

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Leonardo Demarchi Schites dos Santos

**Extratos de brácteas da pinha de *Araucaria angustifolia* como preservante natural de
madeiras**

Curitibanos, SC

2021

Leonardo Demarchi Schites dos Santos

Extratos de brácteas da pinha de *Araucaria angustifolia* como preservante natural de madeiras

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Joni Stolberg

Coorientadora: Prof. Dra. Heloisa Maria de Oliveira

Curitiba

2021

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

Santos, Leonardo Demarchi Schites dos
Extratos de brácteas da pinha de Araucaria angustifolia
como preservante natural de madeiras / Leonardo Demarchi
Schites dos Santos ; orientador, Joni Stolberg,
coorientador, Heloisa Maria de Oliveira, 2021.
71 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Taninos Condensados. 3.
Preservantes Naturais . 4. Brácteas Estéreis . 5. Campo de
Apodrecimento. I. Stolberg, Joni . II. Oliveira, Heloisa
Maria de . III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

Leonardo Demarchi Schites dos Santos

Extratos de brácteas da pinha de *Araucaria angustifolia* como preservante natural de madeiras

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

Curitiba, 19 de Abril de 2021.



Documento assinado digitalmente
Mário Dobner Júnior
Data: 07/05/2021 09:01:39-0300
CPF: 034.250.659-55
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Mário Dobner Júnior
Coordenador (a) do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Joni Stolberg
Data: 06/05/2021 18:50:39-0300
CPF: 683.796.929-34
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Joni Stolberg.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Cristian Soldi
Data: 06/05/2021 19:16:01-0300
CPF: 032.833.289-51
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Cristian Soldi.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Karina Soares Modes
Data: 07/05/2021 13:52:19-0300
CPF: 003.082.240-86
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.ª Dr.ª Karina Soares Modes
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a minha honrosa mãe Eleane Demarchi (*in memoriam*), ao meu querido pai Adacir Schites dos Santos e minha linda namorada Elisandra Cristina Ribeiro. A presença, o carinho e o amor de vocês foram fundamentais para a elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre me manteve nos trilhos da vida e tornou possível a execução desse trabalho.

Aos meus pais Eleane Demarchi (*in memoriam*) e Adacir Schites dos Santos pelo apoio e incentivo aos estudos, pelo carinho e amor incondicional.

À minha namorada Elisandra Cristina Ribeiro por todo amor, compreensão e por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Aos amigos, Caio Vinicius Estevam, Emily Daiana da Silva Cavalheiro, Laércio Francisco Ferrari e Natália Letícia da Silva, por todo apoio e toda ajuda nos mais diversos momentos da graduação e da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Joni Stolberg por sempre ter paciência e estar presente para indicar a direção correta que o trabalho deveria tomar.

Agradeço a minha coorientadora Heloisa Maria de Oliveira pelo imenso esforço disponibilizado no auxílio do delineamento estatístico e modelagem dos dados.

Agradeço a professora Karina Soares Modes e Dilma Budziak por toda a ajuda fornecida para iniciar este trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina e todo o corpo docente do curso de Engenharia Florestal pelos ensinamentos técnicos de qualidade.

Aos servidores e técnicos-administrativos da Universidade Federal de Santa Catarina pela excelente prestação de serviços à comunidade acadêmica.

Aos acadêmicos Carla Ariane Pereira Santos Graf e seu marido André Luiz Graf Júnior pelo apoio prestado em algumas etapas deste projeto.

A empresa TANAC pela doação do tanino padrão utilizado em algumas etapas do trabalho.

A empresa Marisol Madeiras pela doação das tábuas de *Pinus taeda* que foram utilizadas neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mário Dobner Júnior e Prof. Dr. Cristian Soldi pelo concedimento de bolsas de estágio ao longo do curso.

Por fim, sou grato a todas as pessoas que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A madeira é um recurso renovável e muito versátil, porém, dependendo de onde for utilizada, poderá sofrer degradação por fatores de intemperismo (físicos e químicos) e biológicos (fungos, bactérias e insetos). Por isso o tratamento preservativo da madeira é tão importante, principalmente quando a madeira tem uma durabilidade natural baixa. Atualmente, os conservantes de madeira mais utilizados possuem substâncias em suas formulações, como arsênio e sais de cromo, que são tóxicas ao meio ambiente, aos animais e ao homem. Portanto, torna-se um desafio encontrar novos preservativos que garantam a durabilidade da madeira, protejam-na de ataques de organismos e sejam menos agressivos ao homem e ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do extrato de brácteas estéreis de *Araucaria angustifolia* como alternativa para a preservação da madeira de *Pinus taeda* L.. As brácteas estéreis foram secas e moídas em moinho de faca até 40 - 60 mesh. Foi realizado um experimento para otimizar a extração aquosa dos taninos condensados (TC); os fatores foram tempo, massa das brácteas e temperatura de extração. Os espécimes de madeira (20 mm × 20 mm × 300 mm) foram expostos a três tipos de tratamentos conservantes: extrato concentrado (T1) e diluído (T2) de brácteas e água destilada (controle, T3). Os corpos-de-prova foram submersos na solução, na proporção de 200 mL de solução por corpo-de-prova e com 56 corpos-de-prova por tratamento. Os espécimes foram expostos por 360 dias em campo aberto localizado no município de Curitiba-SC, Brasil. A análise estatística dos dados foi realizada com o Modelo Linear Generalizado (GLM), considerando um delineamento experimental de blocos casualizados com 8 colunas, 3 linhas e 7 repetições. O estudo de otimização da extração aquosa de taninos condensados de brácteas estéreis apresentou rendimento médio de 6,06%, nas condições de extração de 30 g/ L⁻¹ de brácteas, por 75 minutos e a 70 °C. A retenção média de TC foi estimada em 0,82 e 0,46 kg m³ nos tratamentos T1 e T2, respectivamente. A perda média de massa dos corpos-de-prova foi significativamente menor em T1 (p-valor <5%), quando comparada aos demais tratamentos. O tratamento controle apresentou a maior perda de massa durante o experimento, e os tratamentos T1 e T2 apresentaram maior redução de massa quando cupins xilófagos foram instalados nos corpos de prova, aos 225, 270, 315 e 360 dias. De maneira geral, os extratos tânico de brácteas são uma alternativa promissora para a preservação da madeira de *Pinus taeda* L. e novos estudos devem ser realizados para sua aplicação comercial.

Palavras-chave: Taninos condensados. Preservantes naturais. Degradação da madeira. Brácteas estéreis. Campo de apodrecimento.

ABSTRACT

The wood is a renewable and very versatile resource, however, depending on where it is used, it will suffer degradation caused by weathering factors (physical and chemical) and biological agents (fungi, bacteria and insects). That is why the wood preservative treatment is so important, especially when the wood has a low natural durability. Currently, the most widely used wood preservatives have in substances in their formulations, such as arsenic and chromium salts, which are toxic to the environment, animals and humans. Therefore, it becomes a challenge to find new preservatives that ensure wood durability, protect it from attacks by organisms and that are less aggressive for man and environment. The objective of this work was to evaluate the potential of the extract of sterile bracts of *Araucaria angustifolia* as an alternative to preservative the *Pinus taeda* L. wood. The sterile bracts were dried and ground in a knife mill to 40 - 60 mesh. An experiment was carried out to optimize the aqueous extraction of the condensed tannins (CT); the factors were time, bracts mass and temperature. The wood specimens (20 x 20 x 300 mm) were exposed to three types of preservative treatments: (T1) and diluted (T2) extract of bracts and distilled water (control, T3). The specimens were submerged in the solution, in the proportion of 200 mL of solution per specimen, and with 56 specimens per treatment. The specimens were exposed for 360 days in an open field located in the municipality of Curitiba-SC, Brazil. The statistical data analysis was performed with the Generalized Linear Model (GLM), considering an experimental design of randomized block with 8 columns, 3 rows and 7 replicates. The optimization study of the aqueous extraction of condensed tannins from sterile bracts showed an average yield of 6.06%, in the extraction conditions of 30 g/ L⁻¹ of bracts, for 75 minutes and at 70 °C. The average retention of CT were estimated in 0.82 and 0.46 kg m³ in T1 and T2 treatments, respectively. The average of specimens mass loss was significantly lower in T1 (p-value <5%), when compared to other treatments. The control treatment showed the greatest mass loss during the experiment, and T1 and T2 treatments showed greater mass reduction when xylophagous termites were installed in the specimens, at 225, 270, 315 and 360 days. Overall, the tannic extracts of bracts are a promising alternative for preservation of *Pinus taeda* L. wood and further studies should be carried out for its commercial application.

Keywords: Condensed tannins. Natural preservatives. Wood degradation. Sterile bracts. Rotting field.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sintomas em diferentes madeiras atacadas por organismos xilófagos. A) Aspecto da madeira atacada por podridão parda; B) Ataque de podridão branca separada da madeira não atacada pela típica linha escura; C) Madeira atacada por fungo de podridão mole; D) Ataque de fungos manchadores na madeira; E) Presença de bolor causado por fungos emboloradores; F) Manchas ao longo do lenho provenientes da ação de bactérias.....	19
Figura 2 – Danos provocados na madeira por meio da ação de cupins.....	20
Figura 3 – Desenho representativo de Usina de Tratamento de Madeira normalmente utilizada em empresas.	23
Figura 4 – Fórmulas estruturais da flavan-3-ol (esquerda) e tanino condensado (direita)	29
Figura 5 – Pinhas em diferentes tamanhos e possíveis estruturas. A) Pinhas e seu potencial de crescimento; B) Estruturas internas da pinha (pinhões cheios, chochos e falhas estéreis);	33
Figura 6 – Moinho de facas do tipo Wiley.	36
Figura 7 – Conjunto utilizado no preparo do extrato de brácteas.....	40
Figura 8 – Corpos de prova imersos nas soluções de tratamento.....	41
Figura 9 – Croqui do Campo de Apodrecimento.	43
Figura 10 – Campo de Apodrecimento instalado na Área Experimental Florestal (UFSC). ...	43
Figura 11 – Curva de calibração para tanino condensado padrão (TANAC) utilizando comprimento de onda máximo de 540 nm para leitura da absorvância.	45
Figura 12 – Espectro de varredura e comprimento de onda máximo de 540 nm para a solução contendo o tanino padrão.....	46
Figura 13 – Diagrama de Pareto para o efeito da massa, tempo e temperatura para a extração de taninos condensados a partir de brácteas de <i>Araucaria angustifolia</i>	47
Figura 14 – Retenção média (kg/m ³) de taninos condensados (TC) nos tratamentos T1 e T2.	51
Figura 15 – Perda de massa média (%) por tratamento ao longo do tempo de exposição.	53
Figura 16 – Ataque superficial de cupins no tempo 225 (esquerda) e ataque severo de cupins no tempo 315 (direita).	53
Figura 17 – Gráfico da distribuição da perda de massa (%).....	55
Figura 18 – Gráficos de diagnóstico do modelo Gama ajustado aos dados de perda de massa (%).....	57

Figura 19 – Gráfico normal de probabilidades para o modelo de resposta gama ajustado aos dados de perda de massa (%). 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Família exponencial e função de ligação para Modelos Lineares Generalizados (MLG).....	35
Tabela 2 – Fatores utilizados nos experimentos de extração.....	37
Tabela 3 – Combinação dos fatores em experimentos de extração.....	38
Tabela 4 – Médias e desvio padrão da concentração de TC obtidas (mg/L) nos experimentos com combinação de massa, tempo e temperatura.....	46
Tabela 5 – Fatores utilizadas em cada experimento, rendimento (g/ 100g bráctea) e percentual de TC no resíduo seco a partir do extrato aquoso.	48
Tabela 6 – Condições utilizadas e percentuais de extração de taninos condensados em diferentes matrizes vegetais.....	49
Tabela 7 – Massa seca e volumes absorvidos de extrato pelos corpos de prova.....	50
Tabela 8 – Critério de Informação de Akaike (AIC) para o ajuste da variável resposta Gama com as funções de ligação.	56
Tabela 9 – Estimativas dos parâmetros referentes ao modelo gama ajustado para a perda de massa (%).	59
Tabela 10 – Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação dos dados de perda de massa em (%) para os tratamentos ao longo do tempo.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEF	Área Experimental Florestal
AIC	Critério de Informação de Akaike
ANOVA	Análise de Variância
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CCA	Arseniato de Cobre Cromatado
CCB	Borato de Cobre Cromatado
CEDUP	Centro de Educação Profissional
Cfb	Clima temperado, com verão ameno
CFT	Compostos Fenólicos Totais
CIM	Concentração Inibitória Mínima
CTO	Crude Tall oil
DNA	Desoxyribonucleic acid
HCL	Ácido Clorídrico
HPAs	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IPCS	International Programme on Chemical Safety
MLG	Modelo Linear Generalizado
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSU	Mississippi State University
NR	Norma Brasileira
OE	Óleo Ejetor
PFNM	Produtos Florestais Não Madeireiros
R-SS	Relação Sólido Solvente
SPME	Solid Phase Microextraction
TC	Taninos Condensados
TIMOs	Timber Investment Management Organization
TF-SPME	Thin-Film Solid-Phase Microextraction
UPMs	Usina de Preservação de Madeiras

UR Umidade Relativa

USEPA United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	DETERIORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA MADEIRA	18
2.1.2	Agentes preservantes da madeira e toxicidade	24
2.2	PRESERVANTES ALTERNATIVOS PARA A MADEIRA	27
2.2.1	Taninos	28
2.3	ARAUCÁRIA E PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS	32
2.4	MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM).....	34
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	PARTE 1: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATOS DE BRÁCTEAS	36
3.2	PARTE 2: TRATAMENTO DOS CORPOS DE PROVA E ENSAIOS DE APODRECIMENTO	38
3.2.1	Preparo e tratamento dos corpos de prova	38
3.2.2	Instalação do experimento e análise estatística.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1	PARTE 1: EXTRATOS AQUOSOS DAS BRÁCTEAS E QUANTIFICAÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS.....	45
4.2	PARTE 2: RETENÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS E ENSAIO DE APODRECIMENTO	50
4.2.1	Retenção de taninos condensados	50
4.2.2	Ensaio de apodrecimento	52

4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	54
5	CONCLUSÕES.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE A – Análise preliminar dos dados estatísticos	71

1 INTRODUÇÃO

Segundo fontes do IBÁ (2020), o Brasil possui uma área plantada de 9,0 milhões de hectares de florestas plantadas. Deste total, 6,97 milhões são ocupados com espécies do gênero *Eucalyptus*, enquanto que 1,64 milhões são de *Pinus* e os outros 390 mil hectares aproximadamente são destinadas para o plantio de outras espécies, como seringueira, teca, acácia e paricá. De acordo com dados de 2017, o segmento de produtos florestais madeireiros têm sua maior representatividade pela produção de papel e celulose (35%), seguido de produtores independentes que investem seus plantios para comercialização em toras (30%), os plantios destinados à siderurgia e carvão vegetal somam 13%, os produtores de painéis e pisos laminados detém 6% dos plantios e as produções com madeira serrada totalizam 4% (IBÁ, 2018).

A produção de madeira serrada no Brasil alcançou 9,9 milhões de m³ no último ano, o país é o 9º maior produtor deste segmento (IBÁ, 2020). Grande parte da madeira serrada produzida no Brasil é utilizada na indústria moveleira, seguido da construção civil e indústria de embalagem. Há também indústrias que utilizam a madeira serrada para produção de *pallets*, decorações, entre outros (JÁCOME, 2019).

Santa Catarina é o estado que lidera o *ranking* de produção e exportação de madeira serrada no Brasil. Segundo dados de 2018 o estado exportou aproximadamente 1,18 milhões de m³ de madeira serrada, representando 48 % da exportação nacional. Esses resultados demonstram não só o potencial florestal do estado, mas também um aumento significativo das serrarias e suas produções, bem como a infraestrutura e tecnologia das grandes empresas (ACR, 2019).

A madeira é um recurso renovável e possui muitas características de interesse como resistência mecânica comparada ao seu peso, bom isolante térmico, fácil trabalhabilidade e durabilidade natural, e estas fazem da madeira um material muito versátil. O grau de deterioração da madeira está em função das características intrínsecas ao material associada as características de exposição do material em uso. Por isso, faz-se necessário a utilização de madeiras de alta durabilidade natural dependendo das condições de utilização, tais como a exposição direta ao solo e à umidade, porém estas se encontram em escassez no mercado madeireiro, substituídas atualmente pelas espécies de rápido crescimento que são

naturalmente menos duráveis e que necessitam de algum tipo de preservante (VIDAL *et al.*, 2015).

Para reduzir ou até mesmo impedir a biodeterioração das madeiras utilizadas nas suas mais diversas modalidades, utiliza-se preservantes químicos que detêm a ação dos agentes bioteriores. Existem duas classes de preservantes químicos que são utilizados na indústria, os oleossolúveis e os hidrossolúveis, sendo este último o mais usado. O Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) e o Borato de Cobre Cromatado (CCB) são compostos de sais solúveis em água, que em conjunto atuam como fungicida e inseticida (FERRARINI *et al.*, 2012, p. 1).

