2.3.2	Preservantes naturais.....	28
2.3.2.1	Óleo de Nim	28
2.3.2.2	Tanino.....	30
2.3.2.3	<i>Tall oil</i>	32
2.4	ENSAIO DE APODRECIMENTO ACELERADO.....	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	COLETA E PREPARO DO MATERIAL	34
3.2	DENSIDADE APARENTE	34
3.3	TRATAMENTO PRESERVANTE	35
3.4	QUALIDADE DO TRATAMENTO PRESERVANTE.....	36
3.4.1	Avaliação da penetração	36
3.4.2	Avaliação da retenção	37
3.5	EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO PRESERVANTE – ENSAIO DE LABORATÓRIO	37
3.5.1	Fungos xilófagos e condições de ensaio.....	38
3.5.2	Frascos e condução de ensaio	38

3.5.3	Determinação da perda de massa	40
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	DENSIDADE APARENTE	43
4.2	QUALIDADE DO TRATAMENTO	44
4.2.1	Avaliação da penetração	44
4.2.2	Avaliação da retenção	46
4.3	EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO – ENSAIO DE LABORATÓRIO.....	48
4.3.1	Perda de massa	48
5	CONCLUSÕES	52
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	53
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A – Análise de variância da densidade aparente.....	62
	APÊNDICE B – Análise da penetração dos produtos preservantes.....	63
	APÊNDICE C – Análise de variância fatorial da retenção dos produtos.....	65
	APÊNDICE D – Análises de Variância fatorial do ensaio de apodrecimento acelerado.....	66

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material de origem orgânica, sendo altamente suscetível a deterioração por agentes biológicos (fungos, bactérias, insetos e brocas marinhas), os quais podem atacar a celulose, hemicelulose e lignina.

Tendo em vista a perspectiva apresentada, a durabilidade natural da madeira é uma característica de grande importância, pois determina o seu uso. No entanto, as madeiras que apresentam tal característica são, em sua maioria, de espécies tropicais, as quais devido à grande exploração do século passado estão escassas e atualmente são protegidas por lei.

Com isso, o setor de base florestal passou a utilizar madeiras de espécies exóticas e de rápido crescimento, como por exemplo, o *Pinus* e *Eucalyptus*, visando suprir a crescente demanda por madeira, porém, tais espécies caracterizam-se pela baixa durabilidade natural, logo, necessitam da aplicação de um produto preservante, aumentando assim sua resistência e vida útil da peça.

Atualmente, os principais produtos utilizados no tratamento preservativo da madeira são: CCA (*Chromated Copper Arsenate* ou Arseniato de Cobre Cromatado) e o CCB (*Chromated Copper Boric* ou Borato de Cobre Cromatado). Esses produtos são altamente eficazes contra a ação de agentes xilófagos e também a intempéries, porém, em razão de sua composição química, apresentam riscos à saúde humana e ao meio ambiente (AHN et al., 2008; DIAS; BARREIROS, 2017; MACHADO et al., 2006).

Dessa forma, torna-se indispensável a realização de pesquisas sobre produtos naturais que apresentem capacidade de proteger a madeira contra agentes biodeterioradores. Machado et al. (2003), Souza e Demenighi (2017), Wang et al. (2004) e Paes et al. (2012) pronunciaram-se a favor da utilização de produtos naturais como preservantes da madeira, posto que tais compostos são de origem renovável e não trazem prejuízos ao meio ambiente.

Os compostos naturais são constituídos por substâncias que tem ação biocida, as quais podem ser extraídas de diferentes partes das plantas, como da casca, madeira, folha e sementes. Souza e Demenighi (2017) citam como exemplo o tanino e o óleo de nim como produtos naturais que podem vir a ser utilizados como preservante. Já Bossardi (2014) faz menção ao *tall oil*, como produto alternativo de fonte renovável.

Segundo Carvalho e Ferreira (1990), o óleo de nim tem como princípio ativo uma substância denominada azadirachtina, responsável por gerar toxidez ao agente xilófago. Já o *tall oil* age reduzindo a absorção de água capilar no alburno e removendo os componentes que

são essenciais para o desenvolvimento do agente (HYVÖNEN et al., 2005). Por fim, o tanino é constituído por substâncias antioxidantes, de alto peso molecular, capazes de precipitar proteínas e conferir poder de adstringência, propriedades estas que irão proporcionar proteção vegetal contra patógenos (PROCITROPICOS, 2014).

A utilização de produtos naturais que possibilitem aumentar a resistência da madeira aos agentes xilófagos vem sendo estudada por vários pesquisadores da área, porém, o número de trabalhos publicados ainda é consideravelmente baixo, quando comparado aos produtos químicos.

Neste contexto, Singh e Singh (2011) comentam acerca da dificuldade e limitações de se trabalhar com produtos naturais, tendo em vista que há uma série de fatores que impedem o desenvolvimento de estudos relacionados a esta temática. Um dos fatores limitantes citados por este autor é a ausência de métodos de tratamento mais aprimorados aos compostos naturais. Em razão dessas limitações e também da burocratização legislativa para registrar tais compostos como preservantes de madeira, atualmente há apenas um único preservante natural de madeira que tem registro no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, este utiliza como princípio ativo o tanino.

Para confirmar a eficácia destes produtos no tratamento preservativo da madeira, empregam-se os ensaios biológicos de campo ou em laboratório, associados aos parâmetros de penetração e retenção desses compostos na madeira, que indicam a qualidade do mesmo.

Frente a todo contexto apresentado, busca-se inferir, com base nos ensaios de laboratório, a eficácia de produtos alternativos que venham a substituir àqueles de origem química.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade e eficiência de produtos naturais (tanino, óleo de nim e *tall oil*) no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda* em ensaio de laboratório sob à ação de fungos apodrecedores.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade (penetração e retenção) do tratamento preservante;

- Avaliar a eficiência dos produtos naturais por meio da perda de massa das madeiras quando submetidas à ação dos fungos apodrecedores *Trametes versicolor* (podridão branca) e *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda) em ensaio de laboratório;
- Determinar qual dos produtos estudados é mais eficiente no tratamento preservativo da madeira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

2.1.1 *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze

Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze é uma espécie nativa do Brasil, conhecida popularmente como Araucária, Pinheiro-do-paraná, Pinheiro brasileiro, Pinho entre outras denominações (CARVALHO, 2002; BRDE, 2005). Ocorre naturalmente na região Sul do país, com maior predomínio nos estados do Paraná e Santa Catarina, porém, também pode ser encontrada, em menor proporção, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (MASTROBERTI; MARIATH, 2003).

A Araucária é uma conífera, pertencente à família Araucariaceae, que se enquadra no grupo das gimnospermas (CARVALHO, 2002). Seu gênero é apontado pelos autores Astarita et al. (2003) como o mais primitivo dentro do grande grupo das coníferas. É considerada uma árvore de grande porte, podendo atingir de 10 a 50 metros de altura e diâmetro variando de 0,5 a 2 metros (CARVALHO, 2002; BASSO, 2010), no entanto, Scipioni et al. (2018) apontam em seu estudo indivíduos com diâmetro superior a 2 metros, sendo estes mais raros devido à grande exploração no século passado.

Astarita et al. (2003), comentam acerca da importância desta espécie no âmbito nacional, sendo a única conífera nativa de grande relevância econômica para o país. Para Duarte et al. (2012) e Montagna et al. (2012), esse mérito é decorrente das características intrínsecas da madeira, da semente que é fonte de alimento para fauna e seres humanos e da grande abundância nas áreas de ocorrência natural.

Entretanto, no século passado, a *A. angustifolia* foi por muitos anos alvo de intensa exploração, devido a qualidade de sua madeira (MONTAGNA et al. 2012). Hiling et al. (2012), enfatizam que essa circunstância fez com que a espécie fosse incluída na lista de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, conforme denota a Portaria nº 443/2014 do Ministério do Meio Ambiente – MMA.

Ainda, nessa mesma linha de considerações, em consequência das práticas primitivas, atualmente o manejo sustentável da Araucária vem sendo bastante discutido por especialistas da área, visando a manutenção da Floresta das Araucárias e sua exploração de forma consciente, tendo em vista principalmente a conservação deste recurso (ANSELMINI;

ZANETTE, 2011). Diante disso, atualmente, a principal fonte de madeira de Araucária é proveniente apenas de florestas plantadas (FIGUEIREDO FILHO et al., 2015).

Hiling et al. (2012), comentam a respeito dos estudos sobre as propriedades da madeira de Araucária, os quais iniciaram nos anos de 1970 e 1980. Dando início as pesquisas, Moreschi et al. (1973) ao avaliarem a qualidade da madeira de *Pinus elliottii*, *Pinus patula* e *Araucaria angustifolia*, verificaram que a *A. angustifolia* apresentou a mesma densidade básica que a madeira de *P. patula* (0,38 g/cm³), sendo superior à registrada para o *P. elliottii* (0,32 g/cm³). Contudo, salienta-se que a idade dessas espécies não foi mencionada pelos autores, informação esta de grande importância para fins comparativos.

Dias et al. (2017), encontraram valor médio de densidade básica igual a 0,41 g/cm³ para madeira de *A. angustifolia* com 39 anos. Outros autores encontraram valores semelhantes, 0,42 g/cm³ para madeira de Araucária com 38 anos (MATTOS et al., 2006), e 0,40 g/cm³ para madeira com 19 anos (SANTINI et al., 2000).

Quanto a durabilidade natural da madeira, a *A. angustifolia* mostra-se desvantajosa em relação as demais propriedades da madeira, uma vez que apresenta baixa resistência natural a intemperes e organismos biodeterioradores, como, por exemplo, cupins (CARVALHO, 2002). Em contrapartida, o mesmo autor comenta que esta madeira apresenta boa permeabilidade a produtos preservantes.

Figueiredo Filho et al. (2015), consideram a madeira de *A. angustifolia* como de excelente qualidade, podendo ser empregada para diversos usos dentro do setor de base florestal como, por exemplo para fabricação de móveis, compensados e construção civil. Além disso, os mesmos autores pontuam acerca do aproveitamento das outras partes da árvore como por exemplo o pinhão, tendo grande participação dentro do setor de produtos não madeireiros.

2.1.2 *Eucalyptus viminalis* Labill.

O gênero *Eucalyptus*, conhecido popularmente como Eucalipto, foi introduzido no Brasil no século XIX, primeiramente destinado para fins ornamentais (PEREIRA et al., 2000). No entanto, com o passar dos anos esse contexto não foi mais aceito e por meio de incentivos fiscais de reflorestamento o Eucalipto, assim como pinus, passou a ser plantado em grandes proporções, objetivando suprir a demanda do comércio florestal madeireiro (PEREIRA et al., 2000). A partir disso, o setor industrial de base florestal passou a suprir suas necessidades

fazendo uso da matéria prima oriunda de florestas plantadas, impulsionando os plantios de Eucalipto.

As espécies de Eucalipto, de modo geral, têm seu uso restrito com relação a algumas áreas, pois em seu processo de secagem a madeira fica suscetível a empenamento, contrações e rachaduras. Frente à essa circunstância, Lopes (2007) assegura que essa informação não pode ser enquadrada para todas as espécies, pois esses fatores são alterados quanto à variabilidade existente entre a densidade das mesmas.

Frente à essa situação, Louppe et al. (2008) comentam acerca da importância de aprimorar o programa de secagem e o correto empilhamento da madeira, tais ações tendem a reduzir e até mesmo evitar problemas futuros.

Eucalyptus viminalis pertence ao grande grupo das angiospermas e a família Myrtaceae (LOUPPE et al., 2008), nativa da Austrália, podendo ser encontrada em três estados: Victória, Tasmânia e Nova Gales do Sul (FERREIRA, 2014). Com relação a sua introdução no Brasil, não há dados que forneçam ao certo o ano de início do cultivo (GONZAGA et al., 1983). Corroborando essa informação, esse mesmo autor faz referência aos plantios na cidade de Canela – RS, como sendo os mais velhos, introduzidos por volta de 1948.

De acordo com Louppe et al. (2008), a espécie em questão é considerada de grande porte, podendo atingir na fase adulta até 50 metros de altura e diâmetro de 1,2 metros. Apresenta casca fina, lisa e coloração branca a amarelada. Diferentemente da maioria das espécies do seu gênero, o *E. viminalis* caracteriza-se por ser uma espécie tolerante a climas mais amenos e a ocorrência de geadas. (GONZAGA et al., 1983).

A madeira do *E. viminalis* caracteriza-se por apresentar cerne amarelo ou rosa com o alburno não demarcado, é de textura grossa e densidade alta variando entre 0,67 g/cm³ a 0,94 g/cm³ (LOUPPE et al., 2008). Com relação a durabilidade natural, o mesmo autor evidencia ser uma madeira pouco durável, altamente suscetível ao ataque de cupins e broca marinha, em especial as do gênero *Lyctus*. Em contrapartida, mesmo sendo bastante densa, a porção do alburno é moderadamente permeável, possibilitando a aplicação de tratamento preservante (LOUPPE et al., 2008).

Pereira et al. (2003) desenvolveram um estudo comparando as características de seis espécies de Eucalipto, todas com 15 anos de idade, entre estas o *Eucalyptus viminalis*. Os autores consideraram a madeira de *Eucalyptus viminalis* como pouco densa, pois apresentou densidade básica de 0,57 g/cm³. Além disso, a mesma expôs um coeficiente de anisotropia de 3,2, enquadrando-se como uma madeira instável e propensa a rachaduras.

De acordo com Ferreira (1979), a espécie de *E. viminalis* apresenta densidade apropriada para o uso em escoras de construção, mourões, lenha, caixotaria, entre outros. Em seu país de origem, esta espécie é amplamente utilizada na fabricação de piso, móveis, esquadrias e carpintaria (MELLADO; TOMASELLI, 1993).

2.1.3 *Pinus taeda* L.

De acordo com Shimizu (2006), o *Pinus taeda* foi introduzido pela primeira vez no Brasil no ano de 1936, na cidade de São Paulo, pelo Serviço Florestal Brasileiro, que tinha como objetivo a implementação de plantios experimentais para posterior estudo. Apesar disso, apenas entre os anos 1960 e 1970 iniciou-se os plantios comerciais, em consequência da exploração inconsciente da *A. angustifolia*. Outro motivo foi o aumento da demanda por madeira, que levou as empresas a substituírem sua fonte de matéria prima por reflorestamento com espécies exóticas, como *Pinus taeda* e *Pinus elliotti*, de modo a suprir as necessidades do setor de base florestal que vinha crescendo de forma bastante acelerada (HILING et al., 2012).