No entanto, estes preservantes possuem alto grau de toxicidade, oferecendo riscos ao meio ambiente e para a saúde das pessoas que estão expostas às madeiras tratadas com estas substâncias. Neste sentido, buscam-se cada vez mais novos tratamentos com viabilidade econômica e eficiência comprovada no combate a organismos xilófagos e fatores intempéricos que diminuem a vida útil da madeira, sendo ambientalmente corretos e seguros nas suas diversas aplicações (BOSSARDI, 2011).

Como exemplo de uma substância natural que possui grande potencial no combate aos organismos biodeteriores, pode-se citar os taninos condensados. Classificada como uma substância fenólica derivada dos taninos, podendo ser encontrada em diversas espécies vegetais, é uma substância que está diretamente relacionada com o sistema de proteção das plantas contra os predadores (POYER *et al.*, 2015).

A *Araucaria angustifolia* é uma das espécies vegetais com potencial para extração dos taninos condensados. Na estrutura que forma a pinha há brácteas estéreis que são descartadas após a retirada do pinhão. As brácteas possuem taninos condensados na sua composição que podem ser extraídas através de metodologias específicas para utilização no tratamento de madeiras.

A crescente busca e utilização de produtos naturais para preservação de madeiras motivou o presente trabalho, que visa o uso de extratos de brácteas estéreis de *Araucaria angustifolia* como preservante natural de madeiras.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

- Avaliar o uso de extratos aquosos de brácteas estéreis da pinha de *Araucaria angustifolia* na preservação de madeiras.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Preparar extratos aquosos de brácteas;
- Quantificar os taninos condensados presentes nos extratos aquosos;
- Realizar o tratamento de amostras da madeira de *Pinus taeda*;
- Avaliar o grau de imunização conferido à madeira tratada por ensaio em campo de apodrecimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DETERIORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

A degradação de madeiras acontece primariamente pela deterioração física que ocorre devido à exposição aos fatores como a radiação solar, ventos, chuvas e umidade, todas agindo de forma simultânea ou isoladamente. Já a degradação química é ocasionada pela ação sobre a madeira de ácidos e bases fortes, óxido de ferro, sais de sódio, entre outros. Esses fatores podem resultar em transformações químicas, reduzindo as propriedades físico-mecânicas das madeiras (CASTRO; GUIMARÃES, 2018).

A biodeterioração da madeira é a nomenclatura utilizada para designar os danos que os organismos vivos, bem como os fungos, as bactérias, insetos e xilófagos marinhos causam na madeira. Estes danos por finalidade ocasionam mudanças nas propriedades físicas e químicas da madeira (BAHIA, 2015).

Os microrganismos que atacam a madeira com mais frequência são os fungos e as bactérias. Estes organismos vivos atuam liberando substâncias enzimáticas que alteram principalmente as estruturas da celulose, hemicelulose e lignina. Já os insetos ou brocas marinhas, atuam como perfurantes do material lenhoso, procurando abrigo, alimento ou até mesmo para ovoposição (MORESCHI, 2013).

A madeira está sujeita a degradação dos microrganismos principalmente em ambientes externos, mas também, próximas ou em contato direto com o solo. Os fatores que afetam a ocorrência e proliferação destes organismos vivos, podem ser, a temperatura, umidade, quantidade de oxigênio livre, disponibilidade de alimentos e o pH da madeira. Esses por sua vez, são fatores que atuam sobre a madeira, determinando sua durabilidade. (TREVISAN *et al.*, 2008).

Dentre os organismos xilófagos mais comuns e de maior importância econômica, pode-se citar os fungos causadores de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum* e *Serpula lacrymans*), podridão branca (*Trametes versicolor*) e podridão mole (*Chaetomium globosum* e *Hemicolla spp*). Existem também os fungos manchadores (*Aureobasidium pullulan*) e os emboloradores (*Penicillium lividum* e *Trichoderma atroviride*). As bactérias, apesar de ser o primeiro organismo a atacar a madeira, possui pouca importância, pelo menos no curto prazo,

tendo como maior referência às bactérias dos gêneros (*Tunnelling bacteria* e *Erosion bacteria*).

Figura 1 – Sintomas em diferentes madeiras atacadas por organismos xilófagos. **A)** Aspecto da madeira atacada por podridão parda; **B)** Ataque de podridão branca separada da madeira não atacada pela típica linha escura; **C)** Madeira atacada por fungo de podridão mole; **D)** Ataque de fungos manchadores na madeira; **E)** Presença de bolor causado por fungos emboloradores; **F)** Manchas ao longo do lenho provenientes da ação de bactérias.



Fonte: Castro e Guimarães, (2018).

Outro organismo xilófago que ataca a madeira e possui grande importância econômica são os chamados cupins ou térmitas. Estes insetos pertencem à ordem Isoptera e são classificados como seres eusociais, ou seja, possuem divisão de castas, realizam divisão de tarefas e têm cuidado coletivo com a prole. Existem cerca de 2.900 espécies descritas, que estão distribuídas em sete famílias: Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae,

Hodotermitidae, Serritermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae. A região neotropical engloba 537 espécies, e dessas, aproximadamente 300 ocorrem no Brasil e pertencem às famílias Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007).

Estes cupins são adaptados a diferentes condições de deterioração da madeira e são normalmente conhecidos como: cupins de solo ou subterrâneos, (Rhinotermitidae) e cupins de madeira seca (Kalotermitidae) (MORESCHI, 2013). Um dos fatores-chaves para o sucesso e a adaptação dos cupins é o clima quente e úmido, presente em algumas regiões brasileiras, por exemplo. Essa combinação aliada a grande disponibilidade de alimento, torna-se o ambiente ideal para o estabelecimento desses animais (SOUZA, 2017).

Os cupins causam danos na madeira (Figura 2), através da sua capacidade de digerir a celulose devido a uma interação simbiótica com a fauna microbiológica do seu intestino. Além desse potencial de causar danos, eles podem ser considerados insetos benéficos, pois atuam na decomposição de matéria orgânica auxiliando na reciclagem de nutrientes e na aeração do solo (DAMASCENO, 2010).

Figura 2 – Danos provocados na madeira por meio da ação de cupins.



Fonte: Adaptado de Castro e Guimarães (2018).

2.1.1 Métodos de tratamento da madeira

O tratamento preservativo tradicional da madeira tem como objetivo prolongar a vida útil da madeira em serviço, contra os agentes deterioradores, geralmente os de origem biológica. Basicamente, existem dois métodos de tratamentos para a madeira, os simples, que são aplicados geralmente nos locais onde a madeira é utilizada e os métodos industriais sob pressão (autoclave), são realizados por empresas especializadas (MORESCHI, 2013). A qualidade do tratamento realizado é mensurada de acordo com três variáveis, todas explicadas no (Quadro 1):

Quadro 1 – Variáveis analisadas para a qualificação de métodos preservativos

Penetração	Retenção	Distribuição homogênea
Capacidade do produto aplicado de penetrar na madeira a partir da superfície até camadas mais profundas (em centímetros), de acordo com o tipo de madeira utilizada, sua utilização e o agente biológico que estará exposta.	Acúmulo do produto preservante em quilograma por metro cúbico de madeira tratada, predefinidas também, conforme a espécie utilizada, utilização e organismo que será exposta.	Tratamento uniformemente igualitário em ambas as partes da madeira tratada, sem que haja partes com acúmulo excessivo ou escasso do produto.

Fonte: Adaptado de Moreschi (2013).

Dentre as formas de tratar a madeira pelo método simples, pode-se destacar o método por Banho Quente-Frio. Este processo requer madeira seca e livre de casca para uma maior eficiência do tratamento. Os produtos utilizados para o tratamento são o creosoto e o alcatrão, em proporção (1:1). Os materiais utilizados no procedimento podem ser improvisados com 3 latões de 200 litros, previamente preparados em forma de cocho e outro somente com a parte superior de uma das extremidades retirado. O banho quente deverá ser aquecido gradativamente até 100° C. A madeira deverá ficar nestas condições por 2 horas, absorvendo o preservante e auxiliando no aumento do volume de ar nas cavidades da madeira. Após o banho-quente a madeira deve ser imediatamente colocada em banho-frio por 4 horas, para que ocorra a contração do ar aquecido, gerando um vácuo que absorverá mais preservante. Este

tratamento pode resultar em uma preservação da madeira por mais de 20 anos, quando bem executado (GALVÃO *et al.*, 2004).

Outra forma de tratar a madeira pelo método simples é realizando o processo por difusão. Este método deve ser aplicado em madeira livre de casca e com alto teor de umidade. Caso a madeira esteja seca, pode ocorrer bolhas de ar no interior dos vasos capilares, prejudicando o transporte do preservante no interior da madeira. Após a imersão da madeira no produto preservante, a mesma deve ser colocada em ambiente arejado ao abrigo do sol e da chuva, e permanecer nestas condições por um período aproximadamente 4 meses, para que o produto tenha uma melhor distribuição no interior da peça (RAVASI, 2011). Segundo Bertolini (2011), o produto mais utilizado neste método é o Borato de Cobre Cromatado (CCB).

Outro tratamento simples que faz uso de madeira roliça, úmida e livre de casca é o de substituição de seiva, onde a madeira a ser tratada fica na posição vertical, apenas com uma das partes submersa na solução de tratamento. Isso possibilita a evaporação da água presente na madeira pela extremidade livre da solução, implicando na sucção do preservante pela base da peça, porém este método depende de variáveis que resultam na maior evaporação da seiva presente no interior da peça, bem como a temperatura, a umidade do ar e velocidade dos ventos (MODES *et al.*, 2011).

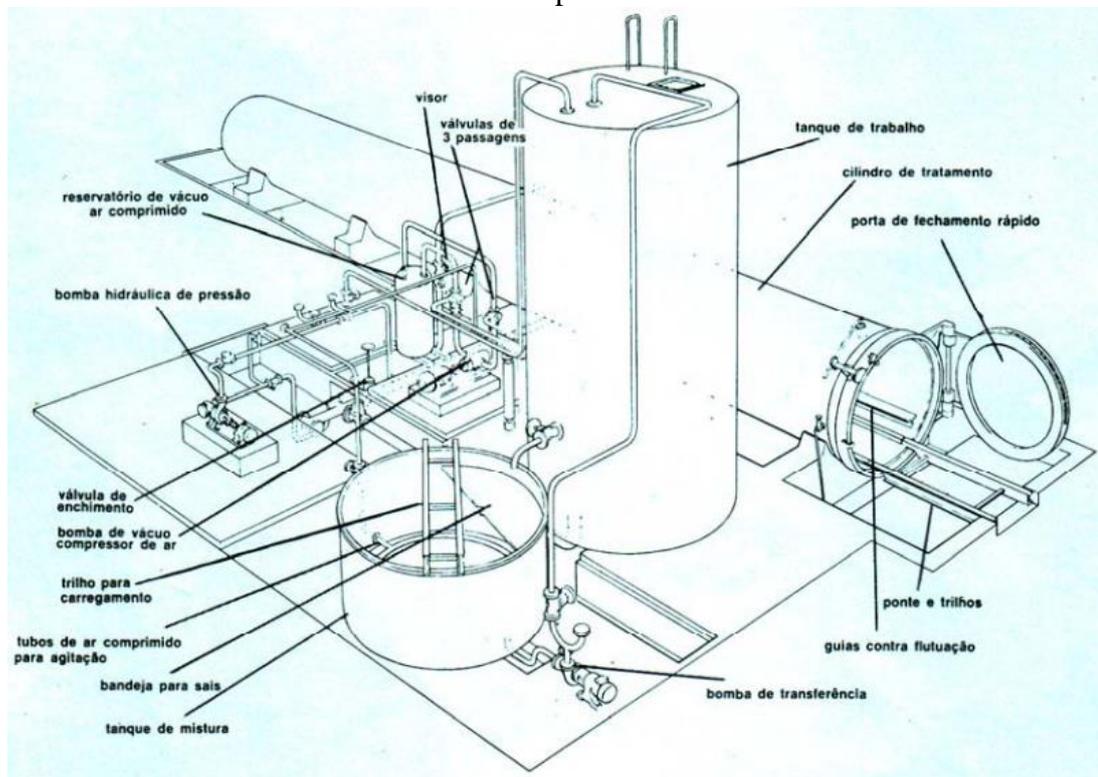
O método de tratamento denominado *Boucherie* é outro exemplo de tratamento simples, ou seja, sem pressão. O tratamento utiliza madeira roliça, úmida e com casca. Utiliza o mesmo princípio do método por substituição de seiva, porém neste, o preservante fica em um tanque elevado e desce por gravidade no interior de tubulações que são acopladas ao topo das peças. A madeira a ser tratada se encontra em suporte no chão, levemente inclinado. Após o tratamento as madeiras devem permanecer em ambiente arejado, protegido do sol e da chuva, permanecendo nestas condições por aproximadamente 11 dias. Este método faz uso de soluções hidrossolúveis como o CCB, assim como o método por difusão e substituição de seiva (GALVÃO *et al.*, 2004).

Há outros métodos para realizar o tratamento de madeiras, onde utilizam pressão em sistemas de autoclave. Estes são métodos aplicados somente nas Usinas de Preservação de Madeiras (UPM) (Figura 3), e são denominados industriais, portanto, em escalas maiores e com grande complexidade no tratamento.

O método consiste basicamente na imersão da madeira em líquido preservante (oleoso, oleossolúvel ou hidrossolúvel), em ambiente controlado e passível de modificação de pressão e/ou vácuo, em momentos específicos e com tempo de duração variável nas etapas de tratamento.

Para execução do tratamento de madeiras em autoclave é necessário seguir protocolos de tratamentos já preestabelecidos para cada tipo de utilização da madeira, e que são chamados de programas de tratamento.

Figura 3 – Desenho representativo de Usina de Tratamento de Madeira normalmente utilizada em empresas.



Fonte: Moreschi (2013).

Moreschi (2013) aponta os diferentes processos de tratamento industriais da madeira: Processo *Gewecke*, processo de duplo-vácuo, processo *Bethell*, processo *Lowry*, processo *Rüeping*, processo *MSU* (*Mississippi State University*) e por último o *Cellon* ou *Drilon*. No entanto, estes processos são de uso exclusivo em UPM'S, já que o sistema necessita de muita tecnologia, alto investimento inicial na construção e manutenção das usinas, mão de obra especializada, produtos altamente tóxicos, o que torna inviável esse tipo de operação,

principalmente para o pequeno produtor, por questões não só econômicas, mas também de saúde.

2.1.2 Agentes preservantes da madeira e toxicidade

Vidal *et al.* (2015) apontou em seus estudos com o histórico e o cenário atual de preservação de madeiras, que os produtos mais utilizados para tratamento de madeiras no Brasil são: o CCA (Arseniato de Cobre Cromatado), o CCB (Borato de Cobre Cromatado), estes dois sendo produtos hidrossolúveis, e por último, o Creosoto, sendo este uma formulação oleosa.

O creosoto compõe-se principalmente de hidrocarbonetos aromáticos, sólidos e líquidos, e contém quantidades apreciáveis de ácidos e bases de alcatrão. Pode ser definido como o produto destilado do alcatrão, extraído do carvão de pedra em altas temperaturas. Em função do caráter escuro e oleoso causado na madeira, o creosoto já não é muito utilizado para preservação de madeiras como era antigamente (SOUZA, 2017).

Segundo Moreschi (2013) o creosoto possui na sua composição compostos majoritários como os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's), Benzeno Tolueno, Etilbenzeno e Xileno. As substâncias presentes no creosoto que evaporam mais rapidamente após o tratamento sob pressão da madeira, são consideradas mais tóxicas, enquanto que os compostos mais pesados e resistentes à volatilização, permanecem na madeira por mais tempo, assegurando a toxicidade do produto (VIANNA *et al.*, 2016 apud JANKOWSKY, 1986).

As substâncias citadas anteriormente são capazes de se difundir ao ar, água, solo, sedimentos e biota. Os compostos presentes no creosoto são classificados como poluentes prioritários, devido ao efeito de persistência no ambiente, bioacumulação, teor tóxico e carcinogênico (IPCS, 2004).

O CCA é um produto hidrossolúvel composto por uma mistura de três óxidos: o óxido de cromo VI (CrO_3), o óxido de cobre II (CuO) e pentóxido de arsênio (As_2O_5). Existem três tipos de formulações na qual o CCA é comercializado, e que são denominadas tipo A, B ou C. Nessas formulações variam as proporções de cada óxido. O cobre e o arsênio atuam como

fungicida e inseticida, já o cromo atua como fixador e aumenta a resistência da madeira à degradação fotoquímica (VIDAL *et al.*, 2015; MORAIS, 2008).