Nesta conjuntura, Kronka et al. (2005 apud Filho et al., 2017) declaram que a introdução da espécie *P. taeda* advém também da lei dos incentivos fiscais impostos pelo governo daquela época e também pela qualidade de sua madeira, possibilitando a utilização para diversos usos, como polpa e papel, setor de movelaria, construção civil, entre outros.

Atualmente as espécies do gênero *Pinus* desempenham um papel de grande importância dentro da cadeia de produção florestal, visto que são as principais fontes de matéria prima. De acordo com o relatório anual da Indústria Brasileira de Árvores, ano base 2016 (IBÁ, 2017), os plantios de *Pinus* ocupam cerca de 1,6 milhão de hectares dentro do território nacional, com maior concentração na região Sul. Gonzaga (2006) faz referência ao clima brasileiro, em especial da região de maior ocorrência, que apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento dessa conífera, fazendo com que a taxa de crescimento anual se fizesse até dez vezes maior do que em seu local de origem.

O *Pinus taeda* L. é uma conífera (gimnosperma) pertencente à família Pinaceae (EVANGELISTA; WREGGE, 2010), nativa dos Estados Unidos e apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo naturalmente em 15 estados americanos, regiões estas de altitude variando entre 0 a 700 metros (SHIMIZU, 2006), com clima temperado e úmido (HURRELL; BAZZANO, 2007). Árvores adultas podem chegar a medir de 20 a 30 metros de altura e 1,6

metros de diâmetro. Assim como as demais coníferas, apresenta casca grossa e escura (HURREL; BAZZANO, 2007).

Schultz (1997) caracteriza o *P. taeda* como uma espécie de rápido crescimento, alta capacidade para se desenvolver em diversos tipos de solos e que fornece grandes rendimentos por hectare. Muito embora essa espécie apresente excelente desenvolvimento em diversos tipos de solo, tem seu crescimento limitado a solos pouco férteis. Além do mais, segundo a mesma fonte, fornece diferentes produtos em idade consideravelmente precoce, sejam eles de origem madeireira ou não.

Quanto à sua madeira, Hurrel e Bazzano (2007) mencionam ser de boa qualidade, consideravelmente estável e moderadamente leve, apresentando densidade média em torno de 0,46 g/cm³, sendo semelhante aos valores encontrados por Ballarin e Palma (2003), que também classificam a madeira de *P. taeda* como de média densidade. Ante o exposto, sua madeira é vista como de fácil trabalhabilidade, logo, pode ser destinada para diferentes setores dentro da indústria de base florestal (HURREL; BAZZANO, 2007). Com relação a durabilidade natural, Barillari e Freitas (2002) comentam que o *Pinus*, de modo geral, apresenta baixa resistência natural a fungos xilófagos, logo esta necessita ser tratada com preservantes para que aumente a sua durabilidade em uso.

2.2 FUNGOS BIODETERIORADORES

A madeira, por ser um material de origem orgânica, encontra-se altamente suscetível a deterioração por fatores biológicos (agentes xilófagos) e não biológicos (combustão e intemperismo) (GONZAGA, 2006). Os fatores biológicos dizem respeito aos organismos e microrganismos que utilizam a madeira como fonte de alimento ou até mesmo como abrigo, sendo denominados de agentes xilófagos, podendo-se citar os fungos, bactérias, insetos, brocas marinhas, entre estes destacam-se os fungos.

Em geral, os fungos são microrganismos heterotróficos, ou seja, não são capazes de produzir seu próprio alimento, necessitando assim alimentar-se de plantas ou animais em sua forma viva ou não (JAYANETTI, 1986).

A diversidade de fungos responsáveis pela degradação da madeira é excepcionalmente grande, pois estes são aptos a viver em locais distintos (SILVA, 2014). Mendes (1988) elucida que as condições ideais para o desenvolvimento destes agentes é a temperatura entre 25°C a 30°C, porém, há espécies adeptas a se desenvolver em condições onde a temperatura varia de 0 a 40° C. Quanto as condições de umidade, a madeira deve

apresentar, de modo geral, umidade acima de 20% em sua composição (MENDES; ALVES, 1988), sendo que esses fungos têm seu crescimento inibido quando a madeira apresentar umidade inferior a mencionada (JAYANETTI, 1986).

O pH da madeira também é um aspecto que sensibiliza o desenvolvimento destes agentes, sendo ótimo na faixa de 4,5 a 5,5, valores estes comuns a maioria das espécies madeireiras (MENDES; ALVES, 1988)

Em conformidade à literatura, Dias e Barreiros (2018) declaram que a água, o oxigênio, a temperatura e a disponibilidade de nutrientes são fatores primordiais para o desenvolvimento de fungos, os quais irão consumir determinados constituintes da madeira e, muitas vezes, torná-la inutilizável.

Os fungos xilófagos são classificados, como: Basidiomicetos e Ascomicetos. Os basidiomicetos caracterizam-se pela rápida degradação dos compostos fundamentais da madeira (celulose, hemicelulose e lignina), entre os quais citam-se os gêneros *Trametes*, *Gloeophyllum*, *Porya*, *Polyporus*, *Phanerochaete*, *Phlebia*, entre outros (SOARES, 1998). Em contrapartida, os Ascomicetos irão degradar a madeira de forma mais lenta (SOARES, 1998), a título de exemplo Pinto (2006) faz alusão aos gêneros *Ophiostoma*, *Ceratocystis*, *Chaetomium*, *Ustilina*.

Souza e Demenighi (2017) mencionam ao ataque de fungos, que a deterioração pode ocorrer de diferentes formas: superficial (sendo manifestado através de manchas) ou profunda (causando a decomposição completa da madeira). Em razão disso, são encontrados na literatura em três diferentes grupos: manchadores, emboloradores e apodrecedores, sendo este último de maior importância, pois causam danos irreversíveis na estrutura da madeira.

2.2.1 Fungos apodrecedores

Considerando que determinadas espécies de fungos apodrecedores degradam apenas compostos químicos específicos da madeira, estes agentes foram agrupados em três classes: podridão branca, podridão parda e podridão mole (RILEY et al., 2014).

No que tange a forma com que os fungos degradam a madeira, Silva (2014) faz referência a um aparato enzimático que torna-os capazes de degradar as macromoléculas da madeira, tornando-as moléculas de tamanho inferior. Fundamentado por uma série de reações metabólicas, essas enzimas irão transformar os componentes insolúveis da madeira em

compostos passíveis de dissolução, seguido da conversão em compostos simples, os quais são capazes de ser metabolizados (SEABRIGHT, 1994 apud OLIVEIRA et al., 2005).

Levando em consideração a eficiência da deterioração, Stangerlin et al. (2013) fazem menção aos fungos apodrecedores como os principais responsáveis por inúmeros prejuízos econômicos dentro do segmento da construção civil, uma vez que, as peças atacadas apresentam um colapso estrutural, necessitando assim serem substituídas.

2.2.1.1 Podridão branca

Os fungos de podridão branca pertencem a classe dos basiodiomycetos e caracterizam-se pelo consumo dos polissacarídeos e da lignina da madeira, deixando a mesma deslignificada, prevalecendo a coloração clara após o ataque (OLIVEIRA et al., 2005; FERREIRA, 1989).

Segundo Mendes (1988), os fungos de podridão branca atuam sobre a superfície da parede celular, por meio da ação do sistema enzimático que promove a abertura de fendas possibilitando que os mesmos se fixem sobre esses orifícios. Além disso, dispõem de características particulares que possibilitam a degradação da lignina (BLANCHETTE, 1991).

Como consequência da ação desses agentes biodeterioradores, Moreschi (2013) destaca que, além de alterar a resistência mecânica da madeira, os fungos de podridão branca também promovem alterações em algumas características organolépticas da madeira, como por exemplo, a perda de cor e brilho.

São exemplos de fungos de podridão branca as espécies *Dichomitus squalens*, *Ganoderma colossus*, *Heterobasidion annosum*, *Perenniporia medula-panis*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Phellinus pini*, e *Trametes versicolor* (BLANCHETTE, 1991). Oliveira et al. (2005) fazem menção ao fungo *Trametes versicolor* como o principal representante deste grupo.

2.2.1.2 Podridão parda

A podridão parda é um processo biológico resultante da ação de agentes xilófagos pertencentes ao Filo Basidiomycota, que causam alterações na resistência mecânica da madeira, pois, assim como as outras classes de fungos de podridão, degradam os constituintes da parede celular (SOARES, 1998).

Os fungos de podridão parda consomem todos os carboidratos da madeira, incluindo a celulose, deixando a lignina intacta, a qual será convertida gradativamente, com o passar do tempo, em compostos húmicos (NETTO et al., 1972; BLANCHETTE, 1991). Por efeito desta ação, a madeira irá exibir coloração marrom, prevalecendo o aspecto opaco. Essa circunstância justifica a denominação popular desses fungos de podridão.

Conforme Moreschi (2013), a podridão parda é ocasionada por fungos que são capazes de deteriorar madeiras que apresentem em sua composição umidade relativa de 40 a 60%, porém, algumas espécies são adeptas ao ataque em condições mais baixas de umidade, variando entre 20% a 40%. A título de exemplo, o mesmo autor faz alusão as espécies do gênero *Serpula*.

Dentre a ampla variedade de fungos de podridão parda que constituem o Filo Basidiomycetos, Ferreira (1989) cita os gêneros *Poria*, *Lentinus*, *Polyporus*, *Fomes* e *Phaeolus*. Geoffrey et al. (2007) faz referência ao fungo *Gloeophyllum trabeum* como o principal representante deste grupo.

2.3 PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

Não diferente de outros países, a preservação da madeira no Brasil surgiu em meio ao crescimento industrial, demandando de madeiras de alta durabilidade para serem utilizadas nas linhas ferroviárias (CAVALCANTE, 1986 apud VIDAL et al., 2015).

A preservação da madeira teve seu marco inicial nos anos de 1880 e 1884, com o tratamento de dormentes com creosoto, que futuramente iriam compor as linhas ferroviárias por um maior período de tempo. A iniciativa se deu decorrente da baixa disponibilidade de madeiras altamente duráveis, tornando-se necessário a utilização de madeiras com baixa durabilidade natural, as quais necessitavam da aplicação de algum produto que as tornassem mais resistentes (CAVALCANTE, 1986 apud VIDAL et al., 2015).

O tratamento preservativo aplicado à madeira tem como objetivo principal aumentar seu tempo de utilização, evitando assim a necessidade de substituição da peça (JAYANETTI, 1986).

Doutro norte, atualmente, as madeiras dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* abastecem o setor madeireiro em razão do rápido crescimento e múltiplos usos que proporcionam. Porém, a maioria das espécies destes gêneros apresentam baixa durabilidade natural, logo, necessitam

da aplicação de um produto que as torne imune aos agentes deterioradores e aumente a sua vida útil.

Mendes e Alves (1988), entendem que a durabilidade natural aliado a preservação da madeira são parâmetros de grande importância, visto que são fatores que determinam o futuro emprego da peça. A durabilidade natural é uma propriedade que varia de espécie para espécie (OLIVEIRA et al., 2005), em razão da quantidade e tipo de extrativos que constitui a madeira, como por exemplo substâncias fenólicas e terpenóides.

Segundo Mendes et al. (2014), o tratamento preservativo não deve ser visto pelas empresas e indústrias como um custo adicional no processo de produção, mas sim, como um investimento, já que irá tornar a madeira mais durável. Além do mais, os mesmos autores salientam que o tratamento aplicado na madeira faz com que a mesma apresente maior valorização no mercado.

Além dos produtos mais comuns que norteiam as empresas de preservação de madeiras, Vital et al. (2015) comentam que muitas empresas deste ramo estão investindo no tratamento de madeiras para fins paisagísticos, como por exemplo, madeiras para decks e playgrounds.

2.3.1 Produto preservante

Produto preservante é uma substância química que tem como objetivo assegurar maior resistência a madeira contra agentes deterioradores (SILVA, 2008). Mendes e Alves (1988), conceituam produto preservante como toda e qualquer substância química que apresente capacidade de provocar o envelhecimento dos nutrientes celulares da madeira, tornando-a imune ao ataque de organismos e microrganismos xilófagos.

Ainda que muitos autores considerem apenas substâncias químicas como produto preservante, sabe-se que produtos alternativos de origem natural e com características biocidas, vêm sendo amplamente estudados. Logo, podemos considerar toda e qualquer substância que apresente em sua composição algum elemento capaz de promover a repelência dos agentes biodeterioradores e tenha comprovada sua eficácia dentro dos parâmetros legislativos, como produto preservante de madeira.

Atualmente, os principais produtos utilizados no tratamento preservativo da madeira são: CCA (*Chromated Copper Arsenate* ou Arseniato de Cobre Cromatado) e o CCB (*Chromated Copper Boric* ou Borato de Cobre Cromatado). Segundo Ahn et al. (2008), a madeira tratada com CCA apresenta riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Em razão

disso e de estudos que comprovam a volatilização de seus componentes, a utilização do CCA foi banida nos Estados Unidos da América, quando a madeira for destinada para o uso interno (AHN et al., 2008).

Dias e Barreiros (2018) mencionam que é de conhecimento de todos a efetividade destes produtos químicos no tratamento de madeiras, porém, poucos sabem acerca da toxicidade que os mesmos apresentam ao meio ambiente, logo, seu uso pode oferecer riscos a conservação dos recursos naturais.

Frente à esta conjuntura, Machado et al. (2003) recomendam a utilização de produtos naturais no tratamento preservativo da madeira, os quais são sustentáveis e ecologicamente corretos.

Compreendendo sobre a necessidade de realizar o tratamento preservativo da madeira, deve-se dar atenção para a escolha do produto preservante a ser utilizado, de modo a evitar desperdícios, perdas econômicas e frustrações quanto a eficiência do tratamento em questão. À vista disso, os autores Netto et al. (1972) elencam alguns pontos-chaves para a correta escolha do produto preservante: ter conhecimento quanto as características intrínsecas da madeira; local em que a peça será empregada; e a técnica de tratamento que será utilizada.