O CCB já é conhecido como a versão menos nociva em comparação com o CCA, pois não contém arsênio na sua formulação. É composto de uma mistura de cromo hexavalente (CrO_3), óxido de cobre II (CuO) e boro (B). Sendo que o cromo ajuda na fixação do produto, o cobre tem ação fungicida, impedindo o crescimento de organismos xilófagos, e o boro age como inseticida, mais especificamente contra cupins (ALMEIDA, 2019).

Deve-se tomar muito cuidado quando a madeira tratada é reciclada ou reaproveitada, pois dependendo do tipo de tratamento que foi realizado, o material pode oferecer riscos à saúde, principalmente se a madeira é utilizada para queima (SOUZA, 2013) ou mesmo quando for considerada como resíduo sólido, onde os compostos utilizados no tratamento químico da madeira têm grande potencial de lixiviação, assim como mostra o estudo realizado por Ferrarini *et al.* (2012), que analisou os resíduos da lixiviação de madeiras tratadas com CCA, classificando-os como classe I - perigosos, de acordo com a norma brasileira (ABNT NBR 10004).

Produtos químicos à base de arsênio e cromo eram muito utilizados como preservantes de madeira, porém estes possuem efeitos de ecotoxicidade e a aplicação de restrições para sua utilização é cada vez mais comum. Países como Japão, Indonésia, Suécia, Alemanha e Austrália mantêm restrições totais ou parciais para utilização do CCA. O preservante CCB, por possuir menor toxicidade frente ao CCA, possui menos restrições. Sendo assim, a busca por agentes preservantes mais seguros e de menor toxicidade torna-se um desafio (ANTTILA *et al.*, 2013).

Gress *et al.* (2015), estudaram o produto lixiviado em estruturas de deck's de madeira tratadas com CCA, nas quais estão presentes os óxidos de arsênio (As_2O_5) e de cromo (CrO_3). Os autores demonstraram que o material lixiviado apresentou concentrações de arsênio que ultrapassavam o valor limite de exposição diária ($0,30 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$), segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2008).

O maior grau de exposição ao arsênio é através da ingestão de água e alimentos contaminados com esta substância, podendo causar doenças de pele, neuropatia, diabetes e câncer, associados à exposição crônica (ATSDR, 2007).

O ácido bórico, presente na composição de sais utilizados na formulação do CCB, apresenta toxicidade quando ingerido por seres humanos em quantidades diárias acima de 5g, causando náuseas, vômitos, diarreia e coagulação sanguínea, sendo que para níveis acima de 20 g pode levar o indivíduo a morte. Apesar de o nosso corpo conter naturalmente 0,7 mg/L de boro aproximadamente, este não é considerado elemento de uma dieta requerida (ABBAS, *et al.*, 2013).

O excesso da exposição de boro (B) é considerado tóxico para os organismos vegetais, podendo comprometer os processos vasculares que causam alterações metabólicas, diminuição nas raízes e até mesmo redução da clorofila das folhas o que reduz sua fotossíntese (KABU; AKOSMAN, 2013).

Outra substância encontrada na formulação do preservante CCB é o sulfato de cobre. Ela contém na sua essência o elemento Cobre (Cu) que é um micronutriente essencial para as plantas. No entanto, quando presente em altas concentrações no solo, pode-se apresentar caráter tóxico. Um trabalho, realizado por Mantovani (2009), concluiu que o efeito tóxico do cobre foi observado com doses a partir de 200 mg/ kg⁻¹ na cultura do milho em Argissolo Vermelho distrófico arênico. A autora cita que esse efeito tóxico atuou diretamente sobre o desenvolvimento das raízes da planta e indiretamente na parte aérea, ocasionado pela inibição da absorção e/ou o impedimento de translocação de nutrientes essenciais à cultura estudada.

De acordo com a Agência de Registros de Substâncias Tóxicas e Doenças (ATSDR), nos Estados Unidos a média de ingestão de Cobre pela alimentação é entre 0,93 a 1,3 mg de Cobre por dia para adultos, sendo recomendado uma dieta com no máximo 0,9 mg dia⁻¹ de Cu. As informações citadas pela mesma agência indicam que as exposições a níveis excessivos podem resultar em danos no fígado e aos rins, além de causar anemia, imunotoxicidade e desenvolvimento da toxicidade (ATSDR, 2004).

Uma última substância que é encontrada no CCB é o bicromato de potássio conhecido também como dicromato de potássio. Esta substância contém o elemento cromo, que é essencial na dieta dos seres humanos na faixa de 50-200 µg/ dia aproximadamente (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005).

Existem diversos estados de oxidação do elemento cromo, no entanto somente o Cr (III) e Cr (VI) são estáveis para ocorrer na natureza. O Cr (III) está diretamente relacionado com o metabolismo de glicose, lipídeos e proteínas nos seres humanos e em animais

(MATOS *et al.*, 2008). Todavia, o Cr (VI) apresenta maior mobilidade e toxicidade para seres vivos devido à fácil difusão na membrana celular, liberando radicais livres através da sua oxidação, modificando a transcrição do DNA e causando efeitos carcinogênicos e mutagênicos (SOUZA *et al.*, 2014). O cromo hexavalente presente no solo e água de resíduos contaminados, também são cancerígenos e podem causar doenças pulmonares, sintomas gastrointestinais, problemas hematológicos e ao sistema imunológico (ATSDR, 2012).

2.2 PRESERVANTES ALTERNATIVOS PARA A MADEIRA

Os agentes preservantes alternativos da madeira utilizados nas últimas décadas foram os de manipulação da temperatura, usando tanto o calor como o frio, alguns inimigos naturais dos organismos xilófagos, extratos de plantas, entre outras substâncias de origem vegetal (SOUZA, 2017).

A utilização de óleos essenciais tem sido bastante estudada, já que sua composição pode apresentar atividades antimicrobianas, antifúngicas e inseticidas. Os compostos presentes nos óleos essenciais variam entre álcoois, terpenos, compostos nitrogenados e oxigenados. A ação destes óleos sobre determinado organismo alvo é causada pelos compostos majoritários, mas também pode ter efeitos sinérgicos, antagônicos e aditivos entre os compostos (SANTOS, 2016).

A literatura apresenta muitos resultados positivos na utilização de óleos essenciais para o controle de organismos biodeteriorizadores da madeira. Brum (2012) obteve bons resultados avaliando o efeito do óleo de capim-limão e citronela no combate ao fungo *Sclerotium rolfsii* e, somente com o capim-limão, o *Rhizoctonia solani*. Neste mesmo trabalho, o autor demonstrou que o crescimento micelial de *Pyricularia grisea* foi inibido quando o organismo fitopatogênico foi exposto aos óleos essenciais de eucalipto (*Eucalyptus sp.*), hortelã-pimenta (*M. piperita*), erva-cidreira (*L. alba*) e citronela (*C. nardus*).

Concentrações de (0,15%) do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) apresentaram atividades antifúngicas sob o crescimento micelial *in vitro* dos fungos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*. O autor cita que o agente majoritário eugenol foi a substância responsável no combate aos fungos fitopatogênicos (COSTA *et al.*, 2011).

Peçanha (2015) citou que o óleo de soja reutilizado da indústria, principalmente a alimentícia, é um produto efetivo no controle dos fungos *Postia placenta*, *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* no ataque da madeira de *Pinus elliotti* comparado ao controle. Ele também conclui que há uma melhor resistência biológica da madeira com a adição de iodo em diferentes concentrações (0,5%, 1% e 2%), sendo que a mais efetiva na inibição dos organismos xilófagos foi com o teor de 2% de iodo.

Bossardi (2014) em estudos com o *Tall Oil*, mostraram que o Óleo Ejetor (OE), uma das frações do refino do *Crude Tall oil* (CTO), apresentou bons resultados no controle do fungo *Trametes versicolor* inoculados em espécies de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*. O *Tall Oil* é um subproduto renovável e extraído do processamento *kraft* de madeiras resinosas para a produção de celulose.

Em sua pesquisa, Ziglio (2015) verificou que amostras de madeira de *Pinus* sp. quando tratadas com oleoresinas de capsaicina demonstraram retardo significativo no desenvolvimento dos fungos embolorador (*Paecilomyces variotti*) e de podridão branca (*Pycnosporus sanguineus*).

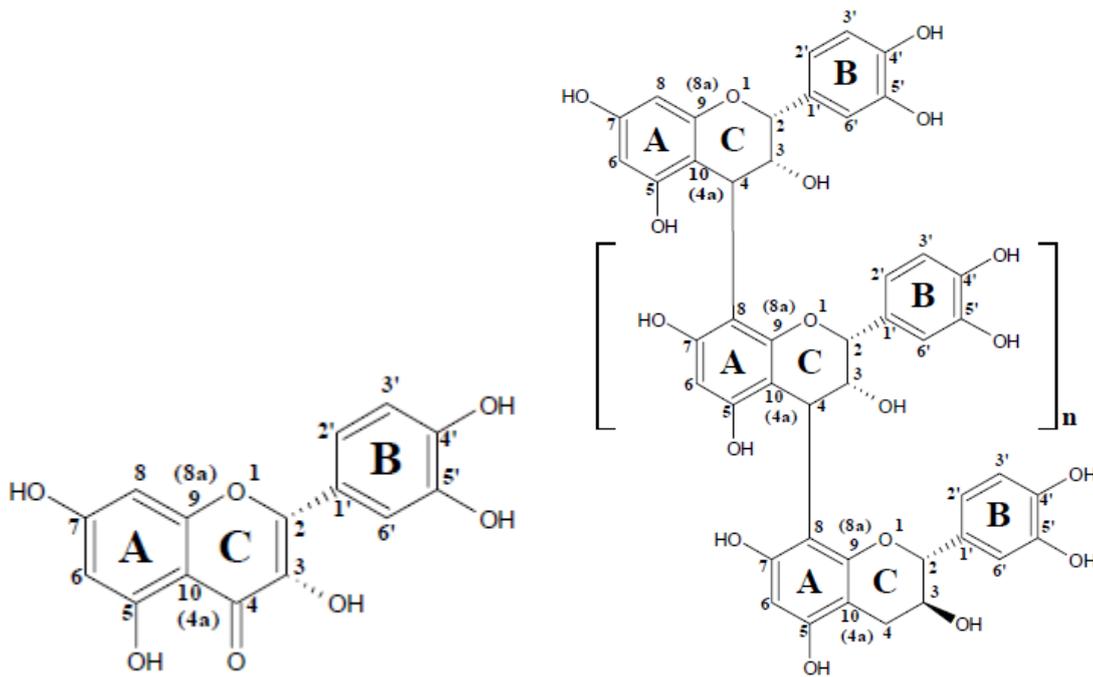
Estudos apontam que os taninos vegetais possuem propriedades eficazes no combate à organismos xilófagos. São passíveis de serem encontrados e extraídos nas mais diversas partes das plantas, bem como na madeira (cerne), casca, frutos e sementes, como apresentado a seguir.

2.2.1 Taninos

Os taninos são compreendidos como substâncias fenólicas de grande importância econômica e ecológica. São metabólitos secundários solúveis em água que apresentam peso molecular compreendido entre 500 e 3000 Dalton. Possuem a capacidade de formar complexos junto às proteínas, gelatinas e alcalóides, sendo que com estas combinações a molécula se torna insolúvel em água. Conforme a estrutura química, os taninos podem ser classificados em dois grupos: hidrolisáveis e condensados. Os taninos hidrolisáveis são ésteres de ácidos gálicos e elágicos glicolisados, formados através do chiquimato, onde os grupos hidroxila do açúcar são esterificados com os ácidos fenólicos (MONTEIRO *et al.*, 2005).

Taninos condensados (TC) ou proantocianidinas são polímeros de flavan-3-ol e/ou flavan-3,4-diol, derivados do metabolismo do fenilpropanol. Possuem esta nomenclatura devido aos pigmentos avermelhados pertencentes à classe das antocianidinas (Figura 4) (CASTEJON, 2011).

Figura 4 – Fórmulas estruturais da flavan-3-ol (esquerda) e tanino condensado (direita)



Fonte: Adaptado de Queiroz *et al.* (2002).

São substâncias amplamente encontradas nas plantas, onde possuem papel fundamental na proteção contra os organismos xilófagos, vírus e certos predadores herbívoros. As plantas possuem dois tipos de metabólitos para efeitos didáticos, os primários e os secundários, sendo que, os taninos fazem parte deste último. Substâncias classificadas como metabólitos secundários, comumente não fazem parte das funções vitais, bem como o crescimento, desenvolvimento e até mesmo a reprodução desses organismos vivos, estando amplamente relacionada apenas a proteção destes indivíduos (POYER *et al.*, 2015).

Diversas são as formas de obtenção dos TC, mas a principal delas é através de metodologias específicas utilizando cascas de árvores. Sousa (2013) em seu estudo com as cascas do cajueiro (*Anacardium occidentale*), analisando as melhores condições de extração

de taninos, verificou que o maior teor de taninos condensados extraídos foi de 7,63 mg equivalente de catequina/ 100 mg casca através do método da maceração dinâmica com etanol 50% em água, sob temperatura de 100 °C, durante 100 minutos, com razão Líquido/Sólido 30:1.

Moraes (2019) em seu trabalho de extração de taninos, utilizando a metodologia da maceração dinâmica da casca de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*), concluiu que, a extração de taninos condensados é potencializada com etanol 50% em água nas condições temperatura, volume e tempo (52,5 °C, 60 mL e 105 min.), resultando em 85,6 mg equivalente de catequina /g de extrato.

Outra metodologia possível para extração de taninos condensados foi estudada por Almeida; Mai e Puget (2016). Os autores realizaram a extração aquosa em extrator do tipo *Soxhlet* para extrair taninos condensados da casca do café conilon (*Coffea canephora*), utilizando proporção água/casca de 25:1, sob diferentes tempos de extração (1, 2, 4 e 6 horas), sendo que o tempo do experimento que obteve o melhor rendimento foi de 4 horas, com um percentual de extração de 8,40%.

O sistema sob refluxo foi outro método de extração de taninos condensados, estudado por Rodrigues *et al.* (2015). Este autor realizou experimentos de extração utilizando cascas de *Pinus oocarpa*, combinando o sal extrator Sulfito de Sódio em diferentes percentuais (0, 1, 3 e 5%), dissolvido em água pura sob as temperaturas (60, 80 e 100°C), durante o tempo de 2 horas, por meio de uma relação licor/casca de 15:1. Dentre os experimentos, o autor relata que a melhor condição de extração testada foi obtida utilizando 5% de sulfito de sódio à temperatura de 100 °C.

De acordo com Haslan (1996), os taninos possuem um modo de ação antimicrobiana que afeta diretamente na inativação de adesinas das bactérias e apresentam um efeito inibitório em fungos e leveduras. Conforme Achmad *et al.* (2015), os taninos reduzem significativamente a atividade enzimática das celulasas e pectinases dos fungos.

A atividade antifúngica de taninos condensados acontece devido a sua capacidade de formar complexos, principalmente com proteínas e íons capazes de diminuir o ferro disponível para os microrganismos (RAMÍREZ *et al.*, 2012).

A literatura aponta diversos trabalhos que estudaram a atividade antimicrobiana relacionada aos taninos extraídos de espécies vegetais. Rodrigues (2008) analisou a atividade

antibacteriana dos taninos extraídos das folhas de *Psidium guineense* (Araçá-do-campo) e apontou uma forte correlação entre o teor de taninos extraídos em dois métodos de isolamento testados, relacionados à inibição do crescimento bacteriano de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*.

Os taninos presentes na espécie *Mimosa arenosa* (Jurema-branca) obtiveram efeitos inibitórios no crescimento de linhagens bacterianas Gram positivas e Gram negativas, sendo elas, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, apresentando um efeito bacteriostático (GONÇALVES, 2011).

Santos *et al.* (2017) confirmaram a presença de taninos, flavonoides, fenóis, sapogeninas e alcaloides na infusão das folhas de *Spondias purpurea*, e relataram que estes metabólitos secundários foram responsáveis pela atividade antimicrobiana que a espécie vegetal possui contra as espécies de bactérias *S. aureus* e *E.coli*.

O extrato natural de Acácia-negra foi utilizado em experimentos *in vitro*, no trabalho realizado por Silveira *et al.* (2017). O extrato, que contém taninos, apresentou eficácia no controle do fungo *Pycnoporus sanguineus*. Foram testadas 4 concentrações do extrato tânico (0, 3, 4 e 5%), sendo que as concentrações 4 e 5 foram as mais efetivas no controle do crescimento micelial do fungo, e esta última inibiu 50% das placas avaliadas.

Os taninos condensados, presentes como parte da composição majoritária de extratos das espécies *P.cattleianum*, *P. guajava* e *S. mole* (31,02; 31,18 e 47,44%), mostraram-se eficientes no controle microbiano das bactérias *Staphylococcus spp* e *E. coli*, com valores de Concentração Inibitória Mínima (CIM) entre 2,45 mg/mL à 12,2 mg/mL e 09 mg/mL à 12,2 mg/mL, respectivamente (GONÇALVES, 2014).

Diante as várias possibilidades para extração de taninos condensados, bem como, a matéria prima utilizada na extração, pode-se citar empresas que comercializam os taninos para diversos setores e utilizam a casca da acácia-negra (*Acacia mearnsii*) para extração.

A primeira delas é a TANAC, empresa localizada em Montenegro (RS), onde desde 1948 começou a produzir extratos vegetais de Acácia-negra. A empresa produz cerca de 36 mil toneladas anuais, provenientes dos mais de 27 mil hectares de florestas que a mesma possui. Toda essa produção é destinada principalmente a indústria do couro, aos condicionadores de lama para perfuração de poços de petróleo, nutrição animal, adesivos para

colar madeira e também para o tratamento de águas de abastecimento e de efluentes industriais (TANAGRO, 2013).

Outra empresa deste ramo é a SETA, iniciou seus trabalhos em 1941 no município de Estância Velha (RS), onde no mesmo local atualmente é centralizada a produção de taninos vegetais, especialidades químicas, além de outros produtos. As especialidades químicas produzidas são à base de taninos. A empresa possui uma área de recursos florestais de aproximadamente 4.600 ha, sendo destes, 1.400 ha de área produtiva que atendem os setores petroquímico, sucroalcooleiro, floculantes para tratamento de água e efluentes, defloculantes para produção de cerâmicas, inibidores de corrosão e mercado coureiro (SETA, 2020).

2.3 ARAUCÁRIA E PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS

A espécie *Araucaria angustifolia* é conhecida popularmente como araucária, pinheiro-brasileiro e/ou pinheiro do Paraná. Ela possui grande importância no Sul do Brasil, por ser uma espécie nativa e atualmente ameaçada de extinção. A araucária é uma árvore de vida longa, podendo viver de 200 a 300 anos (ou até mais). É perenifólia, com altura média de 20 m a 25 m e 1,0 m a 1,5 m de diâmetro. Apresenta tronco reto e cilíndrico, com ramos dispostos em 8 a 15 verticilos, tendo 6 a 10 ramos por verticilo (WENDLING *et al.* 2017).

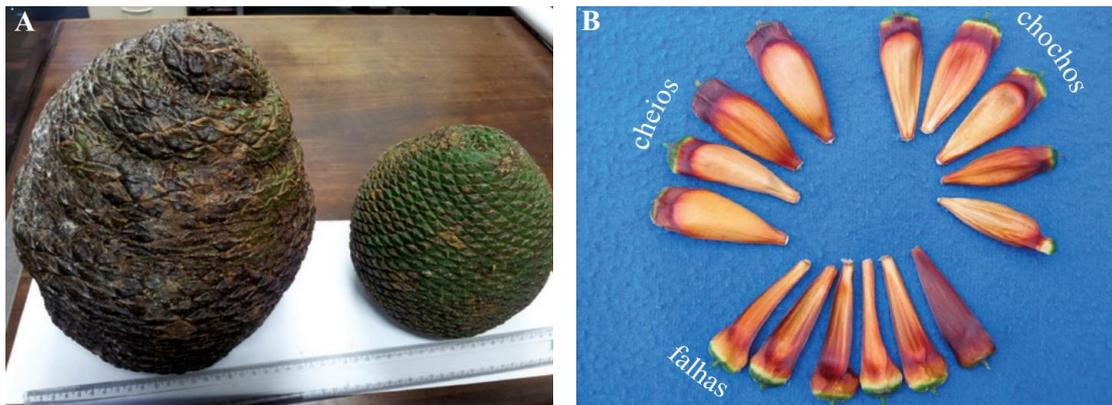
As sementes da araucária estão enquadradas em um grupo chamado Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM). Segundo o Ministério do Meio Ambiente os PFNM são produtos florestais não lenhosos de origem vegetal, bem como as resinas, óleos essenciais, cipó, sementes, plantas ornamentais e medicinais, entre outros (MMA, 2017).

Os PFNM são responsáveis pela geração de renda de muitas famílias da região sul do País, onde em muitos casos é a única fonte de subsistência financeira e alimentar. Além de ser um importante elemento para a economia rural e regional, faz parte de uma prática ancestral, economicamente viável de extração, que procura manter a estrutura e a funcionalidade da floresta (ELIAS; SANTOS, 2016).

A semente da araucária está contida no pinhão. A casca do pinhão nada mais é do que a união de duas folhas modificadas, que se unem envolvendo um óvulo fecundado. Esse conjunto compõe o órgão reprodutivo das araucárias, nomeado de ginostrobilo, podendo conter até 200 folhas carpelares unidas a um eixo cônico. Quando esse ginostrobilo

amadurece, ele forma o que se chama de pinha, e contém até três tipos de estruturas: Pinhão cheio (este sendo fecundado e utilizado para o consumo animal, humano e para regeneração da espécie), o pinhão chocho (que não foi fecundado) e as escamas de preenchimento (denominadas popularmente como falhas ou brácteas estéreis) (Figura 5).

Figura 5 – Pinhas em diferentes tamanhos e possíveis estruturas. **A)** Pinhas e seu potencial de crescimento; **B)** Estruturas internas da pinha (pinhões cheios, chochos e falhas estéreis);



Fonte: Wendling *et al.* (2017).

A semente da *Araucaria angustifolia* (pinhão) possui um alto valor nutricional, sendo fonte de fibras, proteínas, amido e diversos minerais, como o cobre, ferro, zinco e cálcio. Sua composição ainda possui grande quantidade de compostos fenólicos e antioxidantes, indicados para tratamento de doenças crônico-degenerativas (DAROLT; HELM, 2013).

Há trabalhos que ainda indicam que as brácteas estéreis possuem em sua composição majoritária os biopolímeros lignina (45,38%), holocelulose (hemicelulose + celulose) com (46,68%), sendo que estas substâncias são indicadas para tratamento de efluentes, devido ao potencial que estas moléculas têm na interação com diversos compostos polares e apolares (MATIAS *et al.*, 2020).

Oliveira *et al.* (2019) na pesquisa que realizou com as brácteas estéreis de *A. angustifolia*, concluiu que esse material pode ser utilizado como composto de biossorção do corante (Eosina Y), preferencialmente em meio ácido. O autor ainda cita que os processos químicos influenciam fortemente, controlando a cinética de sorção, seguindo o modelo de cinética de pseudo segunda ordem.

Em estudos mais recentes, Carmo (2017) estudou o potencial biosorvente que as brácteas possuem em procedimentos de microextração em fase sólida (SPME). O autor relatou que a bráctea pode ser utilizada em metodologias de alto rendimento em fase extratora para TF-SPME. Ainda citou a bráctea como um biosorvente eficiente para ser utilizada em análises de compostos em amostras biológicas.

Koehnlein *et al.* (2012) cita em seu trabalho que os compostos fenólicos que mais se destacam dentre os grupos encontrados nos extrativos da casca do pinhão são os taninos condensados e hidrolisados, que possuem características de alto peso molecular, alta atividade antioxidante comparado a compostos fenólicos mais simples.

Estudos realizados por Silva *et al.* (2014) demonstraram que o extrato da casca do pinhão (70% etanol/água) possui grande quantidade de procianidinas, bem como catequina, epicatequina e os seus ésteres de ácido gálico. Essas substâncias são inibidoras da enzima α -amilases salivar humana e pancreática de porcos, e foram clinicamente comprovadas como inibidoras da digestão e na absorção do amido.

2.4 MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM)

Um dos modelos mais utilizados para analisar a relação da variável resposta com uma ou mais variáveis explicativas é o Modelo de Regressão Linear. No entanto, antes de realizar a inferência dos parâmetros obtidos pela Análise de Variância (ANOVA) deste modelo, é necessário verificar se são satisfeitos os pressupostos de normalidade, independência e a homocedasticidade das observações. Estas verificações são importantes para que a análise inferencial não apresente conclusões incorretas e imprecisas do experimento (CAVALCANTE; REINALDO, 2019).

No entanto, existem situações nas quais nem todos os pressupostos são satisfeitos, principalmente quando a variável resposta analisada não apresenta a Distribuição Normal. Para resolver essa limitação dos Modelos de Regressão Linear, Nelder e Wedderburn (1972) propuseram o Modelo Linear Generalizado (MGL), onde a distribuição da variável resposta não segue uma Distribuição Normal, mas apresenta uma distribuição da família exponencial e uma função diferencial que relaciona as variáveis explicativas e o valor esperado.

O Modelo Linear Generalizado é caracterizado por 3 componentes:

- Componente aleatória: estabelece qual distribuição de probabilidade da família exponencial pertence a variável resposta, ou seja, Normal, Gama, Normal Inversa, Binomial, Poisson ou Binomial Negativa;
- Componente sistemática: o conjunto de variáveis explicativas modelam de acordo com uma estrutura linear;
- Função de ligação: uma função diferenciável que relaciona os componentes aleatório e sistemático (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2011).

Portanto, O MLG utiliza para cada família exponencial uma função de ligação adequada aos dados, como descreve a tabela 1.

Tabela 1 – Família exponencial e função de ligação para Modelos Lineares Generalizados (MLG).

Família exponencial	Função de ligação
Binomial	Logito
Gaussiana	Identidade
Gama	Inversa, logarítmica e identidade
Poisson	Logarítmica
Gaussiana Inversa	Inversa, logarítmica e identidade

Fonte: O autor (2021).

Quando existe mais de uma função de ligação, escolhe-se aquela que apresenta um melhor ajuste para o conjunto de dados através dos gráficos de diagnósticos. Os gráficos mais utilizados são: o gráfico de Distância de Cook e o gráfico normal de probabilidades com envelope de simulação.

O gráfico de Distância de Cook avalia a influência que a resposta observada exerce sobre seu valor ajustado, permitindo encontrar pontos aberrantes que possam influenciar no modelo (COOK; WEISBER, 1983). Enquanto que gráfico normal de probabilidades, com envelope de simulação, avalia se o modelo encontrado é um ajuste adequado às observações do experimento.

3 METODOLOGIA

3.1 PARTE 1: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATOS DE BRÁCTEAS

As brácteas estéreis utilizadas no presente estudo são de Araucária (*Araucaria angustifolia*) e foram adquiridas no comércio da região de Curitiba, onde estavam separadas da pinha e armazenadas em local externo, sobre intensa umidade. O material foi levado até os laboratórios de Química da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus de Curitiba para realização dos experimentos de extrações dos compostos de interesse das brácteas.

Como as brácteas foram adquiridas com alto teor de umidade, as mesmas foram submetidas à secagem natural dentro de bandejas, bem distribuídas em ambiente arejado, permanecendo nesta condição por 48 horas.

Após a secagem o material foi triturado em moinho de facas do tipo Wiley (MACRO/SV-1) (Figura 6), onde então foi separado o material granulométrico retido em peneira com malha de abertura entre 40 - 60 *mesh*.

Figura 6 – Moinho de facas do tipo Wiley.



Fonte: O autor (2021).

Um planejamento experimental foi construído a partir da combinação de 12 experimentos de extração dos taninos condensados, sendo que para os fatores centrais houve a

realização de quatro experimentos (Tabela 2 e 3), para verificar a melhor condição de extração possível. O experimento utilizou a combinação de fatores como o tempo de extração, a massa de brácteas e a temperatura da extração (Tabela 2). Os experimentos de extração foram realizados com 100 mL de água destilada e a temperatura controlada em banho de imersão (LUCA-153/10).

Tabela 2 – Fatores utilizados nos experimentos de extração

Fatores/Níveis	-1	0	1
Massa (g)	1	3	5
Tempo (min)	30	75	120
Temperatura (°C)	40	70	100

Fonte: O autor (2021).

A caracterização dos extratos foi feita pela determinação da concentração dos taninos condensados (TC) através do método proposto por Porter *et al.* (1986). Nessa metodologia, as proantocianidinas são hidrolisadas a antocianidinas em meio ácido com o uso de um íon de metal de transição como catalisador para o processo. Os reagentes foram preparados conforme segue: solução de butanol e HCl concentrado (95:5 v/v); solução férrica (Fe^{3+}) preparada em água destilada (2% p/v) com cloreto de ferro ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) em HCl na concentração de 2 mol/L. Os recipientes devidamente fechados com rosca contendo os reagentes foram envolvidos em papel-alumínio para evitar algum tipo de degradação pela luz e mantidos em geladeira.

Uma curva de calibração foi preparada com uma amostra de taninos condensados (TC) obtida da empresa TANAC com pureza de 72%. Para isso, uma solução foi preparada com esse tanino na concentração de 1500 ppm em água destilada. A partir desta solução estoque foram feitas mais cinco diluições, totalizando seis diferentes concentrações e suas duplicatas. Foram transferidos 0,5 mL dessas soluções para tubos de ensaio com rosca de 8 mL cada. Posteriormente foi adicionado 6,5 mL da solução butanol/HCl (95:5) em cada um dos tubos, em seguida, foram transferidos 0,2 mL da solução férrica e agitados imediatamente antes de serem colocados em banho de imersão (LUCA-153/10) a 95 °C por 1 hora. Depois foi utilizado o espectrofotômetro (BEL 2000UV) para a leitura da absorvância das soluções no comprimento de onda de 540 nm.

Tabela 3 – Combinação dos fatores em experimentos de extração

Experimento	Massa (g/100 mL de água destilada)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
1	1	30	40
2	5	30	40
3	1	120	40
4	5	120	40
5	1	30	100
6	5	30	100
7	1	120	100
8	5	120	100
9	3	75	70
10	3	75	70
11	3	75	70
12	3	75	70

Fonte: O autor (2021).

Os experimentos da combinação de fatores foram utilizados como critério para a escolha das melhores condições de extração dos TC das brácteas. Posteriormente, a melhor condição de extração foi usada para o preparo das soluções dos tratamentos realizadas com os corpos de prova do experimento de campo de apodrecimento.

3.2 PARTE 2: TRATAMENTO DOS CORPOS DE PROVA E ENSAIOS DE APODRECIMENTO

3.2.1 Preparo e tratamento dos corpos de prova

A madeira utilizada no experimento é da espécie *Pinus taeda* L., com idade em torno dos 15 anos, adquirida já seca de uma madeireira local. As tábuas tinham as dimensões de 20 x 2 x 150 cm (largura x espessura x comprimento) e estavam adequadas para o desdobro. Para a confecção dos corpos de prova as tábuas foram desdobradas no Laboratório de Recursos Florestais II, localizado no Centro de Educação Profissionalizante (área complementar à UFSC), com uma serra esquadrejadeira trifásico 3CV 1.700 mm (SEC-1, Baldan). O material, livre de nós, rachaduras e outros defeitos, foi produzido com dimensões de 20 x 20 x 300 mm (largura x espessura x comprimento) (CARVALHO *et al.*, 2019).

Os corpos de prova foram submetidos à secagem em estufa com circulação de ar forçado, sob a temperatura de 55 °C, até atingirem massa constante, totalizando 72 horas. Após atingir massa constante, o material foi transferido para um espaço climatizado à temperatura de 20 °C e a umidade relativa mantida a 50% por um desumidificador (ARTEL, B-EA16MD19). Nessas condições, os corpos de prova foram mantidos durante 24 horas. Posteriormente, o material foi pesado em balança semi-analítica (MARTE, AD3300) para a aquisição da massa inicial e numerados. Foram confeccionados e selecionados 168 corpos de prova, totalizando 56 corpos de prova para 3 diferentes tratamentos.

A estimativa do volume de solução necessário para imersão dos corpos de prova foi avaliada em um teste de impregnação a temperatura ambiente. Primeiramente um extrato aquoso de brácteas foi preparado, utilizando como referência os experimentos realizados anteriormente, onde obtiveram as maiores concentrações de TC. O extrato, sem diluição, foi distribuído em 4 provetas de vidro contendo 1 corpo de prova cada. Cada corpo de prova foi retirado em tempos diferentes de imersão (6, 12, 24, 48 h), não havendo repetições nestes experimentos. Ao final de cada um dos tempos de imersão, os volumes que restaram em cada proveta foram anotados.

O extrato utilizado no tratamento dos corpos de prova foi obtido pelo aquecimento das brácteas em fogão industrial e panela com capacidade para 100 litros (Figura 7). As brácteas pulverizadas foram adicionadas a um volume de 22,4 litros de água destilada (30 g/L) e mantidas por 75 minutos na temperatura de 70 °C, sendo essas condições obtidas nos experimentos de otimização com os fatores realizados na seção 3.1 desta mesma seção. O material foi revolvido periodicamente durante a extração com a ajuda de uma colher de madeira.

Figura 7 – Conjunto utilizado no preparo do extrato de brácteas.



Fonte: O autor (2021).