Segundo Netto et al. (1972), um bom preservante deve apresentar boa fixação, retenção, penetração, baixa lixiviação e volatilização. Ainda, deve ser viável economicamente e não apresentar riscos para o meio ambiente e para vida humana. Mendes e Alves (1988) corroboram essa informação relatando que, além dos itens descritos anteriormente, um bom produto preservante deve ser facilmente encontrado, não devendo alterar as propriedades organolépticas, físicas e mecânicas da madeira, apresentar boa permanência na madeira e não se decompor. Outro aspecto importante que deve ser levado em consideração é seu registro no IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), que deve estar válido, pois tal órgão que é o responsável pela fiscalização do uso de preservantes de madeira.

Ainda, na mesma linha de considerações, Mendes e Alves (1988) mencionam que dificilmente haverá um só produto que reúna todas essas características desejáveis. Com base nisso, recomenda-se que a escolha seja feita levando em consideração primeiramente o objetivo do tratamento, seguido do uso da peça e, a partir disso, selecionar aquele produto que apresente os parâmetros que irão atender de maneira mais eficiente e satisfatória ao proposto.

2.3.2 Preservantes naturais

Em consequência do elevado grau de toxidez que os produtos tradicionais apresentam, as pesquisas acerca da descoberta de produtos naturais com propriedades biocidas vem crescendo gradativamente no mundo todo, visando contribuir para conservação dos recursos naturais e equilíbrio dos ecossistemas.

Bossardi e Barreiros (2011), citam que os produtos de procedência química são comprovadamente eficientes contra os agentes xilófagos, porém, também são tóxicos ao meio ambiente. Frente à esta circunstância, os mesmos autores dissertam a respeito dos produtos naturais que, além de proteger a madeira contra estes agentes biodeterioradores, não são prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana.

Em tese, as plantas são constituídas por inúmeras substâncias químicas, sendo que muitas destas com ação biocida, podendo ser extraídas e servir como base para o desenvolvimento de novos produtos (CELOTO et al., 2007).

Alguns pesquisadores buscaram avaliar as propriedades e/ou eficácia de produtos naturais no tratamento preservativo de madeira, entre os quais estão Souza e Demenighi (2017), que citam o óleo de mamona, óleo de nim, óleo-resina capsaicina, extratos de pimentas, tanino, *tall oil*, entre outros, como compostos naturais com potencial para a referida aplicação.

Wang et al. (2004) estudaram o potencial do óleo extraído das folhas da árvore de canela indígena (*Cinnamomum osmophloeum*) no tratamento de madeiras ao ataque de fungos xilófagos. Esses autores concluíram que o referido produto apresenta potencial para este uso, visto que, provoca fortes efeitos no crescimento dos agentes

Paes et al. (2012), avaliaram a resistência da madeira de sumaúma tratadas com óleo de nim e óleo mamona, em diferentes concentrações, à deterioração por fungos xilófagos em simuladores de ensaio de campo. Como resultado, esses autores concluíram que o óleo de nim puro proporcionou maior proteção à madeira.

2.3.2.1 Óleo de Nim

O óleo de Nim (ou neem), como o próprio nome já descreve, é uma substância oleosa resultante do processamento das sementes da árvore *Azadirachta indica*, vulgarmente chamado de nim indiano (SOARES et al., 1996; MAZONI, 2008).

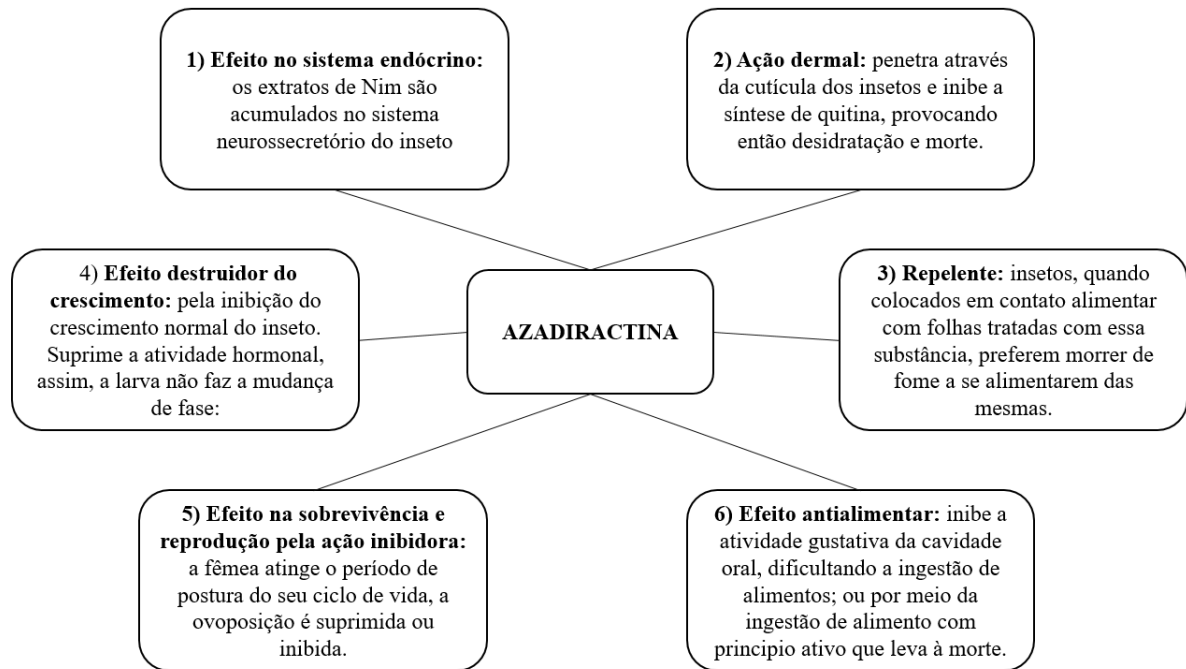
Azadirachta indica A. Juss pertence à família botânica Meliaceae, nativa da Índia, que foi introduzida no Brasil no ano de 1984 (SOARES et al., 1996). É considerada uma árvore de médio porte, com altura variando entre 15 a 20 metros e diâmetro de 30 a 80 cm. Seu tronco caracteriza-se pela presença de fissuras e escamas na coloração marrom-avermelhada (MARTINEZ, 2008). Para Mossini e Kemmelmier (2005), a *A. indica* é uma árvore atrativa, devido ao seu grande número de folhas, as quais se desprendem do galho em situações de extrema seca.

Segundo Carvalho e Ferreira (1990), uma característica bastante comum entre as espécies da família Meliaceae é a presença de triterpenos oxigenados, conhecidos popularmente como meliacinas. Neste contexto, Mossini e Kemmelmier (2005) elucidam que a *A. indica* possui cerca de 50 destes compostos, os quais estão presentes em todas as partes da árvore, porém, em maior concentração no fruto. Em meio aos compostos citados, a Azadiractina é mencionada como a mais promissora, por apresentar maior atividade tóxica a insetos e organismos xilófagos.

Azadiractina é uma substância complexa, solúvel em água e álcool, sendo muito sensível quando exposta a meios ácidos e raios ultravioleta, logo, sua aplicação exige alguns cuidados (CARVALHO; FERREIRA, 1990). Em contrapartida, mesmo com tantas limitações, essa substância é bastante utilizada para controle de insetos em diferentes países, como por exemplo Estados Unidos da América, Austrália, Índia, Alemanha e China (CARVALHO; FERREIRA, 1990).

Ainda, nessa mesma linha de considerações, Machado et al. (2006) lista seis diferentes mecanismos de ação da Azadiractina, os quais estão listados na Figura 1.

Figura 1– Mecanismos de ação da Azadiractina, princípio ativo do nim.



Fonte: Adaptado de Machado et al. (2006).

No que tange a preservação da madeira contra fungos xilófagos, Machado et al. (2006) comentam que o mecanismo de ação da Azadiractina será através do efeito antialimentar, uma vez que os outros meios de atuação limitam-se aos insetos no geral.

Ainda, para efeitos benéficos, Machado et al. (2006) focam que o uso do óleo de nim não traz nenhum grau de toxidez ao meio ambiente e seres humanos, logo, pode ser uma alternativa no que compete a substituição de produtos químicos utilizados no tratamento preservativo da madeira.

Mossini e Kimmelmier (2005) fazem referência sobre outras utilidades do nim, podendo ser empregado a medicina tradicional, em associação com outros compostos fitoquímicos, para o desenvolvimento de novos fármacos. Mazoni (2008) cita que o nim também pode ser adotado no tratamento de diabetes, malária e doenças de pele, uma vez que, dispõe de propriedades antibacterianas e antivirais.

2.3.2.2 Tanino

Os taninos são compostos fenólicos que possuem substâncias antioxidantes, alto peso molecular, sendo capazes de precipitar proteínas e conferir poder de adstringência, propriedades estas que irão proporcionar proteção vegetal contra patógenos

(PROCITROPICOS, 2014). Essas substâncias complexas de natureza fenólica são classificadas em dois grandes grupos: os hidrossolúveis e os condensados (PIZZI, 1980).

Hergert (1989), descreve tanino hidrossolúvel como uma substância que é constituída por inúmeros compostos simples e oligômeros, os quais são formados a partir da combinação de ácido ou derivados com açúcares. Já no que se refere os taninos condensados, Silva (2001) considera polímeros de leucoantocianidinas e/ou catequinas.

Nos primórdios da industrialização, os taninos eram amplamente utilizados para o curtimento de couro, conferindo ao material coloração escura-amarronzada (HERGERT, 1989). Pizzi (1982) expõe que os taninos condensados são de maior importância quando sua utilização não remete apenas ao curtimento de couro. Corroborando essa informação, Silva (1999) menciona que esse composto pode ser empregado como fungicidas, algicidas e antibacterianos, por possuírem características que inibem o crescimento desses microrganismos, entre outras funções que estão a estas correlacionadas

De acordo com Pizzi (1982), os taninos condensados são mais facilmente encontrados e podem ser extraído da casca das árvores de determinadas espécies florestais, como por exemplo: *Acacia mearnsii* (Acácia negra), *Schinopsis lorentzii* (Quebra machado), *Tsuga heterophylla* (Cicuta) e de algumas espécies pertencentes ao gênero *Pinus* e também *Eucalyptus*, conforme evidencia Vital et al. (2001).

No Brasil a maioria dos taninos produzidos advém, em sua maioria, de plantios de *Acacia mearnsii*, os quais estão concentrados no estado do Rio Grande do Sul, logo, a espécie é de grande importância no desenvolvimento da Região Sul do país.

Acacia mearnsii é uma espécie nativa da Austrália (GUANGCHENG et al., 1991) e caracteriza-se por apresentar copas arredondadas, folhas alternadas e troncos com casca lisa, dispendo de leves fissuras (CARVALHO, 1999). Na idade adulta pode atingir até 15 metros de altura e 50 centímetros de diâmetro (CARVALHO, 1999).

Segundo Guangcheng et al. (1991), a *Acacia mearnsii* produz em grande escala o tanino vegetal, utilizado no curtimento de couros e fabricação de adesivos de madeira. Todavia, no cenário atual, o uso do Tanino foi revertido, revelando potencial para ser utilizado em diversas áreas que necessitam deste composto, como por exemplo: em tratamento de efluentes, fabricação de adesivos e como preservante de madeiras.

A eficácia do tanino como preservante de madeiras, especificamente ao ataque de fungos, deve-se as propriedades germicidas, ou seja, propriedades que atuam diretamente na morte destes microrganismos na forma vegetativa (SHIMADA, 1998 apud SILVA, 2001).

Scalbert (1991) afirma que o mecanismo de toxicidade dos taninos está diretamente relacionado as propriedades físico-químicas, atuando na inativação de enzimas extracelulares, privação de substratos essenciais ao crescimento dos microrganismos e interferência direta no metabolismo, mediante a fosforilação oxidativa.

2.3.2.3 Tall oil

O *tall oil* também conhecido como *Crude Tall Oil* (CTO), é um óleo natural de fonte renovável e composição química variada. É obtido industrialmente através do processo kraft de produção de celulose a partir de madeiras de coníferas, como do gênero *Pinus* (BOSSARDI; BARREIROS, 2011).

No que se refere a composição do *tall oil*, diferentes autores fazem referência a uma mistura de distintos compostos químicos, dentre estes, encontram-se os ácidos graxos, ácidos resínicos, esteróis e substâncias insaponificáveis (álcoois, esteróis e hidrocarbonetos) (SALES, 2007; HYVÖNEN et al., 2005). Contudo, Bossardi e Barreiros (2011) ressaltam que a quantidade desses compostos irá variar de acordo com a idade e também com a espécie que for utilizada para produção de celulose. Neste contexto, a Tabela 1 mostra uma porção representativa dos componentes do *tall oil*.

Tabela 1– Porção representativa dos componentes do *tall oil*.

Composição	Quantidade (%)
Ácidos graxos	40 – 60
Ácidos Resínicos	30 – 55
Insaponificáveis	5 – 10

Fonte: Bossardi e Barreiros (2011).

Segundo Vähöja et al. (2005), por muitos anos diversos produtos derivados do *tall oil*, como por exemplo detergentes e lubrificantes, eram facilmente encontrados nas prateleiras de supermercados. Neste contexto, Sales (2007) pontua a utilização na fabricação de sabões, detergentes sintéticos, tintas, esmaltes, cosméticos, materiais de junção e colagem, adesivos industriais, dentre outros.

Tratando-se de preservação de madeira, o *tall oil* apresenta características bastante promissoras reduzindo significativamente a incorporação de água capilar na região do alburno

(HYVÖNEN et al., 2005), ou seja, remove um dos fatores essenciais para o desenvolvimento de agentes xilófagos, como fungos e insetos (DIAS; BARREIROS, 2017).

Dias e Barreiros (2018) ressaltam que o *tall oil* apresenta grande potencial para ser utilizado como produto preservante de madeira, porém, ainda tem-se a necessidade de desenvolver novos estudos, levando em consideração seus derivados e os aspectos ambientais.

2.4 ENSAIO DE APODRECIMENTO ACELERADO

O ensaio de apodrecimento acelerado é realizado sob condições controladas de laboratório e refere-se à avaliação da resistência natural ou biológica à deterioração de agentes xilófagos como, por exemplo, os fungos (MENDES, 1988). Estes agentes são responsáveis pela diminuição da vida útil da madeira, isto porque estes degradam os elementos fundamentais que a compõem. Diante disto, os ensaios de apodrecimento acelerado tornam-se essencial na avaliação da durabilidade da madeira, bem como para verificar a eficácia de novos produtos preservantes.