Após a finalização do tempo de extração esperou-se a decantação das brácteas em suspensão para recolher o sobrenadante. O volume resultante da extração foi de 17,43 litros, pois o restante foi perdido na evaporação do solvente. Os experimentos com os corpos de prova foram realizados utilizando 3 tratamentos diferentes:

- T1: corpos de prova expostos ao extrato aquoso das brácteas;
- T2: corpos de prova expostos ao extrato aquoso das brácteas diluído em (50%);
- T3: testemunha (água destilada);

O volume necessário para imergir os 56 corpos de prova de cada tratamento foi estimado a partir dos resultados dos experimentos de impregnação presentes descritos anteriormente. Para o preparo do tratamento T1 foi medido 11,2 litros do extrato (sem diluição); já para o tratamento T2, 5,6 litros do extrato foram diluídos com 5,6 litros de água destilada para completar o volume. O tratamento T3 (controle) usou 11,2 litros de água destilada.

A exposição da madeira foi realizada em caixas plásticas preenchidas com as soluções na proporção de 200 mL por corpo de prova, sendo utilizados 56 corpos de prova em cada tratamento. Um balde com água foi usado sobre a superfície dos corpos de prova para mantê-los em constante imersão (Figura 8).

Figura 8 – Corpos de prova imersos nas soluções de tratamento.



Fonte: O autor (2021).

Legenda: T1 = Extrato bruto das brácteas; T2 = Extrato diluído 50 %; T3 = Testemunha (água destilada).

Em função do maior volume de extrato absorvido no experimento de impregnação do item 4.2.1 da seção 4, o material permaneceu nesta condição por 48 horas a temperatura ambiente. Após as primeiras 24 horas o material foi revolvido para garantir um tratamento mais uniforme. Finalizado o tempo de imersão do material, os corpos de prova foram deixados para secar ao ar livre no interior de bandejas nas bancadas do laboratório, permanecendo nesta condição por 4 dias, antes de serem expostos ao campo de apodrecimento.

Uma estimativa da retenção dos TC (kg/m^3) em cada tratamento foi realizada a partir da diferença entre as massas iniciais em gramas do tanino nos extratos (M_{TCi}), e a massa residual em gramas após o fim do período de exposição dos corpos de prova (M_{TCf}), considerando ainda o número de corpos de prova expostos (N_{CP}) e seu volume individual em m^3 (V_{CP}), conforme a equação 1.

$$\text{Retenção} = \frac{M_{TCi} - M_{TCf}}{N_{CP} * V_{CP}} / 1000$$

(1)

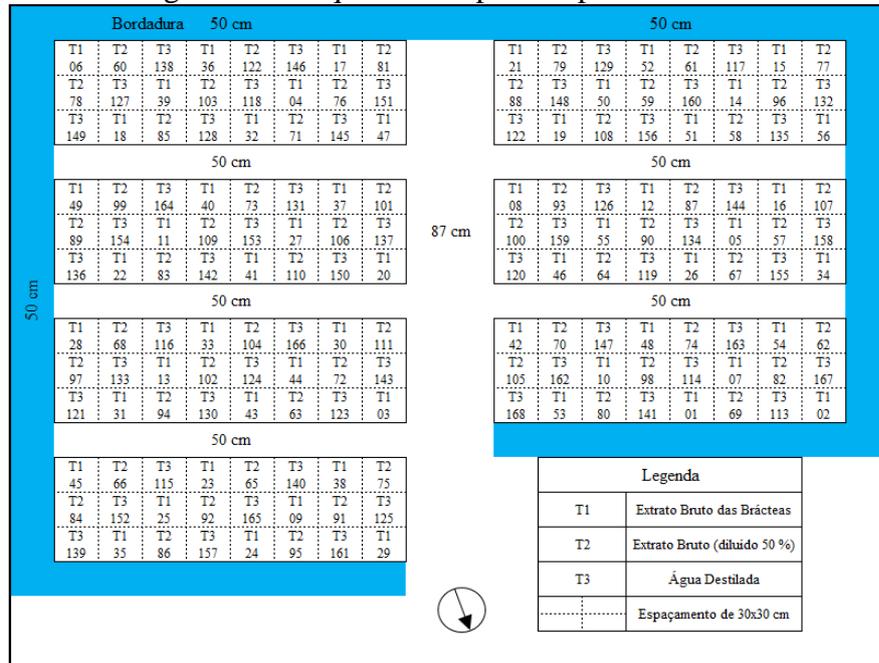
As massas foram obtidas com a determinação da concentração de TC em cada tratamento utilizando os procedimentos descritos anteriormente.

3.2.2 Instalação do experimento e análise estatística

O campo de apodrecimento foi instalado em fevereiro de 2020 na Área Experimental Florestal (AEF) da Universidade Federal de Santa Catarina (Figura 8), localizado no município de Curitibanos, nas coordenadas 27°18'52.4"S e 50°42'36.2"W e altitude de 987 m. O clima do local segundo Köeppen é o Cfb, considerado temperado mesotérmico úmido, com verão ameno e sem estação seca. O solo que predomina na região são os Cambissolos, Argissolos e Neossolos (POTTER *et al.*, 2004).

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com 7 repetições iguais, 8 colunas e 3 linhas cada. Todas as linhas continham pelo menos um exemplar de cada um dos 3 tratamentos, totalizando os 168 corpos de prova confeccionados para o experimento. Os corpos de prova foram enterrados no solo a uma profundidade de 15 cm, correspondente a metade do seu comprimento (CARVALHO *et al.*, 2019). O espaçamento entre os corpos de prova foi de 30 x 30 cm na linha e entrelinha e 50 cm entre blocos. A área dimensionada do experimento ficou com aproximadamente 30 m². Também foi dimensionada uma bordadura ao entorno do experimento de 50 cm, conforme o croqui apresentado na figura 9 e experimento de campo (Figura 10).

Figura 9 – Croqui do Campo de Apodrecimento.



Fonte: O autor (2021).

Figura 10 – Campo de Apodrecimento instalado na Área Experimental Florestal (UFSC).



Fonte: O autor (2021).

No total, foram realizadas 8 coletas a campo, uma a cada 45 dias, totalizando 360 dias de experimento. Em cada uma das coletas foram retirados 3 tratamentos da mesma coluna de cada um dos blocos, ou seja, 21 amostras por período.

Posteriormente a cada coleta, os corpos de prova foram limpos com auxílio de uma escova, para retirada do excesso de solo e outras impurezas. Em seguida foi realizado o protocolo de secagem, inserindo o material em estufa com circulação de ar forçado a 55 °C durante 72 horas. Depois os materiais foram climatizados durante 24 horas em laboratório com temperatura de 20 °C e umidade relativa (UR) de 50 %, como descrito nos procedimentos do item 3.2.1 desta seção.

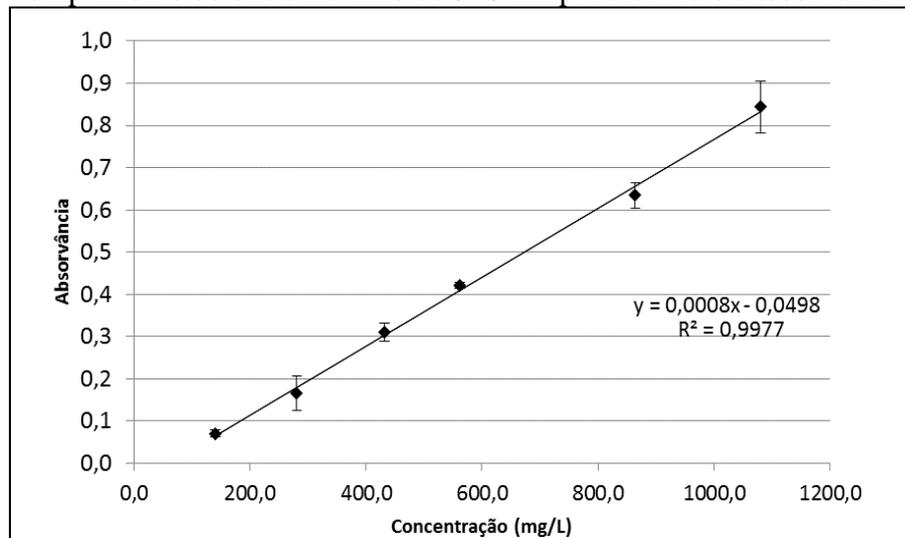
A partir do banco de dados completo, iniciou-se a estatística descritiva da variável resposta (perda de massa dos corpos de prova) com os tempos (45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 e 360 dias) e os tratamentos (T1, T2 e T3). Além disso, foram verificadas se as pressuposições de normalidade, independência e homogeneidade da variância eram satisfeitas para realizar a análise da ANOVA. Contudo, notou-se que os dados não apresentaram normalidade (teste de Shapiro-Wilk <5%) e, conseqüentemente, foi utilizado o Modelo Linear Generalizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARTE 1: EXTRATOS AQUOSOS DAS BRÁCTEAS E QUANTIFICAÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS

Para a determinação dos taninos condensados (TC) foi construída uma curva de calibração utilizando amostra de taninos condensados padrão (TANAC), como pode ser visualizado na figura 11. A curva obtida apresentou um alto coeficiente de correlação (R^2), com valor igual a 0,9997 e equação de regressão linear $y = 0,0008x - 0,0498$, onde y é a absorvância e x é a concentração do tanino (mg/L).

Figura 11 – Curva de calibração para tanino condensado padrão (TANAC) utilizando comprimento de onda máximo de 540 nm para leitura da absorvância.

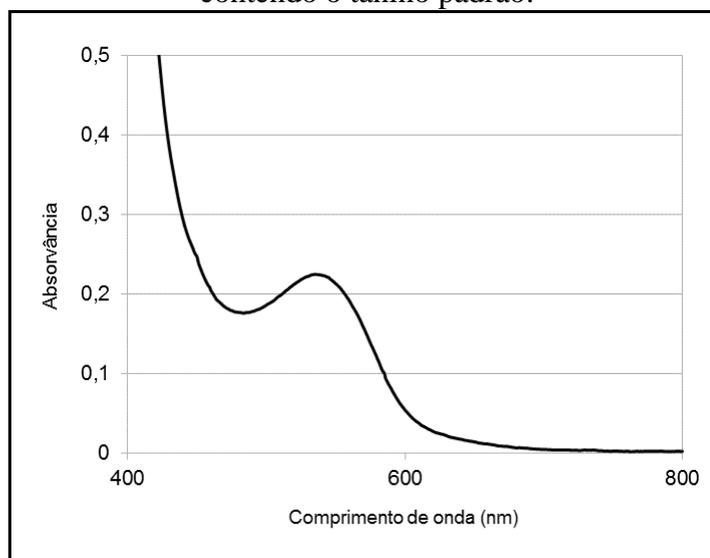


Fonte: O autor (2021).

Cada amostra foi medida em duplicata, e posteriormente efetuada a média do comprimento de onda observado em cada uma delas. As leituras foram realizadas com auxílio do espectrofotômetro (BEL 2000UV).

Uma varredura foi realizada para confirmação do comprimento de onda máximo a ser utilizado (UV-M90) nas leituras após a reação para geração de cor com os taninos Condensados. Foi observado que o comprimento de onda de 540 nm apresentou a maior absorção, como ilustra a figura 12.

Figura 12 – Espectro de varredura e comprimento de onda máximo de 540 nm para a solução contendo o tanino padrão.



Fonte: O autor (2021).

Na tabela 4 são apresentadas as concentrações de TC encontrada nos 12 experimentos realizados nas quais os fatores tempo, massa e temperatura de extração foram avaliados.

Tabela 4 – Médias e desvio padrão da concentração de TC obtidas (mg/L) nos experimentos com combinação de massa, tempo e temperatura.

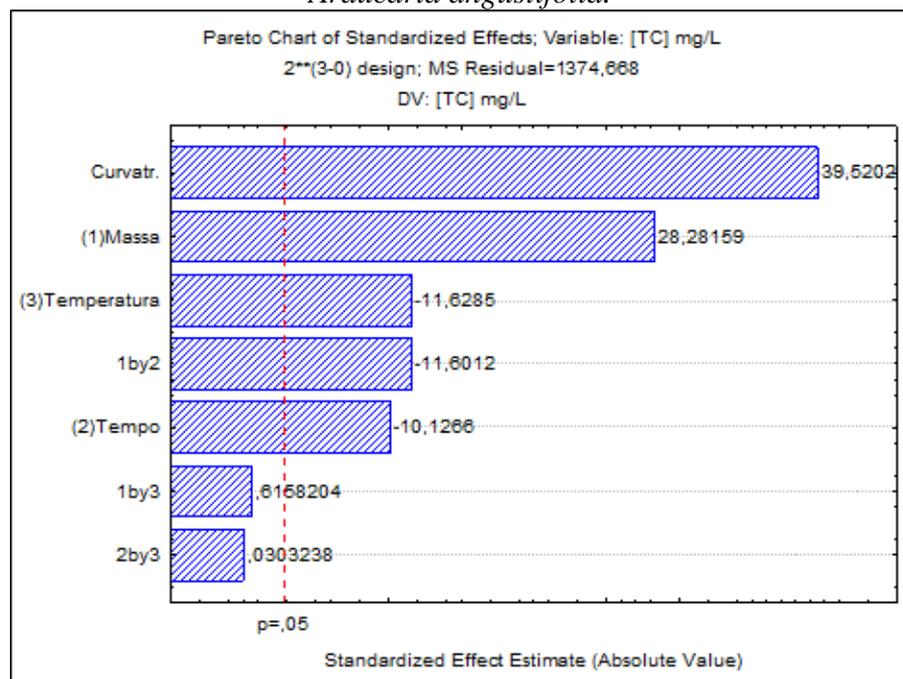
Experimentos	Massa (g/100 mL de água destilada)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Concentração TC (mg/L) e desvio padrão
1	1	30	40	470,38 ($\pm 25,63$)
2	5	30	40	1445,75 ($\pm 51,27$)
3	1	120	40	537,25 ($\pm 54,80$)
4	5	120	40	842,88 ($\pm 20,33$)
5	1	30	100	245,38 ($\pm 38,01$)
6	5	30	100	1122,75 ($\pm 628,26$)
7	1	120	100	241,63 ($\pm 7,95$)
8	5	120	100	645,38 ($\pm 75,13$)
9	3	75	70	1489,50 ($\pm 3,54$)
10	3	75	70	1492,00 ($\pm 14,14$)
11	3	75	70	1518,25 ($\pm 1,77$)
12	3	75	70	1525,75 ($\pm 1,77$)

Fonte: O autor (2021).

O comportamento da concentração de TC (mg/L), em relação às variáveis independentes e suas interações, podem ser observados no Diagrama de Pareto, apresentado

na figura 13. A linha em vermelho indica a região onde as variáveis demonstram uma maior significância estatística.

Figura 13 – Diagrama de Pareto para o efeito da massa, tempo e temperatura para a extração de taninos condensados a partir de brácteas de *Araucaria angustifolia*.



Fonte: O autor (2021).

O digrama indica que a massa é um fator que atua positivamente na extração de TC, ou seja, quanto maior a massa, maior a quantidade de TC extraída. A temperatura e o tempo atuam negativamente na quantidade de TC extraídos, embora com menor intensidade. Portanto, pode-se concluir que quanto maior a massa, maior será a extração, enquanto que temperaturas mais elevadas e um maior tempo de contato com água não contribuem com a extração de interesse.

Esses efeitos também são evidentes quando listamos os diferentes experimentos em conjunto com o rendimento na extração de TC e o percentual de TC presente no resíduo seco do extrato (Tabela 5).

Tabela 5 – Fatores utilizadas em cada experimento, rendimento (g/ 100g bráctea) e percentual de TC no resíduo seco a partir do extrato aquoso.

Experimentos	Massa (g/100 mL)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Rendimento de TC (g/ 100g)	Percentual TC no resíduo seco
1	1	30	40	5,13	80,05
2	5	30	40	3,47	71,44
3	1	120	40	6,07	ND
4	5	120	40	2,07	46,70
5	1	30	100	1,98	20,02
6	5	30	100	2,71	38,44
7	1	120	100	1,92	20,27
8	5	120	100	1,52	18,87
9	3	75	70	5,98	83,77
10	3	75	70	6,00	90,81
11	3	75	70	6,12	77,43
12	3	75	70	6,15	93,97

Fonte: O autor (2021).

Legenda: ND = Não Determinado

Percebe-se que o rendimento de taninos condensados diminui consideravelmente nos experimentos 5, 6, 7 e 8, onde foram utilizadas combinações de tempo e temperaturas extremas (120 minutos e 100 °C). Isso se refletiu também no percentual de TC do resíduo seco, nesses mesmos experimentos, com média de 24,4%. Este resultado está associado à degradação dos taninos nessas condições, conforme também observado por Macedo e Sousa (2015). Em condições mais brandas, utilizando temperaturas e tempos menores, tanto o rendimento de TC quanto seu percentual no resíduo seco, resultaram em valores intermediários nos experimentos 1 e 2. Todavia, os experimentos citados anteriormente não superaram os resultados dos experimentos utilizando os pontos centrais, onde utilizou-se tempos e temperaturas de 75 min e 70 °C, respectivamente. Para esses experimentos a média de rendimento para extração de TC foi de 6,06% e representou 86,5% do extrato seco em média.