Para Vivian (2011), este ensaio é reputado como um dos mais adequados para comparar a efetividade dos produtos utilizados no tratamento preservante da madeira contra microrganismos xilófagos sobre condições controladas de laboratório.

No entanto, Mendes (1988), enfatiza que este ensaio mesmo fornecendo informações significativas com relação à eficácia dos preservantes, não deve considera-lo definitivo, pois, este é fundamentado sobre condições ideais de laboratório, ou seja, diversos fatores que irão atuar no meio ambiente são descartados sobre condições laboratoriais, como por exemplo chuva, raios ultra violeta, excesso ou falta de umidade, ação de outros agentes xilófagos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA E PREPARO DO MATERIAL

Para o desenvolvimento do presente estudo utilizou-se as madeiras de *Araucaria angustifolia* (com aproximadamente 30 anos) e *Pinus taeda* e *Eucalyptus viminalis* (ambas com 15 anos). Este material foi adquirido na forma de tábuas junto a uma serraria situada no município de Curitibanos – SC, o qual posteriormente foi transportado para o Laboratório de Recursos Florestais, da Universidade Federal de Santa Catarina, para condução das demais etapas.

Foram confeccionados corpos de prova nas dimensões de 2,5 x 2,5 x 0,9 cm sendo a última dimensão no sentido da grã. Primeiramente, esses corpos de prova passaram por um processo de secagem em condição ambiente para que houvesse uma redução inicial do teor de umidade, seguida de secagem em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C, até estabilização de sua massa. Na sequência o material foi pesado em balança analítica (precisão de 0,0001 gramas) para registro da massa inicial e logo após, com auxílio de um paquímetro digital, teve as suas dimensões mensuradas.

3.2 DENSIDADE APARENTE

Para caracterização das madeiras utilizadas, foi calculado a densidade aparente utilizando os mesmos corpos de prova empregados no ensaio de laboratório, com base nos valores de massa e volume (Equação 1) adquiridos após a secagem em estufa (a 60°C), até massa constante, conforme descrito no item anterior.

$$D_a = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Em que: D_a = densidade aparente, g/cm³; m = massa, g; v = volume, cm³

3.3 TRATAMENTO PRESERVANTE

Para o tratamento preservativo foram utilizados três diferentes compostos naturais: óleo de nim, *Tall oil* e tanino. Esses compostos foram adquiridos junto a empresas que comercializam tais substâncias.

A aplicação do produto preservante à madeira foi conduzido utilizando o método de imersão rápida a frio, que consiste em deixar a madeira submersa em contato com o produto por um determinado período de tempo. Em virtude a esse aspecto, esta técnica é classificada como um método de tratamento caseiro (ou sem pressão).

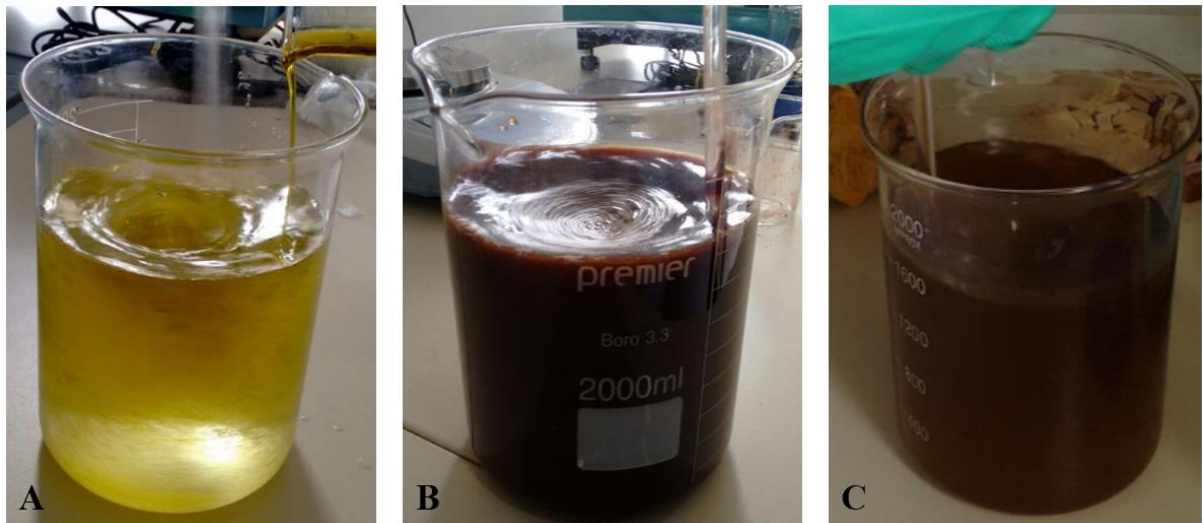
Com relação ao preparo das soluções preservativas, utilizou-se a concentração de 5% do ingrediente ativo a ser testado (Tabela 2), o qual foi dissolvido em 1500 mL de água destilada.

Tabela 2 – Composição dos tratamentos utilizados

Tratamento	Espécie	Preservante	Concentração aplicada (%)
1	<i>Araucaria angustifolia</i>	Testemunha	-
2	<i>Araucaria angustifolia</i>	Tanino	5
3	<i>Araucaria angustifolia</i>	Óleo de nim	5
4	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Tall oil</i>	5
5	<i>Eucalyptus viminalis</i>	Testemunha	-
6	<i>Eucalyptus viminalis</i>	Tanino	5
7	<i>Eucalyptus viminalis</i>	Óleo de nim	5
8	<i>Eucalyptus viminalis</i>	<i>Tall oil</i>	5
9	<i>Pinus taeda</i>	Testemunha	-
10	<i>Pinus taeda</i>	Tanino	5
11	<i>Pinus taeda</i>	Óleo de nim	5
12	<i>Pinus taeda</i>	<i>Tall oil</i>	5

Na Figura 2, consta o aspecto das soluções preservante preparadas.

Figura 2 – Preparo das soluções preservantes para cada ingrediente ativo: (A) óleo de nim, (B) tanino e (C) *tall oil*.



Fonte: Autor, 2017.

Após o preparo, os corpos de prova foram submersos na solução, onde permaneceram por 5 minutos, tempo necessário para que ocorresse a penetração do produto na madeira.

Encerrando o tempo de tratamento, os corpos de prova passaram por um processo de secagem ao ar livre de aproximadamente 2 semanas, para fixação do produto. Na sequência, as amostras foram dispostas em uma estufa de secagem a 60°C, até peso constante, para na sequência serem conduzidas as avaliações.

3.4 QUALIDADE DO TRATAMENTO PRESERVANTE

A qualidade do tratamento com preservantes naturais foi avaliada por meio dos parâmetros de penetração e retenção.

3.4.1 Avaliação da penetração

A penetração é um parâmetro utilizado para avaliar a qualidade do tratamento, o qual refere-se à distribuição e profundidade do produto preservante na peça de madeira (MENDES; ALVES, 1988). A penetração pode ser classificada como: nula, vascular, parcial irregular ou periférica e total (SALES-CAMPOS et al., 2003).

Para avaliação da penetração foram selecionados aleatoriamente três corpos de prova de cada tratamento e espécie, os quais, após todas as etapas que envolviam o tratamento, foram cortados ao meio (na face transversal) e lixados para realização da análise visual, para

posterior classificação, de acordo com a metodologia apresentada por Sales-Campos et al. (2003), conforme a Figura 3.

Figura 3 – Padrões utilizados para análise da penetração do produto preservante na peça de madeira.



Fonte: Adaptado de Sales-Campos et al. (2003).

3.4.2 Avaliação da retenção

A retenção pode ser definida como a quantidade de produto que ficou retido na madeira, sendo expressa pela relação da massa de produto por unidade de madeira tratada, indicada em quilograma por metro cúbico (kg/m^3). A retenção foi calculada conforme a Equação 2.

$$R = \frac{(M_f - M_i)}{V} \quad (2)$$

Em que: R = retenção, kg/m^3 ; M_f = massa final após tratamento e secagem em estufa a 60°C , kg; M_i = massa inicial (antes do tratamento) após a secagem em estufa a 60°C , kg; V = volume, m^3 .

3.5 EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO PRESERVANTE – ENSAIO DE LABORATÓRIO

O ensaio de apodrecimento acelerado foi executado no Laboratório de Fitopatologia, pertencente a Universidade Federal de Santa Catarina. Este ensaio seguiu as metodologias estabelecidas nas normas da American Society for Testing and Materials: ASTM D 2017 (ASTM, 2005) e ASTM D 1413 (ASTM, 1999), sendo esta última responsável apenas pelas especificações acerca do tipo e umidade do solo a ser utilizado.

3.5.1 Fungos xilófagos e condições de ensaio

Foram empregadas duas espécies de fungos xilófagos provenientes da coleção do Laboratório de Produtos Florestais (LPF), do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) de Brasília: *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilat, espécie causadora de podridão branca e *Gloeophyllum trabeum* (Persoon. ex Fries) Murr., espécie causadora de podridão parda.

Para a preservação dos fungos utilizou-se a metodologia de Castellani (1964), a qual prevê a conservação em água destilada e temperatura ambiente.

Tendo em vista que estes microrganismos necessitam de um ambiente e condições nutritivas que favoreçam seu desenvolvimento, foi preparado o meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar), o qual tem sua eficácia cientificamente comprovada ao desenvolvimento de fungos.

Inicialmente, foram preparadas 10 placas de Petri contendo o meio de cultura (5 para cada agente), as quais receberam um pequeno inóculo do micélio de fungo, que após o desenvolvimento passaram a ser chamadas de placas mãe. Em seguida, o material permaneceu em incubadora com fotoperíodo de 12 horas e temperatura de 25°C por um período de 15 dias para que houvesse o desenvolvimento do micélio.

Com o fungo em ótimo estágio de desenvolvimento nessas placas, foi realizada uma nova repicagem, totalizando 25 placas para cada agente, seguido do processo de acondicionamento. Essas placas foram fontes de inóculo para a execução do ensaio de apodrecimento acelerado.

Cabe ressaltar que todos os materiais utilizados, incluindo o meio de cultura, passaram por um processo de esterilização em autoclave antes da repicagem dos fungos.

3.5.2 Frascos e condução de ensaio

Para condução do ensaio utilizaram-se frascos de vidro transparente com capacidade de 600 mL, com tampa rosqueável, os quais foram preenchidos com 100 g de solo horizonte B, com pH 6,0, isento de matéria orgânica. Após a determinação do teor de umidade do solo, a capacidade de campo foi ajustada para 130%, com adição de água destilada, segundo as recomendações da norma ASTM D 1413 (ASTM, 1999).

Para o desenvolvimento inicial do fungo, foi depositado no interior dos frascos, uma placa suporte medindo 0,3 x 3,0 x 3,0 cm (radial, tangencial e longitudinal) respectivamente, de acordo com a Figura 4. As placas suporte foram confeccionadas com madeira de espécies

distintas para cada fungo, sendo que o *T. versicolor* teve seu estabelecimento inicial em placas de *Eucalyptus* sp. e o *G. trabeum* em placas de *Pinus* sp. Após este procedimento, os frascos, parcialmente fechados, passaram por um processo de esterilização em autoclave com temperatura de 121°C por cerca de 45 minutos.

Figura 4 – Frascos de ensaio contendo placa suporte para o desenvolvimento dos fungos.

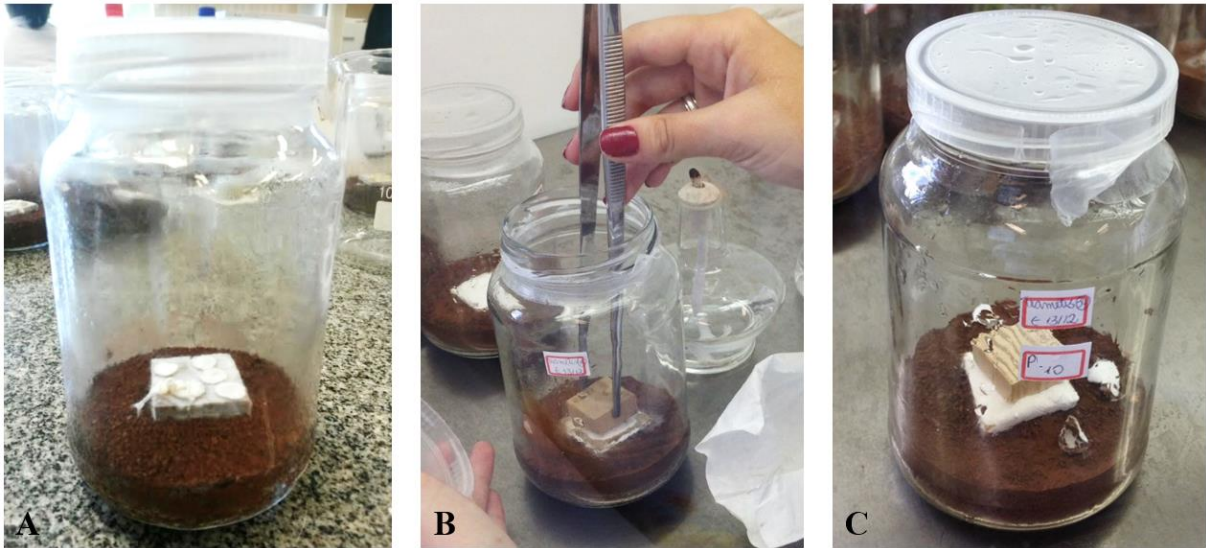


Fonte: Autor, 2017.

Após resfriamento, em cada frasco, sobre a placa suporte, foram depositados 5 discos de micélio do fungo a ser avaliado, os quais permaneceram na incubadora por 3 semanas para desenvolvimento sobre a placa (Figura 5A). Após este período, introduziu-se um corpo de prova (que também passou pelo processo de esterilização) em cada frasco (Figura 5B e C), que permaneceram na incubadora de crescimento por 16 semanas em contato com o fungo.