A título de comparação, na tabela 6 constam as condições testadas de extração e rendimentos para taninos condensados obtidas de diferentes matrizes e espécies vegetais. Comparando o presente estudo com os demais trabalhos encontrados, percebe-se que a concentração de taninos condensados extraídas é menor, porém, vale ressaltar que neste trabalho, foi utilizado somente água para extração destes compostos fenólicos, e ainda o

tempo e a temperatura foram menores que as metodologias utilizadas para comparação. Considerando que as brácteas do pinhão são um material que geralmente é descartado, torna-se altamente viável os estudos baseados na extração de substâncias provenientes deste material vegetal.

Tabela 6 – Condições utilizadas e percentuais de extração de taninos condensados em diferentes matrizes vegetais

Material	Método de extração	Solvente	Temperatura (°C)	Tempo	Rendimento de TC (%)	Referência
<i>Anadenanthera colubrina</i> (casca)	Refluxo	Água	105	6 horas	26,56	Martins (2019)
<i>Coffea canephora</i> (casca)	Refluxo	Água	100	4 horas	8,40	Almeida <i>et al.</i> (2016)
<i>Pinus oocarpa</i> (casca)	Refluxo	Água com 5% sulfito de sódio	100	2 horas	17	Rodrigues <i>et al.</i> (2015)
<i>Anadenanthera peregrina</i> (casca)	Banho-maria	Água com 3% sulfito de sódio	70	4 horas	12,76	Sartori <i>et al.</i> (2014)
<i>Anacardium occidentale</i> (casca)	Maceração dinâmica	Água	100	100 minutos	7,63	Sousa (2013)
<i>Araucaria angustifolia</i> (brácteas)	Banho-maria	Água	70	75 minutos	6,06	Presente estudo

Fonte: O autor (2021).

Raitz *et al.* (2017) concluiu que a melhor combinação das variáveis para a extração de compostos fenólicos das brácteas do pinhão, incluindo os taninos condensados, é empregando uma extração com etanol 60%, a temperatura de 80 °C e com a razão de 1 g de amostra para 38 mL de etanol sob o tempo de 20 min. Esse estudo apresentou um rendimento para TC de 10,56 mg de Catequina/ g de brácteas estéreis, o que representa a algo em torno de 1 % de rendimento. Sousa (2013) realizou um experimento de otimização extração de taninos condensados da casca do cajueiro utilizando água como solvente. O autor obteve um teor de 7,63 mg de equivalente de catequina/ 100 mg de casca, utilizando tempos de 100 minutos, temperatura de 100 °C e razão L/S de 30:1.

De acordo com Nogueira (2019), independentemente do método de extração empregado, os fatores pH, tamanho de partícula, temperatura, agitação constante, tempo de contato com as partículas, tipo de solvente e a relação sólido solvente (R-SS) podem influenciar no rendimento da extração de compostos fenólicos. Para Khoddami *et al.* (2013) os efeitos de cada um dos parâmetros analisados em um ensaio de extração de compostos fenólicos são específicos para cada matriz vegetal utilizada. Desta forma, deve-se também levar em consideração as características químicas do material de extração antes da escolha do método e dos parâmetros de extração.

A partir dos resultados de concentração de taninos condensados listados na tabela 4, adotou-se os níveis centrais dos fatores temperatura e tempo como os mais adequados (75 minutos e 70 graus) bem como a massa de brácteas de 30 g/L para obtenção dos extratos aquosos que foram usados para tratamento dos corpos de prova.

4.2 PARTE 2: RETENÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS E ENSAIO DE APODRECIMENTO

4.2.1 Retenção de taninos condensados

Um ensaio teste com corpos de prova foi realizado usando o extrato selecionado a partir dos experimentos da Etapa 1. Os resultados observados deste ensaio estão apresentados na tabela 7, de acordo com os tempos de exposição de 6, 12, 24 e 48 horas.

Tabela 7 – Massa seca e volumes absorvidos de extrato pelos corpos de prova.

Experimentos	Massa seca dos CP (g)	Vol. adicionado na proveta (mL)	Vol. absorvido no CP (mL)	Vol. absorvido por grama do CP (mL/g)
6 horas	43,58	226	26	0,60
12 horas	45,78	233	29	0,63
24 horas	49,17	220	30	0,61
48 horas	45,12	227	41	0,91

Fonte: O autor (2021).

Legenda: CP = Corpo de Prova.

O melhor resultado do teste de absorção para os tempos avaliados foi de 48 horas, onde o volume de extrato absorvido pelo corpo de prova foi de 41 mL, em torno de 0,91

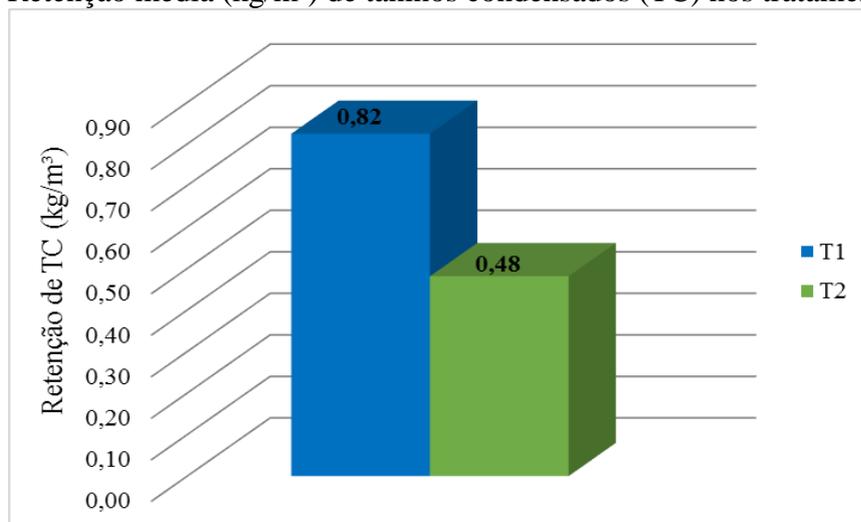
mL/g. Os experimentos utilizando os tempos 6, 12 e 24 horas foram muito semelhantes em termos de volume absorvido em cada corpo de prova. Roballo *et al.* (2018) observaram para a madeira de *Pinus elliottii* seca e não tratada uma taxa de absorção de água elevada nas primeiras horas de um experimento de higroscopicidade, sendo que a taxa alcançou a nulidade após 48 horas de exposição da madeira.

A partir dos resultados obtidos acima, adotou-se para esse trabalho o tempo de 48h de exposição para dos tratamentos da madeira e o volume de extrato para de 200 mL por corpo de prova a ser tratado. Assim, o volume total de extrato para cada tratamento foi calculado multiplicando o número de corpos de prova utilizado, que foi 56, pelo volume estimado para imergir totalmente cada corpo de prova, aproximadamente 200 mL, resultando em 11,2 litros de extrato para cada tratamento.

As concentrações de TC nos extratos preparados para os tratamentos foram determinadas por espectrofotometria antes e após a exposição dos corpos de prova. A concentração inicial do extrato antes da exposição para T1 e T2 foram, respectivamente, de 1789,5 e 894,6 mg/L. Após às 48 h de exposição, as concentrações de TC para T1 e T2 obtidas foram de 1569,5 e 744,13 mg/L, respectivamente.

Os valores médios para a massa de taninos condensados retidas nos corpos de prova tratados com os extratos das brácteas (em kg/m^3) estão apresentadas na figura 14 e foram determinados através da equação 1.

Figura 14 – Retenção média (kg/m^3) de taninos condensados (TC) nos tratamentos T1 e T2.



Fonte: O autor (2021).

Torres *et al.* (2011) cita que a retenção é o fator determinante para a qualidade do tratamento preservativo em madeiras. Determina a quantidade de preservativo ou de seus ingredientes ativos fixados de maneira uniforme num determinado volume de madeira. A retenção é geralmente expressa em quilogramas de ingrediente ativo por metro cúbico de madeira tratada.

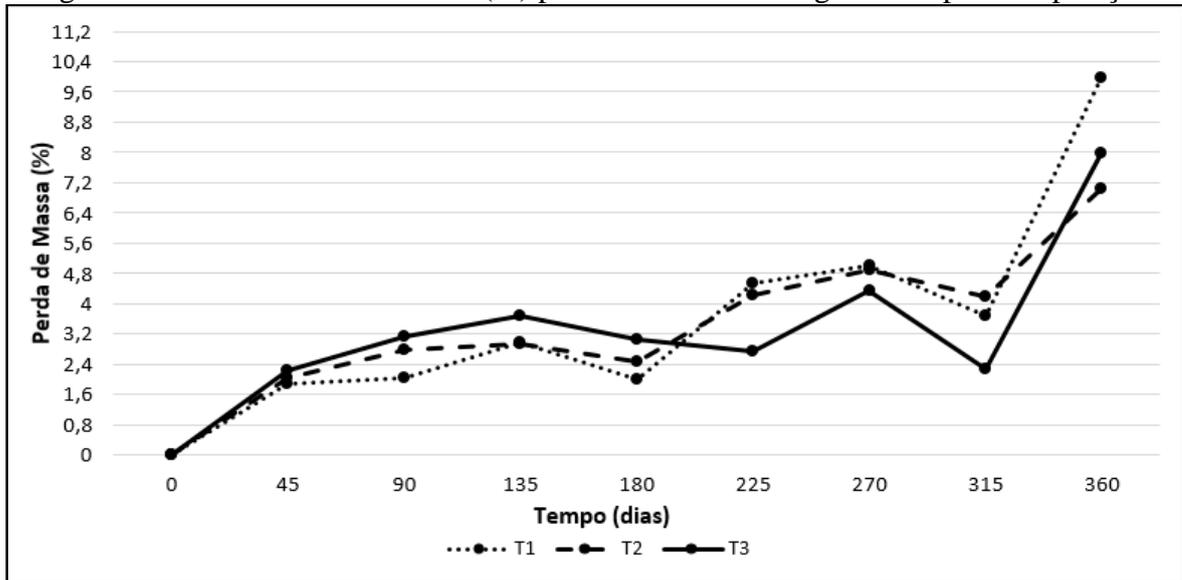
Em síntese, conforme exposto na figura 14, o tratamento T1 apresentou uma retenção de TC de 0,82 kg/m³, enquanto que aproximadamente metade desse valor foi retido para T2 (0,48 kg/m³). Esta diferença já era esperada, dado que T2 era o extrato diluído 50 %.

Em estudo realizado por Vivian *et al.* (2020), os autores encontraram um valor médio de retenção de taninos em torno de 8,95 kg/m³ para corpos de prova de *Pinus taeda*, 2,18 kg/m³ para a espécie de *E. viminalis* e 9,15 kg/m³ para *A. angustifolia*. Os corpos de prova tinham dimensões diferentes do presente trabalho (2,5 x 2,5 x 0,9 cm), não podendo ser diretamente relacionado com os corpos de prova deste trabalho, devido a área superficial ser diferente. Singh e Singh P. (2011) citam o tanino como um produto que possui má fixação na madeira pós-tratamento, precisando nesse caso de um produto aditivo que atue como um bom fixador de suas moléculas na madeira.

4.2.2 Ensaio de apodrecimento

A estatística descritiva da perda de massa dos corpos de prova da madeira dos 3 tratamentos ao longo do tempo de exposição ao campo de apodrecimento, podem ser verificadas pela tabela 10 e pelo Apêndice A e pela figura 15. Nesta figura, constatou-se que o tratamento 3 (testemunha) foi aquele que obteve a maior perda de massa até os 180 dias de experimento. Após esse período, houve uma inversão nos dados de perda de massa, onde o tratamento T1 foi o que perdeu mais massa nos tempos 225, 270 e 360 dias.

Figura 15 – Perda de massa média (%) por tratamento ao longo do tempo de exposição.

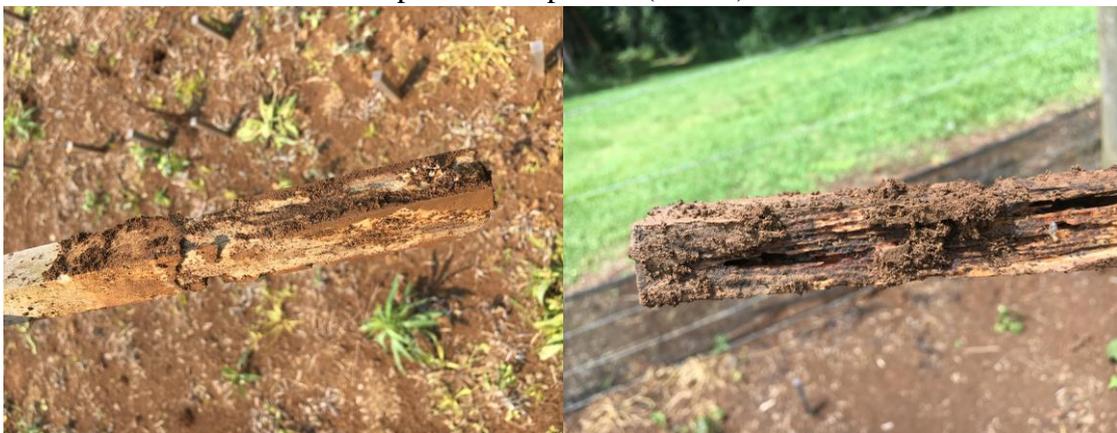


Fonte: O autor (2021).

Este fenômeno está relacionado com o aparecimento de cupins xilófagos após 180 dias de experimento a campo. Nesse período houve a entrada da estação primavera, época relacionada com a alta reprodução e aparecimento destes insetos. A figura 16 apresenta alguns exemplares de corpos de prova deste experimento, atacados em momentos distintos.

Uma possível justificativa para diminuição da perda massa no tempo 180 dias pode estar relacionada com a estação de inverno, onde as temperaturas são baixas e os ataques por organismos vivos e a degradação por fatores intempéricos diminuem.

Figura 16 – Ataque superficial de cupins no tempo 225 (esquerda) e ataque severo de cupins no tempo 315 (direita).



Fonte: O autor (2021).

Os tratamentos 1 e 2 contendo diferentes concentrações dos taninos condensados, tiveram uma maior preferência alimentar pelos cupins nos tempos 225, 270, 315 e 360 dias. Esses resultados não condizem com estudos feitos por Calegari *et al.* (2014), onde os autores testaram extratos tânicos aplicados na madeira de *Ceiba pentandra* contra uma colônia de cupins xilófagos e obtiveram resultados significativos de repelência frente à testemunha. O experimento, embora conduzido pelos autores em ambiente fechado, confirma a ação antitermítica do TC.

Os tratamentos tânicos se mantiveram mais conservados até o tempo de 180 dias. No entanto, após esse período, suspeita-se que o material acabou sofrendo intensa lixiviação com o passar dos meses, perdendo o seu efeito inseticida e favorecendo uma maior preferência dos cupins xilófagos pelo material mais preservado.

Monteiro *et al.* (2005) relata que os taninos condensados e hidrolisáveis possuem propriedades específicas que se complexam com proteínas e inibem enzimas digestivas dos cupins, possuindo deterrência alimentar para esses insetos.

Portanto, as divergências dos valores encontrados no presente estudo possivelmente estão relacionadas com o período de coleta (fenologia, distribuição de chuvas), espécie de cupins e até mesmo as seções da árvore utilizadas (OLIVEIRA *et al.*, 2005), degradação ou lixiviação dos taninos condensados das amostras sob condições moderadamente ácidas dos solos do campo de apodrecimento (PORTER, 1992).

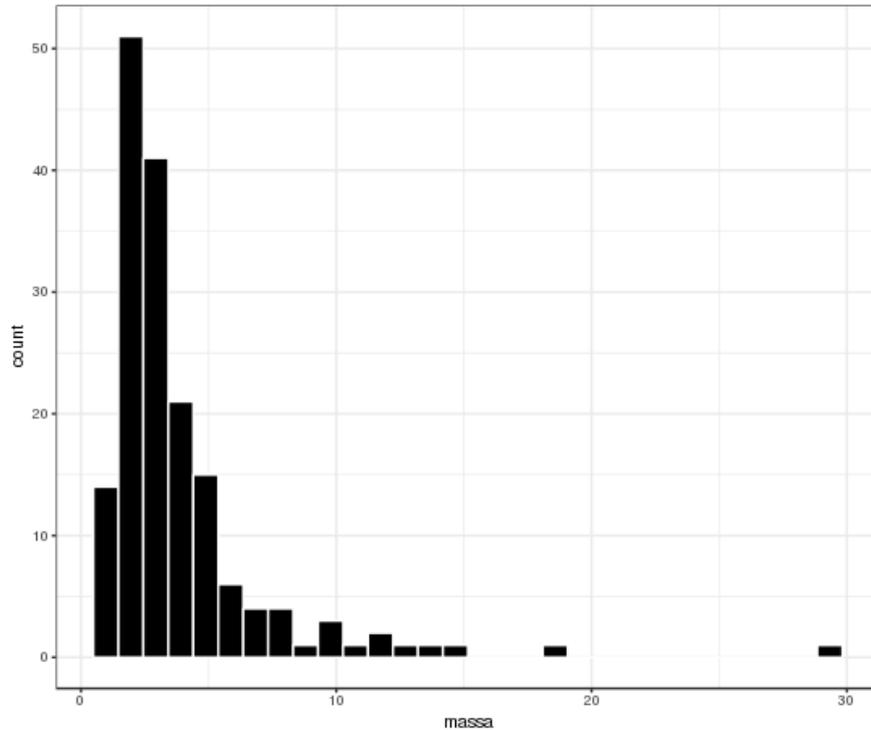
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Em uma análise inicial das observações, verificou-se pela figura 16 e pelo teste Shapiro-Wilk (valor- $p < 5\%$) que a variável resposta, representada pela perda de massa (%), não apresenta normalidade. Portanto, o pressuposto de normalidade dos dados não é satisfeito, consequentemente, não se pode realizar a inferência dos parâmetros através dos métodos tradicionais. Nesta situação é recomendado utilizar a metodologia de Modelos Lineares Generalizados (MLG), descrita na Seção 2.4, para a modelagem dos dados.

Observa-se também pela figura 17 que a variável resposta assemelha-se a distribuição Gama. Esta distribuição é empregada em análises de dados contínuos não-negativos, onde

apresentam variância crescente com a média e quando o coeficiente de variação dos dados for aproximadamente constante (PAULA, 2013).

Figura 17 – Gráfico da distribuição da perda de massa (%)



Fonte: O autor (2021).

A modelagem da distribuição Gama possui 3 funções de ligação (função de ligação inversa, logarítmica e identidade). Nesta situação, deve-se considerar essas possibilidades para encontrar o melhor modelo que consegue explicar adequadamente a perda de massa com as variáveis explicativas (tratamento, tempo de exposição e bloco). Além disso, as modelagens também precisam considerar os feitos principais das variáveis explicativas, bem como os possíveis efeitos das interações entre elas.

A tabela 8 apresenta o Critério de Informação de Akaike (AIC) para o ajuste da variável resposta Gama com as funções de ligação para as possibilidades de ajustes para os modelos completos (efeitos principais e suas interações) e para os modelos reduzidos (efeitos principais).

Tabela 8 – Critério de Informação de Akaike (AIC) para o ajuste da variável resposta Gama com as funções de ligação.

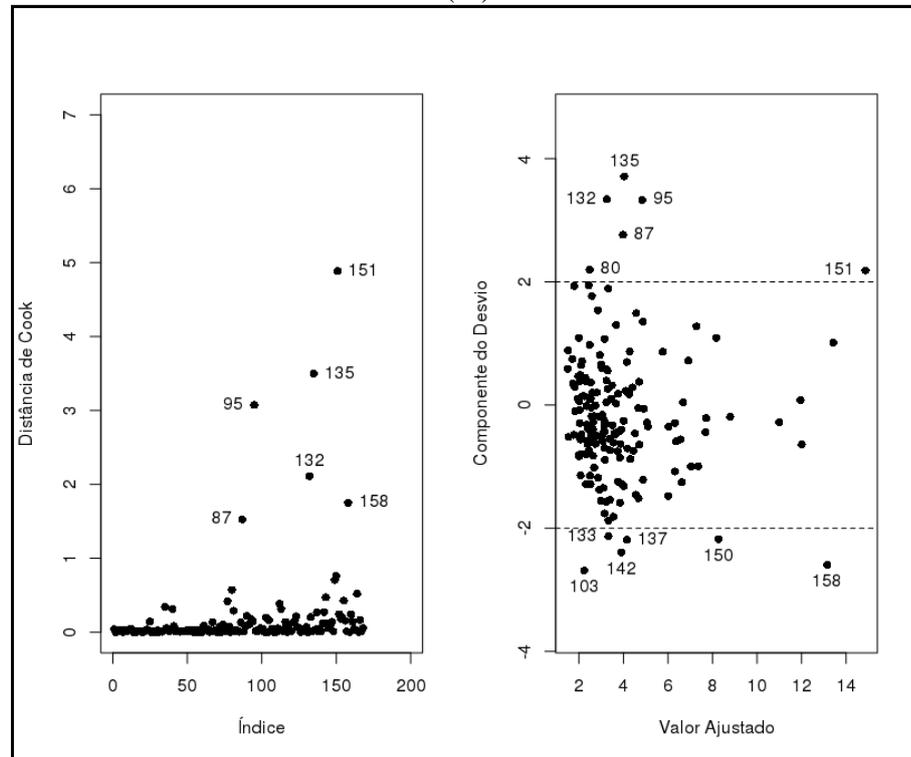
Modelo	AIC Modelo completo	AIC Modelo reduzido
Função de ligação inversa	626,39	621,65
Função de ligação logarítmica	641,39	635,37
Função de ligação identidade	655,65	648,45

Fonte: O autor (2021).

Pode-se perceber que o melhor ajuste dos dados foi obtido através do modelo reduzido com a função inversa, pois apresentou o menor valor de AIC (621,65). Além disso, constatou-se também que as interações das variáveis do modelo completo não foram significativas ao nível de 5 % de significância.

Pelos gráficos de diagnósticos (Figura 18) do modelo reduzido, foram destacadas as observações #87, #95, #132, #135, #151 e #158 como aberrantes ou influentes para as perdas de massa, que foram eliminadas do banco de dados. Em geral, essas observações correspondem a valores de perda de massa muito altos ou menores do que o esperado e que influenciam no ajuste do modelo.

Figura 18 – Gráficos de diagnóstico do modelo Gama ajustado aos dados de perda de massa (%)

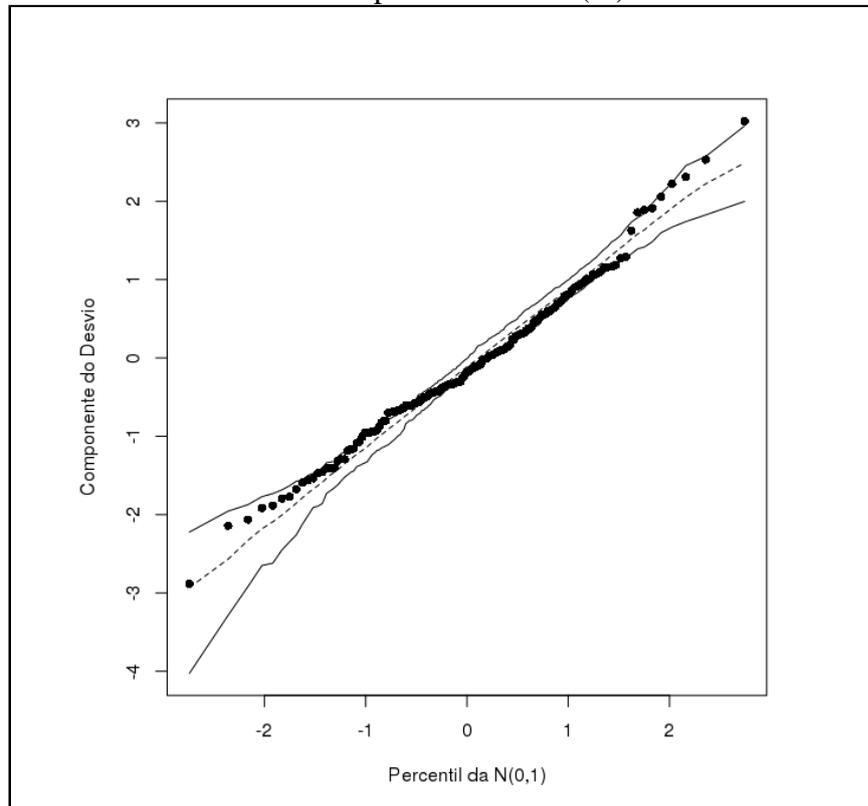


Fonte: O autor (2021).

Vale a pena ressaltar que a eliminação destas observações de perda de massa, em conjunto ou individualmente, alteram algumas estimativas dos parâmetros, porém não influênciam nas conclusões inferenciais do modelo, pois as significâncias dos coeficientes continuam a mesma (PAULA, 2013).

Pode-se verificar pela figura 19 que o modelo reduzido com a função de ligação inversa encontrado ajusta-se adequadamente aos dados da perda de massa, englobando os pontos dentro do envelope.

Figura 19 – Gráfico normal de probabilidades para o modelo de resposta gama ajustado aos dados de perda de massa (%).



Fonte: O autor (2021).

A partir das estimativas dos parâmetros do modelo ajustado, observou-se que o Tratamento 1 é significativo estatisticamente (valor-p <5%) na redução da perda de massa dos corpos de prova em comparação com os demais tratamentos ao longo do tempo, como mostra os resultados da Tabela 9. O Tratamento 3 (controle) apresentou a maior perda de massa durante o experimento.

Pode-se perceber que ao longo do tempo os tratamentos começam a ficar menos eficientes devido à exposição às condições climáticas, e conseqüentemente há um aumento na perda de massa dos corpos de prova. Esse é um comportamento que pode ser explicado pelo fato do extrato tânico ser altamente solúvel em água, portanto, ao longo dos meses, o mesmo pode ter gradativamente lixiviado.

Tabela 9 – Estimativas dos parâmetros referentes ao modelo gama ajustado para a perda de massa (%).

Efeito	Estimativa	Valor-p
Constante	0,4702	0,0001
Tratamento2	-0,0092	0,6463
Tratamento3	-0,0198	0,3009
Tempo90	-0,1115	0,0341
Tempo135	-0,1731	0,0006
Tempo180	-0,0884	0,0997
Tempo225	-0,1452	0,0053
Tempo270	-0,2735	0,0001
Tempo315	-0,0848	0,1237
Tempo360	-0,3470	0,0001
Bloco2	-0,0218	0,3587
Bloco3	0,02656	0,3390
Bloco4	-0,0029	0,9161
Bloco5	0,1823	0,0001
Bloco6	0,0530	0,0775
Bloco7	0,0212	0,4349

Fonte: O autor (2021).

Além disso, nota-se (Tabela 9) que o Bloco 5 foi significativo na redução da perda de massa ao nível de significância de 5%. Na investigação deste resultado, notou-se que este bloco estava localizado na parte mais inferior do terreno, onde o experimento foi implantado. Essa era uma área propícia para o acúmulo de água, implicando na maior dessorção dos taninos presentes nos corpos de prova, tornando-os altamente sujeitos à degradação por fatores intempéricos, principalmente os cupins xilófagos.

5 CONCLUSÕES

Nesse estudo foi possível concluir que os experimentos de extração de taninos condensados que obtiveram os melhores resultados foram os que utilizaram condições de 30 g/L, 75 minutos e temperatura de 70 °C na extração, resultando em um rendimento médio de 6,06 % (g de TC/100 g de bráctea).

O extrato das brácteas representado pelo tratamento T1, obteve uma retenção média de 0,82 kg/m³. Já o extrato diluído em 50 %, referente ao tratamento T2, foi encontrado um valor médio de retenção nos corpos de prova de 0,48 kg/m³.

Em relação a perda de massa dos corpos de prova, verificou-se que o tratamento T1 apresentou uma menor redução (valor-p <5%) na comparação com os demais tratamentos. O tratamento controle (T3) apresentou a maior perda de massa em média durante o experimento, enquanto o tratamento 1 e 2 apresentaram grande redução de massa quando os cupins xilófagos se instalaram nesses materiais, nos tempos 225, 270, 315 e 360 dias.

De modo geral, os extratos tânicos das brácteas são promissores na preservação da madeira e no controle de perda de massa de corpos de prova de *Pinus taeda*, no entanto, é necessário que esta substância seja aplicada com algum outro produto que proporcione uma maior fixação dos taninos condensados o que poderia aumentar sua ação ao longo do tempo.

Assim, são favoráveis no sentido que as brácteas do pinhão atualmente não possuem utilização, sendo um material vegetal descartado, mas que possui na sua composição, substâncias fenólicas capazes de proteger a madeira, ainda que de forma parcial.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, H. S; SAADI, K. A; IBTIHAL, A. J. Boron Removal by adsorption onto Different Oxides. **Journal of Engineering**, United States, v. 19, n. 8, p. 970-977, sept. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2005.07.023>. Disponível em: <https://www.iasj.net/iasj/download/7a4e7562fcbb6907>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.; **NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ACHMAD, M. A.; SOEKARNO, B. P. W.; WITARTO, A. B. Effects of tannin to control leaf blight disease on *Toona sureni* merr. caused by two isolates of *Rhizoctonia* sp. **Plant Pathology**, Korea, v. 14, n. 3, p. 148-152, june. 2015. DOI: 10.3923/ppj.2015.148.152. Disponível em: <https://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ppj/2015/148-152.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- ALMEIDA, A. S. **Influência da impregnação contra demanda biológica em propriedades físico-mecânicas de madeiras tropicais brasileiras**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- ALMEIDA, T. D. de.; MAI, B. F.; PUGET, F. P. Extração de tanino condensado da casca do café conilon e uso deste como coagulante para remoção de turbidez da água. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 1649-1656, jun. 2016. DOI: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_148. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/engenharias/extracao%20de%20tanino.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- ANTTILA, A. K.; PIRTTILA, A. M.; HAGGMAN, H.; HARJU, A.; VENALAINEN, M.; HAAPALA, A.; HOLMBOM, B.; JULKUNEN-TIITTO, R. Condensed conifer tannins as antifungal agents in liquid culture. **Holzforschung**, Finland, v. 67, n. 7, p. 825-832, feb. 2013. DOI: 10.1515/hf-2012-0154. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259266403_Condensed_conifer_tannins_as_antifungal_agents_in_liquid_culture. Acesso em: 24 maio. 2020.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for Copper**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services. ATSDR, 2004.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for Chromium**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR. **Anuário Estatístico de Base Florestal para o estado de Santa Catarina 2019, (Ano base 2018)**. Santa Catarina: ACR, 2019. 118 p.

BAHIA, M. S. **Biodeterioração e a durabilidade da madeira: Estudo de aspectos construtivos em Campo Mourão-PR.** 2015. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

BERTOLINI, M. S. **Emprego de resíduos de *Pinus taeda* sp tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

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

BOSSARDI, K. **Tall Oil e seus subprodutos: Alternativas como preservantes para madeira.** 2014. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

BRUM, R. B. C. S. **Efeito de óleos essenciais no controle de fungos fitopatogênicos.** 2012. Dissertação (Mestrado) Curso de Engenharia Agrônômica. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2012.

CALEGARI, L.; LOPES, P. J. G.; SANTANA, G. M.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, E.; GATTO, D. A. Eficiência de extrato tânico combinado ou não com ácido bórico na proteção da madeira de *Ceiba pentandra* contra cupim xilófago. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 1, p. 43-52, nov. 2014.

CARMO, S.N., MERIB, J., DIAS, A.N., STOLBERG, J., BUDIZIAK, D., CARAZEK, E. A low-cost biosorbent-based coating for the highly sensitive determination of organochlorine pesticides by solid-phase microextraction and gas chromatography-electron capture detection. **J. Chromatogr. A**, Santa Catarina, v. 1525, p. 23-31, oct. 2017. DOI: 10.1016/j.chroma.2017.10.018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967317315029#!>. Acesso em: 17 maio. 2020.

CARVALHO, D. E.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; CADEMARTORI, P. H. G. de.; JUIZO, C. G. F.; MARTINS, A. P. M. Resistência e rigidez da madeira de espécies florestais submetidas a campo de apodrecimento. **Advances in Forestry Science.**, Cuiabá, v. 6, n. 1, p. 535-540, mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v6i1.7242>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/7242>. Acesso em: 21 set. 2020.

CASTEJON, F. V. **Taninos e saponinas.** Seminário apresentado junto à disciplina Seminários Aplicados. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

CASTRO, V. G.; GUIMARÃES, P. P. **Deterioração e preservação da madeira**. 1. ed. Mossoró: Editora EDUFERSA, 2018.

CAVALCANTE, J. P. L.; REINALDO, L. M. Modelos lineares generalizados (MLG's) e sua aplicação em ciências atuariais. *In: VIII SIMPÓSIO DE ATUÁRIA*, 8., 2019, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: UFC, 2019.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. Diagnostics for heteroscedasticity in regression. **Biometrika**, Oxford, v. 70, n. 1, p. 70, 1-10, apr. 1983. DOI: <https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.1>. Disponível em: <https://academic.oup.com/biomet/article-abstract/70/1/1/240227?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 04 abr. 2020.

CORDEIRO, G. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. Modelo Linear Generalizado. *In: CORDEIRO, GAUSS. Modelos Lineares Generalizados e Extensões*. São Paulo: ESALQ/USP, 2013. p. 23-24.

COSTA, A. R. T.; AMARAL, M. F. Z. J.; MARTINS, P. M.; PAULA, J. A. M.; FIUZA, T. S.; RESVENZOL, L. M. F.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 240-245, abr. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722011000200018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbpm/v13n2/v13n2a18.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2020.