Encerrado o período de apodrecimento, os corpos de prova foram retirados dos frascos de vidro e submetidos a uma limpeza cuidadosa, que com o auxílio de uma escova de cerdas macias foi removido todo excesso de micélio aderido (Figura 6). Posteriormente, foram acondicionados em estufa, sob as mesmas condições pré-ensaio (60°C) até obter peso constante e foram novamente pesados para determinação da massa final.

Figura 5 – Placa suporte recoberta com o micélio do fungo *Trametes versicolor* (A) e deposição do corpo de prova sobre a placa suporte (B e C).



Fonte: Autor, 2017.

Figura 6 – Etapa final do ensaio de apodrecimento acelerado: micélio do fungo *Trametes versicolor* recobrendo tanto a placa suporte quanto o corpo de prova (A); Remoção do material retirado do corpo de prova para posterior limpeza (B); Corpo de prova após a retirada do micélio do fungo (C).



Fonte: Autor, 2017.

3.5.3 Determinação da perda de massa

A eficiência dos preservantes naturais quanto a inibição do ataque dos fungos apodrecedores foi avaliada a partir da perda da massa dos corpos de prova, por meio da diferença dos valores de massa inicial e massa final, conforme Equação 3.

$$PM_{cp} = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100 \quad (3)$$

Em que: PM_{cp} = perda de massa do corpo de prova, %; Mi = massa inicial após a secagem em estufa (60°C), g; Mf = massa final após a secagem em estufa (60°C), g.

A partir do valor médio de perda de massa, quanto a resistência ao ataque dos fungos xilófagos, seguindo a norma ASTM D 2017 (2005) (Tabela 3).

Tabela 3 – Classe de resistência da madeira ao ataque de fungos apodrecedores.

Classes de Referência	Perda de massa (%)
Altamente Resistente (AR)	1 – 10
Resistente (R)	11 – 24
Moderadamente Resistente (MR)	24 – 44
Não Resistente (NR)	> 45

Fonte: ASTM, 2005.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes ao presente estudo foram processados e analisados de forma eletrônica a partir do software Estatístico R 3.4.2 em conjunto com o complemento “R-studio”, que atenderam aos objetivos da pesquisa.

A retenção do produto preservante foi analisado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 3x3, sendo os fatores: espécie (3 níveis) e produto preservante (3 níveis).

O ensaio de apodrecimento acelerado foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em arranjo tri-fatorial, com os seguintes fatores: espécies (3 níveis), tratamentos preservantes (4 níveis) e fungos (2 níveis), um total de 12 tratamentos. Este ensaio em questão foi composto por: duas espécies de fungos apodrecedores (podridão parda e branca), com 7 repetições por fungo, para cada tratamento (Testemunha, Tanino, Óleo de nim e *Tall oil*), e espécies (*Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*), totalizando 168 corpos de prova.

A fim de assegurar que os resultados da análise de variância estão corretos realizou-se de o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, verificando assim a normalidade dos dados.

Todos os dados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA), com posterior comparação de média pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DENSIDADE APARENTE

A densidade aparente das madeiras de *A. angustifolia*, *E. viminalis* e *P. taeda* seca em estufa a 60°C, antes de receberem o tratamento preservativo, pode ser observada na Tabela 4. A respeito disso, verifica-se pelo teste de médias que houve diferença estatística entre as espécies, sendo a madeira de *E. viminalis* mais densa, seguida da madeira de *A. angustifolia* e *P. taeda*.

Tabela 4 – Densidade aparente das espécies empregadas no presente estudo.

Espécie	Densidade aparente (g/cm ³)
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,534 b
<i>Eucalyptus viminalis</i>	0,748 a
<i>Pinus taeda</i>	0,427 c

Médias seguidas da mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa através do teste de médias (Tukey, $p > 0,05$).

Com base na classificação proposta por Durlo (1991), as madeiras de *P. taeda*, *A. angustifolia* e *E. viminalis* foram classificadas como de densidade leve, média e pesada, respectivamente.

A *A. angustifolia* exibiu densidade média de 0,534 g/cm³. Frigeri et al. (2017), determinaram a densidade aparente das madeiras de *A. angustifolia* a 12% de umidade e observaram uma densidade de 0,400 g/cm³, inferior ao valor encontrado neste estudo.

Beltrame et al. (2010) desenvolveram um estudo acerca das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *A. angustifolia* em três diferentes estratos de floresta (superior, médio e inferior). Dentre as características avaliadas, esses autores verificaram que a densidade aparente (12% de umidade) foi maior para madeira do estrato superior (0,512 g/cm³), valor este muito semelhante ao encontrado no presente estudo.

Observa-se que a madeira de *E. viminalis* é mais densa do que as demais espécies empregadas neste estudo, uma vez que o valor é de 0,748 g/cm³. Iwakiri et al. (2013) avaliaram o potencial de 9 espécies de *Eucalyptus*, com idade variando entre 18 a 21 anos, e observaram para madeira de *E. viminalis* densidade aparente de 0,617 g/cm³.

Em análise as características físicas da madeira de três espécies do gênero *Eucalyptus* com 18 anos, Lopes (2007) verificou densidade aparente de 0,780 g/cm³ para *E. dunnii*, 0,880 g/cm³ para *E. urophylla* e 0,750 g/cm³ para *E. grandis*. Tais valores são semelhantes ao observado neste estudo para espécie de *E. viminalis* (0,748 g/cm³).

Sturion et al. (1988), estudando as propriedades da madeira de *E. viminalis* para fins energéticos verificaram que a madeira aos 4 anos de idade apresenta densidade aparente de 0,490 g/cm³, já a madeira com 7 anos apresenta 0,520 g/cm³. Ambos os valores encontrados são inferiores aos apresentados na Tabela 4, o que já era de se esperar, tendo em vista a grande diferença de idade.

A madeira de *P. taeda* apresentou densidade aparente de 0,427 g/cm³, valor semelhante ao encontrado por Klock (2000) (0,419 g/cm³) e inferior ao encontrado por Melchiorretto e Eleotério (2003) com 25 anos.

Ballarin e Palma (2003) avaliaram a diferença de densidade aparente (12% de umidade) entre a madeira juvenil e adulta de *P. taeda* com 37 anos. Em função da idade, os resultados encontrados por esses autores diferiram aos apresentados neste estudo, sendo 0,674 g/cm³ para madeira adulta e 0,536 g/cm³ para juvenil.

De acordo com Rolim e Ferreira (1974), a densidade da madeira aumenta gradativamente em função da idade, sendo que a estabilização desse valor varia de espécie para espécie. Situação está que vem a justificar a diferença de densidade das duas coníferas empregas neste estudo.

4.2 QUALIDADE DO TRATAMENTO

4.2.1 Avaliação da penetração

Os resultados da penetração do tanino, óleo de nim e *tall oil* nos corpos de prova podem ser observados na Tabela 5, sendo que o aspecto relacionado a estes são apresentadas no Apêndice A. Nota-se que, independente do produto aplicado, nenhum dos corpos de prova apresentou penetração nula.

Tabela 5 – Resultados da análise de penetração da face interna dos corpos de prova.

Tratamento	Espécie – Tipo de penetração		
	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Eucalyptus viminalis</i>	<i>Pinus taeda</i>
Tanino	Vascular	Vascular	Vascular
Óleo de nim	Parcial periférica	Parcial irregular	Total
<i>Tall oil</i>	Parcial irregular	Parcial irregular	Total

Em análise aos resultados apresentados, observa-se que a madeira de *A. angustifolia* apresentou penetração parcial periférica quando tratada com óleo de nim e irregular para o *tall oil*. Já o *E. viminalis* exibiu penetração irregular a estes dois produtos citados, em contrapartida, o *P. taeda* retratou penetração total. Diferentemente dos outros tratamentos, o tanino manifestou comportamento igual para todas as espécies, retratando penetração vascular.

A madeira de *E. viminalis* apresentou penetrações consideravelmente baixas em todos os tratamentos aplicados. Uma justificativa para tal resultados deve-se a alta densidade da madeira, o que implica em menor porosidade e, conseqüentemente, menor permeabilidade, tendo em vista que os poros estão devidamente ocupados por outras substâncias que constituem a madeira.

Além disso, Sales-Campos (2003) aponta que as madeiras do gênero *Eucalyptus*, assim como as demais folhosas, caracterizam-se anatomicamente pela presença de tiloses, as quais durante o desenvolvimento anual e formação do cerne irão ocasionar a obstrução dos vasos e, conseqüentemente, a má distribuição do produto preservante. Corroborando essa informação, Moreschi (2014) descreve que as tiloses são responsáveis por impedir a penetração do produto no sentido longitudinal, pelo qual o produto teria acesso aos tecidos vizinhos.

Vivian (2011) em estudo realizado com a madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, ambas com 16 anos de idade, tratadas em autoclave com CCA, observou a penetração vascular para madeira de *E. grandis* e penetração parcial irregular nas de *E. cloeziana*. O mesmo autor explica que esse resultado é decorrente da idade das árvores, considerando que na idade de 16 anos apresentam maior proporção de cerne, sendo este mais impermeável a solução preservante

Com relação a penetração do preservante nas madeiras de coníferas, observa-se (Tabela 5) que o *P. taeda* exibiu resultados mais satisfatórios, denotando penetração total aos compostos *tall oil* e óleo de nim. Muito embora apresentem características bastante

semelhantes, a madeira de *P. taeda* é descrita como de menor densidade (Tabela 4), logo, a permeabilidade será maior, possibilitando assim a passagem mais facilmente do produto pelos canais resiníferos.

Nessa mesma linha de considerações, Moreschi (2014) menciona a inexistência de canais resiníferos na madeira de *A. angustifolia*, com isso, a penetração do produto irá ocorrer exclusivamente pelos traqueídeos e pelas pontuações. Ainda, esse mesmo autor aponta que o tratamento de madeiras que possuem essa característica é mais uniforme. Tal situação vem a justificar a diferença de penetração verificada entre as madeiras de coníferas utilizadas quando tratada com óleo de nim e *tall oil*.

No que tange os fatores que interferem na penetração do produto na madeira, Moreschi (2014) elenca a profundidade da madeira de alburno, os sentidos anatômicos da madeira, vasos com tiloses, canais resiníferos e também os tipos de pontuações.

Uma das dificuldades encontradas para análise da retenção é o fato de que não existe produto que possa ser aplicado para reagir com estes preservantes como ocorre no caso dos hidrossolúveis como o CCA e CCB, em que se emprega a solução de cromoazurol-S, que reage com o cobre das formulações, destacando em cor azulada onde o mesmo penetrou e se distribuiu.

4.2.2 Avaliação da retenção

Na Tabela 6 pode ser observada a retenção calculada para os tratamentos com tanino, óleo de nim e *tall oil* após a estabilização da massa seca em estufa das madeiras utilizadas.

Tabela 6 – Retenção média do tanino, óleo de nim e *tall oil* para as madeiras após serem submetidas ao tratamento caseiro por imersão.

Tratamento	Espécie – Retenção (kg/m ³)		
	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Eucalyptus viminalis</i>	<i>Pinus taeda</i>
Tanino	9,15 bA	2,18 bB	8,95 cA
Óleo de nim	26,67 aB	9,77 aC	47,18 aA
<i>Tall oil</i>	8,77 bB	4,93 bB	15,81 bA

Em que: As médias na vertical seguidas por uma mesma letra minúscula, ou na horizontal, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

Em síntese, conforme exposto na Tabela 6, o óleo de nim apresentou os mais satisfatórios valores de retenção para todas as espécies, diferindo estatisticamente dos demais

produtos avaliados. Paes et al. (2012) avaliaram a eficiência do óleo de nim e de mamona no tratamento preservativo da madeira de Saumaúma (*Ceiba pentandra*), pelo método de imersão a frio e concluíram que, nas retenções de 10 a 16 kg/m³, ambos os compostos não foram efetivos no tratamento da madeira.

O *tall oil* exibiu menor retenção para a madeira de *E. viminalis* (4,93 kg/m³), que não diferiu da *A. angustifolia* (8,77 kg/m³), logo, ambas apresentaram diferença estatística apenas a espécie de *P. taeda* que apresentou retenção de (15,81 kg/m³). A baixa retenção apresentada por esse composto em questão pode ser justificada pela exsudação que o mesmo exibiu para na madeira de *E. viminalis* no decorrer do ensaio. Panov e Terziev (2010) comentam que a exsudação de compostos oleosos ocorre pelo fato dos mesmos não apresentarem ligação aos elementos estruturais da parede celular, ou ainda, a ausência de oxigênio faz com que o óleo não seja polimerizado, forçando assim sua saída a superfície, o que é reforçado pela menor porosidade dessa madeira, sendo equivalente entre as coníferas.

Em comparação com os demais produtos testados, o tanino apresentou a menor retenção para a madeira de *E. viminalis* (2,18 kg/m³). De acordo com Singh e Singh P. (2011) a grande problemática relacionada ao tanino é referente a má fixação na madeira após o tratamento, necessitando assim do uso de aditivos que atuem na imobilização do mesmo na madeira, fato que justifica a menor retenção observada de maneira geral.

Observa-se que as maiores retenções são para a espécie de *P. taeda*, diferindo estatisticamente das demais espécies, com exceção aquela tratada com tanino. Uma possível justificativa que pode ser considerada para tal situação pode estar relacionada a baixa densidade dessa madeira (0,427 g/cm³, Tabela 4).

Muito embora a retenção expresse a quantidade de produto em quilograma (kg) por metro cúbico (m³) de madeira, nem sempre as retenções superiores irão denotar qualidade e eficiência. Panov e Terziev (2010) mencionam que tal situação poderá alterar a aparência da peça, tendo em vista que o produto em excesso pode exsudar da madeira, além do mais a madeira ficará mais pesada tornando todo o processo mais oneroso.

Amaral (2012) aponta que a penetração e retenção são propriedades independentes, ou seja, uma penetração total, como é no caso do *P. taeda*, não necessariamente irá implicar em uma maior retenção, ou ainda, aquela que se diz adequada. Logo, não deve-se realizar análise comparativa entre estas duas variáveis.

4.3 EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO – ENSAIO DE LABORATÓRIO

4.3.1 Perda de massa

Na Tabela 7 constam as médias referentes a perda de massa das madeiras de *A. angustifolia*, *E. viminalis* e *P. taeda* tratadas com preservantes naturais após 16 semanas de ensaio sob a ação dos fungos apodrecedores *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*.

Tabela 7 – Percentual de perda de massa e classificação conforme a norma ASTM D-2017 (2005).

Espécie	Tratamento	Fungo	
		<i>G. trabeum</i>	<i>T. versicolor</i>
<i>Araucaria angustifolia</i>	Testemunha	27,98 MR	21,00 R
	Tanino	27,90 MR	20,81 R
	Tall oil	28,40 MR	22,21 R
	Óleo de nim	28,87 MR	19,34 R
<i>Eucalyptus viminalis</i>	Testemunha	11,20 R	28,30 MR
	Tanino	12,08 R	21,05 MR
	Tall oil	11,82 R	22,52 MR
	Óleo de nim	8,55AR	21,66 MR
<i>Pinus taeda</i>	Testemunha	41,77 MR	24,39 MR
	Tanino	30,98 MR	30,30 MR
	Tall oil	29,18 MR	24,69 MR
	Óleo de nim	32,87 MR	26,79 MR

Em que: AR = altamente resistente; R = resistente; MR = moderadamente resistente

Em análise aos resultados apresentados, verifica-se que em geral a perda de massa causada por ambos os fungos foi semelhante para as três espécies empregadas no experimento. Entretanto, é evidente que, independente do tratamento, o fungo de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*) deteriorou mais profundamente as madeiras de *A. angustifolia* e *P. taeda*, classificando ambas como moderadamente resistentes.

Uma possível justificativa para situação apresentada é citada no estudo desenvolvido por Soares (1998), que comenta sobre a preferência alimentar dos fungos de podridão parda por madeiras de coníferas. Corroborando essa informação, Martinez et al. (2005) destacam que tal ação está amplamente relacionada a densidade da madeira, tendo em vista que em

geral as madeiras do grupo citado são mais macias, o que vem a facilitar a deterioração por estes microrganismos.

No que se refere a perda de massa da madeira de *P. taeda* causada pelo fungo *G. trabeum*, observa-se que, independente do produto aplicado, houve um aumento na resistência da madeira após o tratamento, classificando-a como moderadamente resistente. Para o fungo *T. versicolor* a classificação foi integralmente a mesma, porém, os valores de perda de massa foram superiores aos da testemunha. A mesma situação é vista para a madeira de *Araucaria* quando submetida as mesmas condições.

Em contrapartida, a madeira de *A. angustifolia* foi classificada como resistente ao fungo de podridão branca (*T. versicolor*), independente do tratamento.

Por fim, mas não menos importante, a madeira de *E. viminalis* quando exposta ao fungo de podridão branca (*T. versicolor*) foi classificada como moderadamente resistente a todos os tratamentos. Já ao *G. trabeum*, a deterioração causada foi consideravelmente baixa em todos os tratamentos, logo, foi considerada resistente, com exceção ao tratamento óleo de nim que foi altamente resistente.

As interações fatoriais entre as espécies e preservantes, seguido do teste de médias (Tukey), são apresentadas na Tabela 8. Ressalta-se que o resultado do teste comparatório de médias referente ao comportamento do agente xilófago sobre os demais fatores encontram-se no apêndice D.

Tabela 8 – Comparação múltipla de médias para o percentual de perda de massa (%), em função da interação dos fatores: espécies, fungos e preservantes.

Espécie	Fungo – Preservante			
	<i>Trametes versicolor</i>			
	Testemunha	Tanino	Óleo de nim	Tall oil
<i>A. angustifolia</i>	21,00 aA	20,81 bA	19,34 aA	22,21 aA
<i>E. viminalis</i>	28,30 aA	21,05 bA	21,66 aA	22,52 aA
<i>P. taeda</i>	24,39 aA	30,30 aA	26,79 aA	24,69 aA
<i>Gloeophyllum trabeum</i>				
<i>A. angustifolia</i>	27,98 bA	27,90 aA	26,87 aA	28,40 aA
<i>E. viminalis</i>	11,20 cA	12,08 aA	8,55 aA	11,82 aA
<i>P. taeda</i>	41,77 aA	30,98 aB	32,87 aB	29,18 aB

Em que: As médias na vertical seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente. As médias na horizontal seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente.

Com base nos resultados apresentados, verifica-se que óleo de nim retratou mais efetividade a madeira de *A. angustifolia*, sob a ação dos dois fungos apodrecedores empregados neste estudo, porém, para ambas as situações, não houve diferença estatística com relação aos outros tratamentos.

Neste mesmo contexto, observa-se que para a mesma espécie (*A. angustifolia*) o composto *tall oil* foi ineficiente no combate destes agentes, pois teve efeito contrário do esperado, fazendo com que a madeira apresentasse valor de perda de massa superior àquela que não recebeu tratamento.

Por fim, com relação a deterioração dos dois fungos apodrecedores, o tanino teve o mesmo comportamento para madeira de *A. angustifolia*, reduzindo um pouco o percentual de perda de massa em comparação a testemunha, porém, estatisticamente apresentou o mesmo comportamento.

Doutro norte, a deterioração na madeira de *E. viminalis* foi maior quando submetida ao ataque do fungo de podridão branca (*T. versicolor*), pois estes agentes atacam preferencialmente as madeiras pertencentes ao grupo das angiospermas. Mesmo apresentando uma deterioração mais efetiva, todos os tratamentos aplicados mostraram-se eficazes na redução do percentual de perda de massa em comparação a madeira não tratada (testemunha), contudo, não houve diferença estatística entre todos os tratamentos.

Em contrapartida, sob a ação do fungo de podridão parda, a madeira de *E. viminalis* teve um aumento de perda de massa quando tratada com tanino e *tall oil* em relação a testemunha. Logo, pode-se pressupor que, mesmo estando na mesma classe de resistência, o preservante óleo de nim foi, numericamente, mais eficiente. Para ambas as situações apresentadas a espécie retratou estatisticamente o mesmo comportamento para todos os tratamentos, incluindo a testemunha.

A madeira de *P. taeda* apresentou valores de perda de massa superiores para o fungo *T. versicolor*, independente do tratamento aplicado, ou seja, nenhum dos produtos testados mostrou-se eficaz ao combate deste microrganismo, não havendo diferença estatística. Além disso, os tratamentos proporcionaram um aumento no percentual de perda de massa em comparação a madeira que não recebeu tratamento (testemunha).

Ainda, para esta mesma espécie (*P. taeda*), ao fungo *G. trabeum*, a maior perda de massa foi para a madeira que não recebeu tratamento (testemunha = 41,77%), diferindo estatisticamente daquelas que receberam o tratamento preservante. Neste contexto, observa-se que os tratamentos preservativos reduziram de forma significativa a perda de massa referente ao fungo de podridão parda (*G. trabeum*).

Panov e Terziev (2010) avaliaram a resistência de uma madeira de conífera, não tratada e tratada com éster de *tall oil*, sob à ação dos fungos de podridão branca (*T. versicolor*) e parda (*G. trabeum*), em ensaio de laboratório. Como resultado, esses autores observaram que ao fungo *T. versicolor* a perda de massa foi de 19,3% para madeira não tratada e 6,8% para aquela que recebeu o tratamento e para o fungo *G. trabeum* foi de 28,5% e 8,9%, respectivamente. Ao exposto, concluíram que o produto avaliado é eficiente, aumentando consideravelmente a resistência da madeira.

Temiz et al. (2008) realizaram um estudo acerca da resistência à deterioração da madeira de *Pinus sylvestris* tratado com ácido bórico e derivados de *tall oil*, separadamente ou em combinação, sob ação de dois fungos de podridão parda (*Postia placenta* e *Coniophora puteana*). Como resultados esses autores verificaram que apenas o *tall oil* com 90% de ácido resínico livre combinado a 2% de ácido bórico foi efetivo no combate dos fungos, tendo em vista que exibiram perda de massa inferior a 3%.

No estudo realizado por Teixeira et al. (2015), os pesquisadores testaram a eficiência do óleo de nim em diferentes concentrações (5 e 50%) no tratamento preservativo da madeira de *Pinus caribaea* sobre ação do fungo apodrecedor *T. versicolor*. Os resultados obtidos foram mais satisfatórios para a concentração de 50%, ou seja, proporcionou um aumento significativo na proteção à deterioração da madeira. Já para a concentração de 5%, a mesma utilizada no presente estudo, foram menos efetivos ao objetivo da pesquisa.

Uma alternativa para melhorar a eficácia dos produtos naturais como preservantes de madeira é fazer uso de aditivos, com o intuito de aumentar a penetração e fixação do produto na parede celular. Para Temis et al. (2008), uma boa maneira de melhorar a efetividade dos produtos naturais como preservante de madeira é adicionar junto ao composto determinadas concentrações de ácido bórico.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados observados no presente estudo conclui-se que:

- As madeiras de *A. angustifolia* e *E. viminalis* apresentaram penetração consideravelmente baixa. Já o *P. taeda* exibiu penetração total ao *tall oil* e óleo de nim, visto que é uma madeira menos densa e mais permeável.
- As madeiras de *P. taeda* e *A. angustifolia* exibiram maior retenção a todos os produtos preservantes.
- Quanto a perda de massa, independente do tratamento aplicado, a madeira de *A. angustifolia* foi classificada como resistente ao fungo de podridão branca (*T. versicolor*). Em contrapartida, o *P. taeda* e o *E. viminalis* foram moderadamente resistentes a este agente.
- A madeira de *E. viminalis* pode ser classificada como resistente ao ataque do fungo *G. trabeum* e altamente resistente quando tratada com óleo de nim. Já as espécies de *A. angustifolia* e *P. taeda* podem ser classificadas como de resistência moderada ao ataque do fungo.
- De modo geral, em comparação aos resultados encontrados para as outras espécies, todos os tratamentos foram eficientes para a madeira de *P. taeda* quando em contato ao fungo de podridão parda (*G. trabeum*).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados, sugere-se que essas madeiras sejam tratadas testando outros métodos, bem como outras concentrações e tempos de tratamento. Também poderia ser testado o aquecimento, especialmente para os produtos oleosos, visando melhorar a penetração dos produtos. Outra recomendação é testar aditivos, como o ácido bórico, que alguns autores mencionam, visando melhorar a fixação dos compostos na madeira.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2017**. Standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. West Conshohocken, 2005. 5p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1413**. Standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. West Conshohocken, 1999. 7p.
- AMARAL, L. S. **Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F. Polinização controlada em *Araucaria angustifolia*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2. p. 247-255, dez. 2011.
- AHN, S. H.; OH, S. C.; CHOI, I.; KIM, K.; YANG, I. Efficacy of wood preservatives formulated from okara with copper and/or boron salts. **Journal Wood Science**, [S.I], v. 54, p. 495- 501, 2008.
- ASTARITA, L. V.; WALTER, H.; FLOH, E. I. S. Changes in polyamines content associated with zygotic embryogenesis in the Brazilian pine, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p.163-168, june. 2003.
- BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL – BRDE. **Cultivo da *Araucaria angustifolia*: viabilidade econômica e financeira**. Florianópolis: BRDE, 2005. 53 p.
- BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371-380, abr./maio. 2003.
- BARILLARI, C. T.; FREITAS, V. P. Preservação. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 68, dez. 2002.
- BASSO, C. M. G. A Araucária e a paisagem do planalto Sul brasileiro. **Revista de Direito Público de Londrina**, Londrina, v. 2, n. 5, p. 1-11, ago. 2010.
- BELTRAME, R.; SOUZA, J. T.; MACHADO, W. G.; VIVIAN, M. A.; BULIGON, E. A.; PULESKI, D. T.; GATTO, D. A. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) em três estratos fitossociológicos. **Ciência da madeira**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 54-69, nov. 2010.
- BOSSARDI, K.; BARREIROS, R. M. Produtos naturais como preservantes para madeiras de rápido crescimento – Uma revisão. **Ciência da madeira**, Pelotas, v. 02, n. 02, p. 109-118, nov. 2011.
- BLANCHETTE, R. A. Delignification by Wood-Decay Fungi. **Annual Review of Phytopathology**, [S.I], v. 29, n. 1, p. 381- 403, sept. 1991.

BOSSARDI, K. **Tall oil e seus subprodutos: alternativas como preservantes para madeira.** 2014. 73 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

BRASIL. Portaria MMA nº 443, de dezembro de 2014. Dispõe sobre a “Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção”. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 dez. 2014.

CARVALHO, P. E. R. **Pinheiro-do-paraná.** Colombo: Embrapa, 2002. 17p. (Comunicado técnico, 60).

CARVALHO, S.M.; FERREIRA, D.T. Santa Bárbara contra vaquinha. **Ciência hoje**, [S.I], v. 11, n. 65, p. 65-67, ago. 1990.

CARVALHO, P. E. R.; *Acacia mearnsii* (**Acácia-negra**). 1. ed. [S.I]: Embrapa Florestas, 1999. 6 p. (Instrução Técnica)

CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Antifungal activity of plant extracts to *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 1-5, fev. 2007

DIAS, A. C. C.; MARCHESAN, R.; PIERONI, G. B.; ALMEIDA, V. C.; VIEIRA, R. S.; MORAES, C. B. Qualidade da madeira para produção de lâminas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 3, p. 333-341, jul./set. 2017.

DIAS, K. B.; BARREIROS, R. M. Potentiality of Tall Oil as Preservative for Wood. **Chemical and Biomolecular Engineering**, [S.I], v. 2, n. 4, p. 180-183, nov./jan. 2018.

DUARTE, R. I.; SILVA, F. A. S.; SCHULTZ, J.; SILVA, J. Z.; REIS, M. S. Características de desenvolvimento inicial em teste de progênie de uma população de Araucária na Flona de Três Barras – SC. **Revista Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2 n. 2, p. 114-123, maio./ago. 2012.

EVANGELISTA, B. A.; WREGGE, M. S. Zoneamento agrícola de risco climático do *Pinus taeda*, para região Sul do Brasil. In: Reunión Argentina y Latinoamericana de agrometeorología, 13; 6, Bahia Blanca. **Anais...** Bahia Blanca: Universidade Nacional del Sur, 2010, p. 296-297. Disponível: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31927/1/WREGGE.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

FERREIRA, L. C. **Identificação do óleo essencial obtido de folhas e galhos residuais de *Eucalyptus viminalis* coletados na região sudoeste do paraná – agregando valor a cadeia de produção da madeira trabalho.** 2014. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

FERREIRA, F. A. **Patologia Florestal: Principais Doenças Florestais no Brasil.** Viçosa: SIF, 1989. 570 p.