DAMASCENO, C. C. **Potencial Termicida *in vitro* do Extrato do Fungo Amazônico *Pycnoporus sanguineus* (L.F.) MURR em *Nasutitermes tatarandae* (Holmgren) (Termitidae)**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Curso de Biotecnologia e Recursos Naturais. Universidade do Estado do Amazonas, Amazonas, 2010.

DAROLT, L. M.; HELM, C. V. Caracterização da composição química e compostos fenólicos do pinhão. *In: XI Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas*, 11., 2013, Colombo. **Anais** [...]. Colombo: Embrapa Florestas, 2013

SILVA, S. M da.; KOEHNLEIN, E. A.; BRACHT, A.; CASTOLDI, R.; MORAIS, G. R de.; BAESSO, M. L.; PERALTA, R. A.; SOUZA, C. G. M de.; SÁ-NAKANISHI, A. B. de.; PERALTA, R. M. Inhibition of salivary and pancreatic α -amylases by a pinhão coat (*Araucaria angustifolia*) extract rich in condensed tannin. **Food Research International**, Canadá, v. 56, p. 1-8, feb. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913006583?via%3Dihub#ab0015>. Acesso em: 21 jan. 2021.

ELIAS, G. A.; SANTOS, R. Produtos florestais não madeiros e valor potencial de exploração sustentável da floresta atlântica no Sul de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 249-262, mar. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509821117>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cflo/v26n1/0103-9954-cflo-26-01-00249.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2020.

FERRARINI, S. F *et al.* Classificação de resíduos de madeira tratada com preservativos à base de arseniato de cobre cromatado e de boro/flúor. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 1767-1771, ago. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000900012>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000900012&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 02 nov. 2019.

GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. **Processos práticos para preservar a madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. (Embrapa Florestas. Documentos, 96).

GOMES, M. R., ROGERO, M. M., TIRAPGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 11, n. 5, p 262-266, jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922005000500003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbme/v11n5/27585.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2020.

GONÇALVES, C. L. **Bacteriostasia, citotoxicidade, atividade antioxidante e sinergismo com antibacterianos comerciais de plantas bioativas com indicativo medicinal**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Veterinária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014

GONÇALVES, G. F. **Avaliação das atividades citotóxica e genotóxica de taninos de *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir. (Mimosaceae)**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produtos Naturais e Sintéticos Biotivos. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

GRESS, J.; OLIVEIRA, L. M de.; SILVA, E. B de.; LESSL, J. M.; WILSON, P. C.; TOWNSEND, T.; MA, L. Q. Cleaning-induced arsenic mobilization and chromium oxidation from CCA-wood deck: Potential risk to children. **Environment International**, Florida, v. 82, p. 35-40, may. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.04.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412015001038>. Acesso em: 25 jun. 2020.

HASLAM, E. Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible modes of action, **Journal of Natural Product and Plant Resources**, United States, v. 59, n. 2, p. 205-215, july. 1996. DOI: 10.1021/np960040+. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/np960040%2B>. Acesso em: 14 abr. 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório anual IBA 2020 ano base 2019**. São Paulo: IBÁ, 2020. 66 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório anual IBA 2018 ano base 2017**. São Paulo: IBÁ, 2018. 6 p.

International Programme on Chemical Safety. **Coal tar creosote**. Geneva, Switzerland: World Health Organization. IPCS, 2004.

JÁCOME, C. C. **Anatomia macroscópica de madeiras comercializadas no município de São João Evangelista–MG**. 2019. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Florestal. Instituto Federal de Minas Gerais, São João Evangelista, 2019.

KABU, M.; AKOSMAN, M. S. Biological Effects of boron. **Reviews of Environmental contamination and toxicology**. Amsterdam, v. 225, p. 57-75, mar. 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-6470-9_2. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4614-6470-9_2. Acesso em: 01 dez. 2020.

KHODDAMI, A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. **Molecules**, Switzerland, v. 18, n. 2, p. 2328-2375, feb. 2013. DOI: 10.3390/molecules18022328. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/18/2/2328/htm>. Acesso em: 05 set. 2020.

KOEHNLEIN, E. A.; CARVAJAL, A. E. S.; KOEHNLEIN, E. M. Antioxidant Activities and Phenolic Compounds of Raw and Cooked Brazilian Pinhão (*Araucaria angustifolia*) Seeds. **African Journal of Food Science**, Africa, v. 6, n. 21, p. 512-518, nov. 2012. DOI: 10.5897/AJFS12.128. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/5B2DA6B12188>. Acesso em: 17 abr. 2020.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. 1. ed. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, Campinas, vol. 7, n. 2, p. 1-8, jul. 2007. DOI: 10.1590/S1676-06032007000200027. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?thematicreview+bn04007022007>. Acesso em: 10 dez. 2020.

MACEDO, G. B. **Estabilidade e tratamento de taninos condensados**. 2015. TCC (Graduação) – Curso em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MANTOVANI, A. **Composição química de solos contaminados por cobre: formas, sorção e efeito no desenvolvimento de espécies vegetais**. 2009. Tese (Doutorado) – Curso em Engenharia Agrônômica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARTINS, R.O. **Desenvolvimento de uma nova metodologia MISPE para extração de Taninos**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Curso de Química. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

MATIAS, C. A.; OLIVEIRA, L. J. G. G.; GEREMIAS, R.; STOLBERG, J. Biosorption of rhodamine B from aqueous solution using *Araucaria angustifolia* sterile bracts. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, Ciudad de México, v. 36, n. 1, p. 97-104, mar. 2020. DOI: 10.20937/RICA.2020.36.53282. Disponível em: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2020.36.53282/46942>. Acesso em: 17 maio. 2020.

MATOS, W. O.; NÓBREGA, J. A.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A. Especificação redox de cromo em solo acidentalmente contaminado com solução sulfocrômica. **Química Nova**. São Paulo, v. 31, n. 6, p. 1-5, ago. 2008. DOI: 10.1590/S0100-40422008000600032. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a32v31n6.pdf>. Acesso em: 17 maio. 2020

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Produtos Madeireiros e Não Madeireiros**. Brasília-DF, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/footer>. Acesso em: 27 jan. 2021.

MODES, K. S.; BELTRAME, R.; VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; SOUZA, J. T. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 579-589, jul./set. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050983816>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/3816/2253>. Acesso em: 22 jun. 2020

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. O.; ARAÚJO, E. L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892-896, abr. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000500029>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v28n5/25920.pdf>. Acesso em: 03 set. 2020.

MORAES, S. A. **Otimização do processo de extração de taninos a partir da espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Curso de Química e Biotecnologia. Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2019.

MORAIS, A. **REMADE**. Produtos para tratar madeira previnem perdas. [S.l.]. REMADE, 2008. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1332. Acesso em: 15 jul. 2020.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. 4. ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Setor de Ciências Agrárias/UFPR, 2013.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. (1972). Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, United Kingdom, v. 135, n. 3. p. 370-384. 1970. DOI: <https://doi.org/10.2307/2344614>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2344614>. Acesso em: 27 fev. 2021.

NOGUEIRA, T. L. **Otimização de uma mistura de solventes para extração de compostos fenólicos antioxidantes a partir dos frutos de *Muntingia calabura* L.** 2019. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

OLIVEIRA, G. A.; RODRIGUES, R.S.; STOLBERG, J. Biosorção de eosina Y por brácteas estéreis de *A. angustifolia*. In: II CONGRESSO DE AGUA, AMBIENTE Y ENERGÍA, 2., 2019, Montevideo. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; LUCIA, R. M. D.; SOUZA JÚNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, sept./oct. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000500017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n5/a17v29n5.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2021.

PAULA, G. F. **Modelos de regressão com apoio computacional**. 1. ed. São Paulo: USP, 2013.

PEÇANHA, A. C. **Eficiência do enriquecimento do óleo de soja reutilizado com iodo sublimado na resistência da madeira de *Pinus elliottii* a fungos xilófagos**. 2015. Monografia (TCC) – Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2015.

PORTER, L. J. Structure and chemical properties of the condensed tannins. *In*: HEMINGWAY, R.W.; LAKS, P.E. (Ed.) **Plant polyphenols: synthesis, properties, significance**. New York, 1992, p. 245–258.

PORTER, L.J.; HRSTICH, L.N.; CHAN, B.G. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyaniding and delphinidin. **Phytochemistry**, United States, v.25, n.1, p. 223-230, june. 1986. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)94533-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)94533-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942200945333>. Acesso em: 14 set. 2019.

POTTER, R. O. *et al.* **Solos do Estado de Santa Catarina**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

POYER, A.; SCHAEFER, L.; TEIXEIRA, S. D.; ROCHA, R, D, C. Obtenção de Tanino a partir de extrato hidroalcoólico de folhas e flores de *Lippia alba*. **Synergismus. scyentifica**. UTFPR, Pato Branco, v. 10, n. 1, p. 140-151, abr. 2015. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/1907/1313>. Acesso em: 12 de abr. 2020.

QUEIROZ, C. R. A. A.; MORAIS, S. A. L de.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 493-497, jun. 2002. DOI: 10.1590/S0100-67622002000400011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n4/a11v26n4.pdf> .Acesso em: 09 abr. 2020.

RAITZ, J. G. P. LIMA.; ZIELINSKI, A. A. F.; ZARDO, D. M.; NOGUEIRA, A.; ALBERTI, A. Otimização da extração dos compostos fenólicos de brácteas estéreis de *Araucaria angustifolia*. *In*: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26., 2017, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2017.

RAMÍREZ, M. G. L.; RUIZ, H. G. O.; ARZATE, F. N.; GALLEGOS, M. A. C.; ENRIQUEZ, S. G. Evaluation of fungi toxic activity of tannins and a tannin-copper complex from the mesocarp of *Cocos nucifera* Linn. **Wood and Fiber Science**, United States, v. 44, n. 4, p. 357-364. jan. 2012. Disponível em: <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2136/2136>. Acesso em: 21 jan. 2020.

RAVASI, R. **Métodos de preservação da madeira e seus preservativos**. 2011. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2011.

ROBALLO, E.; BORGES R. E.; FINATTO, M. S.; GONÇALVES T. M.; SILVA, L. D. Tratamento preservativo de madeira de *Pinus elliottii* com resíduos de carvão mineral. In: X Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 10., 2018, Bagé. **Anais [...]**. Bagé: Unipampa, 2018.

RODRIGUES, C. G. **Atividade antibacteriana de taninos extraídos de folhas de *Psidium guineense* Sw. (MYRTACEAE)**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros Unimontes, Montes Claros, 2008.

RODRIGUES, N. D.; LELIS, R. C. C.; NASCIMENTO, A. M.; CARDOSO, J. C. Otimização do processo de extração de taninos de *Pinus oocarpa* para manufatura de adesivos para madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 1013-1020, dez. 2015. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v43n108.24](https://doi.org/10.18671/scifor.v43n108.24). Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr108/cap24.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SANTOS, A. A. **Óleos essenciais e seus constituintes para o controle de *Cryptotermes brevis* e *Nasutitermes corniger*: vias de exposição e respostas comportamentais**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

SANTOS, R. S.; SANTOS, R. X.; MARISCO, G. Avaliação da atividade genotóxica, citotóxica e antimicrobiana da infusão das folhas de *Spondias purpurea* L. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 13, n. 3, p. 1-9, mar. 2017. DOI: [10.14808/sci.plena.2017.039901](https://doi.org/10.14808/sci.plena.2017.039901). Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/3172/1664>. Acesso em: 30 jun. 2020.

SARTORI, C. J.; MORI, F. A.; VALLE, M. L. A.; MENDES, L. M.; PROTÁSIO, T. P. Rendimento gravimétrico em taninos condensados nas cascas de *Anadenanthera peregrina* em diferentes classes diamétricas. **CERNE**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 239-244, jun, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760.201420021512>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602014000200009&lng=en&nrm=iso. Acesso em 16 Mar. 2021.

SETA S/A, Resumo Público, Plano de Manejo Florestal. 2020. Disponível em: <https://setaonline.com/2019/wp-content/uploads/2020/07/Resumo-P%C3%BAblico-Plano-de-Manejo-2020.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2021.

SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; KULCZYNSKI, S. M.; TREVISAN, R. Atividade antifúngica do extrato natural da acácia-negra à *Pycnoporus sanguineus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 383-391, jun. 2017. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.14](https://doi.org/10.18671/scifor.v45n114.14). Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr114/cap14.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

SINGH, T.; SINGH, A. P. A review on natural products as wood protectant. **Wood Science and Technology**, New Zealand, v. 46, n. 5, p. 851-870, nov. 2011. DOI: 10.1007/s00226-011-0448-5. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257376517_Singh_T_Singh_AP_A_review_on_natural_products_as_wood_protectant_Wood_Sci_Technol. Acesso em: 16 jan. 2021.

SOUSA, A. D. **Otimização da extração de taninos da casca do cajueiro**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Química. Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2013.

SOUSA, T. B. **Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência e Tecnologia da Madeira. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SOUZA, R. V. **Aspectos ambientais e de custo de produção do sistema plataforma em madeira para habitação de interesse social: estudo de caso em Florianópolis**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SOUZA, T. M.; SACZK, A. A.; MAGRIOTIS, Z. M.; PEREIRA, R. A.; PINTO, F. M.; FERREIRA, A. F. F.; ANDRADE, T. C. Recuperação e Aplicação do Dicromato de Potássio Proveniente do Resíduo de Sulfocrômica. **Revista Virtual de Química**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 453-466. fev. 2014. DOI: 10.5935/1984-6835.20140031. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v6n2a19.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

SOUZA, R. V.; DEMENIGHI, A. L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 84-92, mar 2017. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2017.v3.n1.84-92>. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1824/1060>. Acesso em: 05 maio. 2020.

TANAGRO S/A, Relatório Público de Certificação, Certificação Manejo Florestal. 2013. Disponível em: https://certification.bureauveritas.com.br/media/61194/tanagro_tanac_manejo_florestal.pdf. Acesso em: 16 fev. 2021.

TORRES, P. M. A.; PAES, J. B.; LIRA FILHO, J. A.; NASCIMENTO, J. W. B. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 275-282, abr./jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000200016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cerne/v17n2/v17n2a16.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2020.

TREVISAN, H.; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Paraná, v. 38, n. 1, p. 33-41, jan./mar. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v38i1.11025>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/11025/7476>. Acesso em: 30 dez. 2020.

United States Environmental Protection Agency. **Evaluation of the effectiveness of coatings in reducing dislodgeable arsenic, chromium, and copper from CCA treated wood**. Washington, DC: Environmental Protection Agency: USEPA, 2008.

VIANNA, J. S.; FERREIRA, M. I. P.; SARAIVA, V. S. B.; MACHADO, P. V. L. Contaminação do solo por creosoto em uma Unidade de Conservação de Proteção Integral: o caso da Reserva Biológica União – RJ/Brasil. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 131-153, jul./dez. 2016. DOI: 10.19180/2177-4560. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/7618>. Acesso em: 20 jan. 2021.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; JANKOWSKI, I. P. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-509820152505257>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cflo/v25n1/0103-9954-cflo-25-01-00257.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2020.

VIVIAN, M. A.; GROSSKOPF, E. J.; NUNES, G. C.; ITAKO, A. T.; MODES, K. S. Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 19, n. 1, p. 35-47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711912020035>. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/14720/pdf>. Acesso em: 14 dez. 2020.

WENDLING, I.; ZANETTE, F. **Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

ZIGLIO, A. C. **Oleoresina de capsaicina como preservante natural de madeira de Pinus sp. Contra a ação de fungos de podridão branca e de podridão mole**. 2015. Tese (Doutorado) – Curso de Ciência e Engenharia de Materiais. Instituto de Física de São Carlos, São Carlos, 2015.

APÊNDICE A – Análise preliminar dos dados estatísticos

Tabela 10 – Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação dos dados de perda de massa em (%) para os tratamentos ao longo do tempo.

TEMPO	Tratamento	Média	Desvio Padrão	CV %
45	T1	1,8610	0,5759	0,3094
	T2	2,0392	0,5451	0,2673
	T3	2,2163	0,3809	0,1719
90	T1	2,0410	0,2988	0,1464
	T2	2,7684	1,0317	0,3727
	T3	3,1413	0,8877	0,2826
135	T1	2,9659	0,5321	0,1794
	T2	2,9157	0,6808	0,2335
	T3	3,6599	0,5143	0,1405
180	T1	1,9759	0,5138	0,2600
	T2	2,4671	1,1885	0,4817
	T3	3,0421	1,6560	0,5444
225	T1	4,5348	3,0870	0,6807
	T2	4,2268	4,7055	1,1132
	T3	2,7456	1,3839	0,5040
270	T1	4,9989	1,8509	0,3702
	T2	4,9018	1,8416	0,3757
	T3	4,3507	2,2500	0,5172
315	T1	3,6585	2,9603	0,8091
	T2	4,1857	4,3640	1,0426
	T3	2,2757	1,9773	0,8689
360	T1	9,9714	10,1231	1,0152
	T2	7,0328	3,3369	0,4744
	T3	7,9716	3,2010	0,4016

Fonte: O autor (2021).