- FIGUEIREDO FILHO, A.; RETSLAFF, A. S.; KOHLER, S. V.; BECKER, M.; BRANDES, D. Efeito da idade no afilamento e sortimento em povoamentos de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 50-59, mar. 2015.
- FRIGERI, J. V.; KREFTA, S. M.; GERMANO, A. D. Determinação da densidade aparente para as espécies florestais *Araucaria angustifolia* e *Eucalyptus* spp. In: Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal da UFPR, 1., 2017, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR Anais...Curitiba(PR) UFPR, 2017. Disponível em: <www.even3.com.br/anais/iseaflor>. Acesso em: 30 out. 2018.
- GEOFFREY, D.; VOLC, J.; FILONOVA, L.; PLIHAL, O.; KUBATOVA, E.; HALADA, P. (2007). Characteristics of *Gloeophyllum trabeum* Alcohol Oxidase, an Extracellular Source of H₂O₂ in Brown Rot Decay of Wood. **American Society for Microbiology Journals**, [S.I.], v. 73, n. 19, p. 6241–6253, oct. 2007.
- GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e conservação**. Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. 246 p. (Caderno Técnico 6).
- GONZAGA, J. V.; BUSNARDO, C. A.; DIAS, C.; MENOCELLI, S.; FOELKEL, C. E. B.; Caracterização da qualidade da madeira de *Eucalyptus viminalis* introduzido na região de Guaíba- RS. In: Congresso Anual da ABCP, 16., 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1983. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/15_Qualidade%20madeira%20e.viminalis.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.
- GUANGCHENG, Z.; YUNLU, L.; YAZAKI, Y. Extractives yields, Stiasny values and polyflavanoid contents in barks from six Acacia species in Austrália. **Journal of the Institute of Foresters of Australian**, Australia, v. 54, n. 3, p. 154–156, apr. 1991.
- HERGERT, H. L. Condensed Tannins in Adhesives: Adhesives from Renewable Resources. In: HEMINGWAY, R. W.; CONNER, A. H.; BRANHAM, S. J. **Adhesives from Renewable Resources**. Washington: American Chemical Society, 1989. Cap. 12, p. 155–171.
- HILING, E.; MACHADO, G. O.; HOLK, D. L.; CORRADI, G. M. Physical properties of wood from *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze as a function of position in the stem at different ages. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 257-263, apr. 2012.
- HURREL, J. A.; BAZZANO, D. H. **Plantas da la Argentina silvestres y cultivadas**: Pinos ornamentales y forestales. Argentina: L.o.l.a (literature Of Latin America), 2007. 239 p.
- HYVÖNEN, A.; PILTONEN, P.; NIINIMÄKI, J. Tall oil/water – emulsions as water repellents for Scots pine sapwood. **European Journal of Wood and Wood Products**, [S.I.], v. 64, n. 1, p. 68–73, nov. 2005.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA E ÁRVORES – IBÁ. **Relatório anual IBA 2017 ano base 2016**. São Paulo: IBÁ, 2017. 88 p.
- IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J. G.; TRIANOSKI, R.; SILVA, L. S. Evaluation of the use potential of nine species of genus *Eucalyptus* for production of veneers and plywood panels. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 263-269, jan. 2013.

JANKOWSKI, I. P.; BARILLARI, C. T.; FREITAS, V. P.; Preservação. **Revista da madeira**. [S.I.], n. 68, dez. 2002.

JAYANETTI, D. L. **Wood Preservation manual**. U.S.A: FAO Forestry Paper, v. 76, 1986. 152 p.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore**. 2000. 291f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LOPES, C. S. D. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. 2008. **Prota**: Plant Resources of Tropical Africa - Timbers 1. Netherlands: Foundation, Wageningen, v. 7, n. 1, 2008. 704 p.

MACHADO, G. O.; CALIL JÚNIOR, C.; POLITO, W.; PAWLICKA, A. Preservante natural de madeira para uso na construção civil – óleo de neem. **MINERVA**, São Carlos, v. 3, n. 1, p. 1-8, maio. 2006. Disponível em: <[http://www.fipai.org.br/Minerva%2003\(01\)%2001.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2003(01)%2001.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2018.

MARTINEZ, S. S. O nim – *Azadirachta indica* – um inseticida natural. Londrina: **IAPAR**, 2008. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/O%20NimDownloadFev2008PDF.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

MARTÍNEZ, A. T.; SPERANZA, M.; RUIZ-DUENAS; FERREIRA, P.; CAMARERO, S.; GUILLÉN F.; MARTÍNEZ, M. J.; GUTIÉRREZ, A.; DEL RIO, J. C. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. **International Microbiology**, Madrid, n. 8, p. 195-204. mar./may. 2005.

MASTROBERTI, A. A.; MARIATH, J. E. A. Leaf anatomy of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p.343-353, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbb/v26n3/18953.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

MATTOS, P. P.; BORTOLI, C.; MARCHESAN, R.; ROSOT, N. C. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**. Colombo: Embrapa, 2006. 4 p. (Comunicado técnico, 160).

MAZONI, J. N. O. Inativação de fungos e extração de azadiractina e óleo de sementes de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) utilizando fluidos supercríticos. 2008. 105 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, 2008.

MENDES, R. F.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; GARLET, A.; VIDAL, J. M.; ALMEIDA, N. F.; JANKOWSKY, I. P. Resistência de painéis compensados de *Pinus taeda* tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 105-112, jan./mar. 2014.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **Degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/DPq-LPF, 1988. 56 p.

MELLADO, E. C. E. R.; TOMASELLI, I. Secagem da madeira serrada de *Eucalyptus viminalis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 147-159, 1993. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/290/pdf>>. Acesso em: 09 out. 2018;

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J. R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. **In: Congresso Regional de Iniciação Cinética e Tecnológica – CRICTE**, 18., 2003, Blumenau. **Anais...** Blumenau: FURB, 2003. p. 1-5.

MOSSINO, S. A. G.; KEMMELMIEIER, C. A árvore nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. **Acta Farmacêutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 24, n. 1, p. 139-148, july./dez. 2005.

MONTAGNA, T. et al. A importância das Unidades de Conservação na manutenção da diversidade genética da Araucária (*Araucaria angustifolia*) no estado de Santa Catarina. **Revista Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2 n. 2, p. 17-24, ago. 2012.

MORESCHI, J. C.; TOMASELLI, I.; RICHTER, H. G. Contribuição ao estudo da densidade básica de coníferas plantadas no Sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 26-28, 1973.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira: fatores que afetam a qualidade do tratamento preservativo da madeira maciça**. Curitiba: UFPR, v. 04, 2014. 161 p. (Material Didático).

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira: biodegradação da madeira**. Curitiba: UFPR, v. 01, 2013. 49 p. (Material Didático).

NETTO, S. P.; HOSOKAWA, R. T.; NETO, O. B. Estudo da concentração e grau de toxidez do creosoto em relação ao fungo *Lenzites trabea*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 63-68, 1972.

NUNES, G. C. **Durabilidade natural das madeiras de *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* e *Pinus taeda* em ensaio de deterioração a campo**. 2018. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Curitibanos, 2018.

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**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, set./out. 2005.

PANOV, D.; TERZIEV, N. Plant oils as “green” substances for wood protection. In: International Conference on Environmentally-Compatible Forest Products, 4th., 2010. **Anais...** Portugal: ECOWOOD, 2010. p. 143-149. Available in: <https://www.researchgate.net/publication/258961010_PLANT_OILS_AS_GREEN_SUBSTANCES_FOR_WOOD_PROTECTION>. Access in: 24 oct. 2018.

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. 33, p. 617-624, jul./set. 2012.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PEREIRA, J. C. D.; MATTOS, P. P.; SCHAITZA, E. G. **Características da madeira de seis espécies de Eucalipto plantadas em Colombo - PR**. Embrapa Florestas, Colombo, p.1-14, 2003. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 15).

PIZZI, A. Condensed tannins for adhesives. **Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development**, v. 21, n. 3, p. 359–369, apr.1982.

PIZZI A. Tanin-based adhesives. **Journal of Macromolecular Science**. England, v. 18, n. 2, p. 247-315, jan. 1980.

PINTO, F. F. **Degradação de madeiras por fungos: aspectos biotecnológicos e de biorremediação**. 2006. 46 f. Monografia (Especialização em Microbiologia) - Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Ciências Biológicas, Belo Horizonte, 2006.

PROCITROPICOS: PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN AGRÍCOLA PARA LOS TRÓPICOS SURAMERICANOS. **Compostos Fenólicos**, 2014. Disponible: <<https://procitropicos.org.br/articulo/artigo-compostos-fenolicos-en-portugues/>>. Acceso en: 27 sept. 2018.

RILEY, R. et al. Extensive sampling of basidiomycete genomes demonstrates inadequacy of the white-rot/brown-rot paradigm for wood decay fungi. **National Academy of Sciences**, [S.I.], v. 111, n. 27, p. 9923-9928, june. 2014.

ROLIM, M. B.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. Kuntze em função dos anéis de crescimento. **IPEF**, São Paulo, n. 9, p. 47-55, fev. 1974.

SALES-CAMPOS, C.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae - (pau-rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.

SALES, H. J. S. **Esterificação seletiva para a separação de esteróis, ácidos resínicos e ácidos graxos do resíduo oleoso de madeira (tall oil)**. 2007. 167f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 85-93, 2000.

- SILVA, R. V. **Uso de taninos da casca de três espécies de eucalipto na produção de adesivos para madeira.** 2001. 54 f. Tese (Doutorado em *Magister Scientiae*) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- SILVA, J. P. A. G. **Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira.** 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2008.
- SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto.** 1999. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1999.
- SINGH, T.; SINGH, A. P. A review on natural products as wood protectant. **Wood Science and Technology**, [S.I.], v. 46, n. 5, p. 851–870, nov. 2011.
- SHIMIZU, J. Y. *Pinus* na silvicultura brasileira. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 16, n. 99, p. 4-14, 2006.
- SCIPIONI, M. C.; DOBNER JR, M.; LONGHI, A. J.; VIBRANS, A.; SHIEDER, P. R. The last giant Araucaria trees in Southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 75, n. 1 - 23, jan. 2018.
- SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA PAIVA, P. F.; SILVA, D. R. G. **Cultivo e usos do Nim (*Azadirachta indica* A. Juss).** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. 14 p. (Boletim Agropecuário, 68).
- SOUZA, R. V. DEMENIGHI, A. L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. **Mix Sustentável**, Ed. 05, v. 3, n. 1, p. 84-92, jan. 2017.
- SOARES, C. H. L. **Estudos mecanísticos de degradação de efluentes de indústrias de papel e celulose por fungos basidiomicetos degradadores de madeira.** 1998. 120 f. Tese (Doutorado em Química, Química Orgânica) - Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Química, Campinas, 1998. Disponível em:
- SCHULTZ, R. P. **Loblolly pine: the ecology and culture of loblolly pine (*Pinus taeda* L.).** Nova Orleans: Department of Agriculture, Forest Service, 1997, 493 p.
- STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F. GARLET, A.; PASTORES, T. C. M. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da madeira**, v. 04, n. 01, p. 15-32, maio. 2013.
- STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; CHEMIN, M. S. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus viminalis* para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte.** Colombo: Embrapa, 1988, 5 p. (Boletim de Pesquisa Florestal, 16).
- SCALBERT, A. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**, Great Britain, v. 30, n. 12, p. 3875–3883, june. 1991.
- TEIXEIRA, J. G; LATORRACA, J. V. F.; TREVISAN, H.; PAES, J. B. Eficiência do óleo de

neem e dos resíduos de candeia sobre a inibição do desenvolvimento de fungos xilófagos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 417-426, jun. 2015.

TEMIZ, A.; ALFREDSSEN, G.; EIKENES, M.; TERZIEV, N. Decay resistance of wood treated with boric acid and *tall oil* derivates. **Bioresource Technology**, [S.I], v. 99, n. 7, p. 2102–2106, oct. 2008.

TREVISAN, H.; TIEPPO, F. M. M.; CARVALHO, A. G.; LELIS, R. C. C. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais em função da deterioração em dois ambientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n.1, p. 93-101, out. 2007.

VIDAL, B. R.; SHIMADA, A. N.; DELLA LÚCIA, R. M.; VALENTE, O. F.; PIMENTA, A. S. Avaliação dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden como preservativo de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 241-244, maio. 2001.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; JANKOWAKY, I. P. Preservação de maneiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, jun./mar. 2015.

VÄHÄOJA, P.; PILTONEN, P.; HYVÖNEN, A.; NIINIMÄKI, J.; JALONEN, J.; KUOKKANEN, T. Biodegradability studies of certain wood preservatives in groundwater as determined by the respirometric bod oxitop method. In: **Water, Air, and Soil Pollution**, n. 165, p. 313-324, aug./apr.2005.

VIVIAN, M. A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo**. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

WANG, S. Y.; CHEN, P. F.; CHANG, S. T. Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi. **Bioresource Technology**, [S.I] v. 96, n.7, p. 813–818, sept. 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância da densidade aparente.

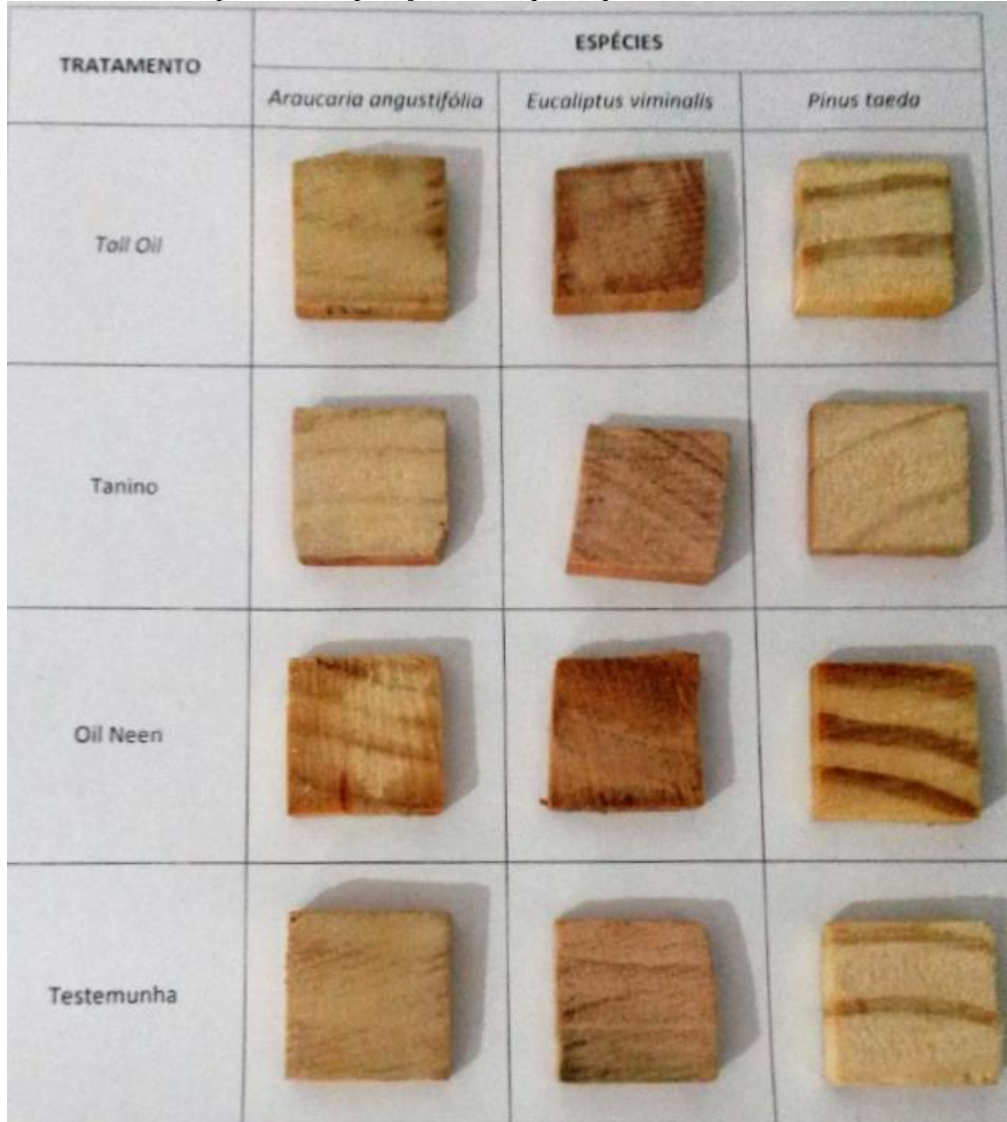
Tabela 9 – Análise de variância da densidade aparente das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*.

FV	GL	SQ	QM	F-valor	p-valor
Densidade Aparente	2	2,99	1,49	1018,6	0,00***
Resíduo	165	0,24	0,00		
Total	167	3,23			

***significativo ao nível de significância de 0,001; ns = não significativo

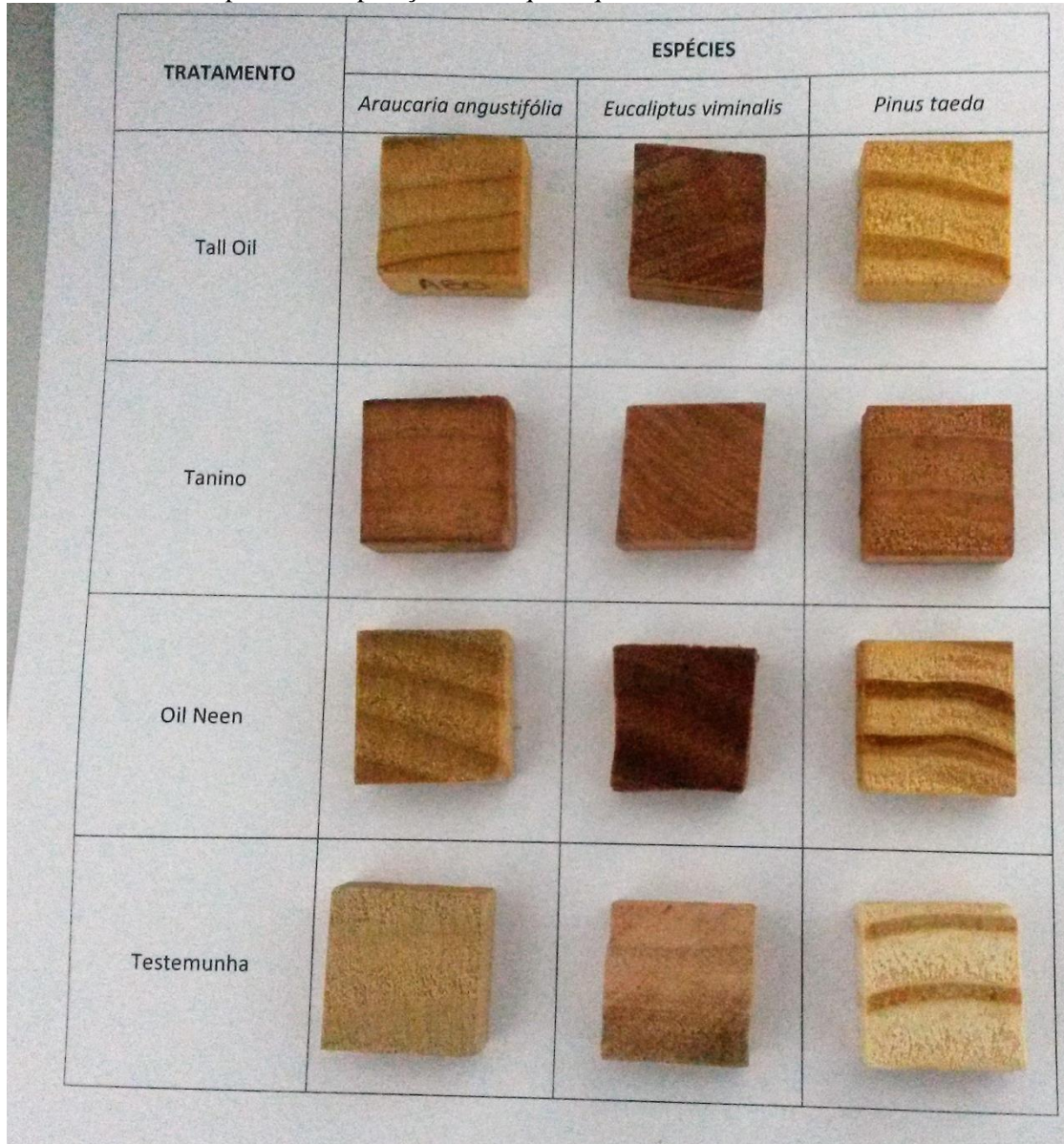
APÊNDICE B – Análise da penetração dos produtos preservantes.

Figura 7 – Análise interna da penetração dos produtos preservantes nas madeiras de Araucaria, Pinus e Eucalipto em comparação com aquela que não recebeu tratamento.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 8 – Análise externa da penetração dos produtos preservantes nas madeiras de Araucaria, Pinus e Eucalipto em comparação com aquela que não recebeu tratamento.



Fonte: Autor, 2017.

APÊNCIDE C – Análise de variância fatorial da retenção dos produtos

Tabela 10 – Análise de variância fatorial da retenção do tanino, óleo de nim e *tall oil* nas *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*.

FV	GL	SQ	QM	F-valor	p-valor
Espécie	2	12635	6317,0	165,35	0,00***
Preservante	2	19516	9757,8	255,42	0,00***
Espécie*Preservante	4	7224	1806,1	47,27	0,00***
Resíduos	216	8252	38,2		
Total	225	47626			

***significativo ao nível de significância de 0,001; ns = não significativo

Tabela 11 – Análise de variância da interação do fator espécie dentro de cada produto preservante

FV	GL	SQ	QM	F-valor	p-valor
Preservante	2	19515,64	9757,82	255,42	0,00***
Espécie: óleo de nim	2	17548,68	8774,34	229,68	0,00***
Espécie: <i>tall oil</i>	2	1520,35	760,17	19,89	0,00***
Espécie: tanino	2	789,35	394,66	10,33	0,00***
Resíduos	216	8251,72	38,20		
Total	224	47625,74	212,614		

***significativo ao nível de significância de 0,001; ns = não significativo

Tabela 12 – Análise de variância da interação do fator preservante dentro de cada espécie.

FV	GL	SQ	QM	F-valor	p-valor
Espécie	2	12635,04	6317,02	165,35	0,00***
Preservante: Araucaria	2	5226,39	2613,19	68,40	0,00***
Preservante: Eucalipto	2	740,02	370,01	9,68	0,00***
Preservante: Pinus	2	20773,54	10386,77	271,88	0,00***
Resíduos	216	8251,72	38,20		
Total	224	47625,74	212,614		

***significativo ao nível de significância de 0,001; ns = não significativo

APÊNDICE D – Análises de Variância fatorial do ensaio de apodrecimento acelerado

Tabela 13 – Análise de variância fatorial para a perda de massa das *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda* ao apodrecimento acelerado.

FV	GL	SQ	QM	F	p - valor
Espécies	2	4642,98	2321,49	69,01	0,00***
Agente xilófago	1	16,55	16,55	0,42	0,48 ^{ns}
Preservante	3	208,22	69,40	2,06	0,10 ^{ns}
Espécie x Agente xilófago	2	3603,92	1801,60	53,57	0,00***
Espécie x Preservante	6	215,53	35,92	1,06	0,38 ^{ns}
Agente xilófago x Preservante	3	65,039	21,68	0,64	0,58 ^{ns}
Espécie x Agente xilófago x Preservante	6	684,29	114,05	3,39	0,00***
Resíduos	144	4843,73	33,63		
TOTAL	167	14280,29	85,51		

***significativo ao nível de significância de 0,001; ns = não significativo

Com base no quadro da análise de variância exibido acima, conclui-se que existe interação entre os três fatores empregados no estudo (espécie, fungo, preservante), uma vez que p-valor (0,0037) encontrado é menor que 5% indicando que o comportamento de um fator é influenciado pelos níveis dos outros fatores. Frente à essa situação, faz-se necessária dar continuidade a análise, ou seja, desdobrar a interação entre os fatores e analisar a influência de um dentro do outro.

A fim de assegurar que os resultados da análise de variância estão corretos realizou-se de o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, Como resultado foi obtido o p-valor de 0,61, indicando que os resíduos são normais e os pressupostos da anova foram atendidos.

Tabela 14 – Análise de variância referente ao comportamento do fator espécie dentro de cada nível de agente xilófago (*Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*) e preservantes (Óleo de Nim, Testemunha, Tanino, *Tall oil*) ao nível de significância de 5%.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Espécie: <i>G. trabeum</i> ; Óleo de nim	2	2247,50	1123,60	33,40	0,00***
Espécie: <i>G. trabeum</i> ; Testemunha	2	3281,58	1640,79	488,77	0,00***
Espécie: <i>G. trabeum</i> ; Tanino	2	1439,70	719,85	21,40	0,00***
Espécie: <i>G. trabeum</i> ; <i>Tall oil</i>	2	1345,41	672,70	19,99	0,00***
Espécie: <i>T. versicolor</i> ; Óleo de nim	2	203,55	101,77	3,025	0,51 ^{ns}
Espécie: <i>T. versicolor</i> ; Testemunha	2	194,06	97,03	2,88	0,59 ^{ns}
Espécie: <i>T. versicolor</i> ; Tanino	2	409,69	204,84	6,08	0,00***
Espécie: <i>T. versicolor</i> ; <i>Tall oil</i>	2	25,51	12,75	0,37	0,68 ^{ns}
Resíduos	144	4843,73	33,63		

***significativo ao nível de significância de 0,001; ns = não significativo;

Tabela 15 – Análise de variância referente ao comportamento do fator agente xilófago dentro de cada nível de espécie (*Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Eucalyptus viminalis*) e preservantes (Óleo de nim, Testemunha, Tanino, *Tall oil*).

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Fungo: <i>A.angustifolia</i> ; Óleo de nim	1	198,79	198,79	5,91	0,01 ***
Fungo: <i>A.angustifolia</i> ; Testemunha	1	170,50	170,50	5,06	0,00 ***
Fungo: <i>A.angustifolia</i> ; Tanino	1	175,63	175,63	5,22	0,02 ***
Fungo: <i>A.angustifolia</i> ; <i>Tall oil</i>	1	133,86	133,86	3,97	0,04 ***
Fungo: <i>E. viminalis</i> ; Óleo de nim	1	601,78	601,78	17,89	0,00 ***
Fungo: <i>E. viminalis</i> ; Testemunha	1	1023,30	1023,30	30,42	0,00 ***
Fungo: <i>E. viminalis</i> ; Tanino	1	281,59	281,59	8,37	0,00 ***
Fungo: <i>E. viminalis</i> ; <i>Tall oil</i>	1	400,52	400,52	11,90	0,00 ***
Fungo: <i>P. taeda</i> ; Óleo de nim	1	129,32	129,32	3,84	0,05 ***
Fungo: <i>P. taeda</i> ; Testemunha	1	1182,35	1182,35	35,15	0,00 ***
Fungo: <i>P. taeda</i> ; Tanino	1	1,62	1,62	0,048	0,82 ns
Fungo: <i>P. taeda</i> ; <i>Tall oil</i>	1	70,49	70,49	2,09	0,14 ns
Resíduos	144	4843,73	33,63		

***significativo ao nível de significância de 0,001; ns = não significativo;

Tabela 16 – Comparação múltipla de médias para o percentual de perda de massa, em função do comportamento do agente xilófago dentro de cada espécie e produto preservante.

Espécie	Preservante	Fungo	
		<i>T. versicolor</i>	<i>G. trabeum</i>
<i>Araucaria angustifolia</i>	Tanino	20,81 b	27,90 a
	<i>Tall oil</i>	22,21 b	28,40 a
	Óleo de nim	19,34 b	26,87 a
	Testemunha	21,00 b	27,98a
<i>Eucalyptus viminalis</i>	Tanino	21,08 a	12,08 b
	<i>Tall oil</i>	22,52 a	11,82 b
	Óleo de nim	21,66 a	8,55 b
	Testemunha	28,30 a	11,20 b
<i>Pinus taeda</i>	Tanino	30,30 a	30,98 a
	<i>Tall oil</i>	24,69 a	29,18 a
	Óleo de nim	26,79 b	32,87 a
	Testemunha	24,39 b	41,77 a

Em que: As médias na horizontal seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente.