

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
STÉFANE COELHO DE ANDRADE**

**EFEITO DA BIODETERIORAÇÃO CAUSADA POR *Schizophyllum* sp. EM
MOURÕES DE EUCALIPTO**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2019**

STÉFANE COELHO DE ANDRADE

**EFEITO DA BIODETERIORAÇÃO CAUSADA POR *SCHIZOPHYLLUM* sp. EM
MOURÕES DE EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais - Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Caroline Junqueira Sartori

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

A543e
2020 Andrade, Stéfane Coelho de.

Efeito da biodeterioração causada por *Schizophyllum* sp. em mourões de eucalipto/
Stéfane Coelho de Andrade. – 2020.
25fl; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João
Evangelista, 2020.

Orientadora: Dra. Caroline Junqueira Sartori.

1. Madeira. 2. Durabilidade natural. 3. Agentes deterioradores. I. Stéfane Coelho de
Andrade. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –
Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 634.97342

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais.
Campus São João Evangelista.
Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

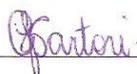
STÉFANE COELHO DE ANDRADE

**EFEITO DA BIODETERIORAÇÃO CAUSADA POR *SCHIZOPHYLLUM* sp. EM
MOURÕES DE EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus
São João Evangelista como exigência parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

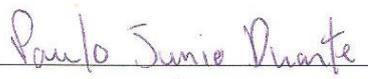
Aprovada em: 16 / 12 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Profa. Dra. Caroline Junqueira Sartori

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Me. Paulo Junio Duarte

Universidade Federal de Lavras



Me. Marina Rates Pires

Universidade Federal de Lavras



Profa. Dra. Natália Risso Fonseca

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me conduzir e abençoar, dando-me força em cada fase deste caminho. Ao Instituto Federal de Minas Gerais - *campus* São João Evangelista pela acolhida durante esses 5 anos. Agradeço aos mestres por todos os anos de ensinamentos e dedicação. Em especial, agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Caroline Junqueira Sartori pela confiança, pelos conhecimentos transmitidos e por me guiar durante esta jornada. Também à banca examinadora pelo apoio. Agradeço a todos os amigos e amigas da faculdade, em especial Rosiane, Igor, Gleiciane e Luisa que tanto me auxiliaram durante a execução deste trabalho. Por fim, agradeço aos familiares pelo suporte e carinho

À todos que contribuíram para essa conquista, a minha gratidão!

RESUMO

A madeira, está sujeita à ação de agentes deterioradores, com destaque para os fungos apodrecedores que a utilizam como principal fonte de alimento, causando danos em sua estrutura. Um parâmetro que determina a resistência da madeira à ação desses agentes é a sua durabilidade natural, parâmetro este que pode variar tanto entre espécies quanto dentro de uma mesma árvore. O tratamento preservante é uma alternativa para a utilização de espécies que apresentem baixa durabilidade natural, como por exemplo espécies do gênero *Eucalyptus*. De tal forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da biodeterioração causada pelo fungo xilófago *Schizophyllum* sp. em mourões de eucalipto tratados e não tratados, em condições controladas de laboratório. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 2x2 (com e sem tratamento preservante x alburno e cerne) contendo 5 repetições. Corpos de prova foram submetidos à ação do fungo *Schizophyllum* sp. e mantidos em incubadora B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) por 12 semanas. Após este período determinou-se a perda de massa para classificação da resistência da madeira ao fungo xilófago. O alburno sem tratamento preservante foi a posição mais deteriorada, sendo classificado como Resistente ao ataque do fungo, enquanto os demais tratamentos foram classificados como Muito Resistentes. Os resultados obtidos sugerem a necessidade de tratamento preservativo de mourões de eucalipto visando o aumento de sua durabilidade à ação de organismos xilófagos.

Palavras-chave: madeira; durabilidade natural; agentes deterioradores.

ABSTRACT

Wood is subject to the action of spoilage agents, especially rotting fungi that use it as the main food source, causing damage to its structure. A parameter that determines the resistance of wood to the actions of these agents is its natural durability, a parameter that can vary between species and within the same tree. Preservative treatment is an alternative for the use of species with low natural durability, such as species of the genus *Eucalyptus*. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of biodeterioration caused by xylophagous fungus *Schizophyllum* sp. on treated and untreated eucalyptus posts under controlled laboratory conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 2x2 factorial arrangement (with and without preservative treatment x sapwood and heartwood) containing 5 replications. Specimens were submitted to the action of the fungus *Schizophyllum* sp. and kept in a B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) for 12 weeks. After this period the mass loss was determined to classify the wood resistance to the xylophagous fungus. The sapwood without preservative treatment was the most deteriorated position, being classified as Resistant to fungal attack, while the other treatments were classified as Very Resistant. The obtained results suggest the necessity of preservative treatment in eucalyptus posts aiming to increase its durability to the action of xylophagous organisms.

Keywords: wood; natural durability; spoilage agents.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1	DETERIORAÇÃO DA MADEIRA	7
2.2	AGENTES BIODETERIORADORES.....	10
2.2.1	Fungos apodrecedores de madeira	10
2.3	PRESERVAÇÃO DA MADEIRA	11
2.3.1	Produtos preservantes de madeira (CCA e CCB).....	13
3	METODOLOGIA	14
3.1	PROCEDÊNCIA DA MADEIRA, CONFECÇÃO E PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	14
3.2	INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	15
3.2.1	Preparo do substrato e frascos.....	16
3.2.2	Repicagem do fungo.....	16
3.2.3	Inoculação	17
3.2.4	Avaliação da perda de massa e durabilidade natural.....	18
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÕES	22
	REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

Com características físicas, químicas e mecânicas que a tornam apropriada a uma vasta gama de aplicações, a madeira é um material orgânico, natural, celular e de origem vegetal. Panshin e De Zeeuw (1970) dividem os componentes químicos da madeira em dois grandes grupos: aqueles que apresentam alta massa molecular os quais são a celulose, as hemiceluloses e a lignina, e os de baixa massa molecular que são os extrativos e as cinzas.

Por ser um material de origem orgânica, a madeira está sujeita à ação de agentes degradadores, principalmente aqueles de origem biológica, com destaque para os fungos apodrecedores que a utilizam como principal fonte de alimento (PINHEIRO, 2001).

A durabilidade natural da madeira é um parâmetro que determina a resistência à ação desses agentes deterioradores, fator que tem grande influência na determinação de seu uso, complementando o conhecimento das suas demais propriedades tecnológicas (MENDES; ALVES, 1988; PAES; MELO; LIMA, 2007; TREVISAN, 2006). Esta característica pode variar tanto entre espécies quanto dentro de uma mesma árvore (BOTELHO et al. 2000). Findlay (1985) apud Paes, Melo e Lima (2007) afirma que em algumas espécies, a madeira proveniente da porção interna do cerne, região mais próxima à medula, é menos resistente que a proveniente do cerne externo, região fronteira com o alburno. Porém, em algumas espécies mais duráveis, a região próxima à medula é tão resistente quanto a região externa do cerne, enquanto a madeira de alburno é susceptível à deterioração biológica por não conter extrativos tóxicos aos agentes deterioradores.

Devido a exploração intensiva de espécies com boa durabilidade natural, geralmente de florestas nativas, a utilização das espécies vindas de florestas plantadas e que possam ser submetidas ao tratamento preservante, torna-se uma alternativa promissora (BARILLARI, 2002; MAGALHÃES; PEREIRA, 2003). O uso destas espécies contribuiu para o combate ao desmatamento de florestas nativas, suprimindo as necessidades econômicas e minimizando a procura por madeira extraída de forma ilegal (FIGUEIREDO, 2016).

Provenientes de áreas de reflorestamento, espécies do gênero *Eucalyptus* são comumente utilizadas na forma de mourões por proprietários rurais. Pelo contato direto com solo e devido a sua baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos é

extremamente necessária a preservação dessas madeiras com o intuito de aumentar a sua vida útil, reduzir o consumo de material e os custos para substituição frequente das peças (PAES, 1991). A utilização inadequada da madeira e o conhecimento limitado dos métodos que aumentam sua vida útil geram prejuízos tanto aos produtores quanto aos consumidores (MORESCHI, 2013a; PINHEIRO, 2001).

Atualmente, na obtenção de quaisquer produtos madeireiros, tem-se dado prioridade à sua qualidade e ao seu custo final. Portanto, de acordo com Pinheiro (2001), são necessários investimentos em pesquisas que possam vir a trazer maiores conhecimentos a respeito das propriedades da madeira. Como resposta, seriam produzidas estruturas de madeira menos onerosas e com durabilidade comprovada.

Segundo Paes, Morais e Lima (2005) avaliar a resistência natural da madeira à organismos xilófagos é de suma importância, uma vez que estes são responsáveis pelas perdas que ocorrem nas estruturas da madeira. Ainda conforme os autores, para a avaliação da resistência natural da madeira a organismos xilófagos deve-se realizar testes acelerados em laboratório sob condições controladas, onde corpos de prova são submetidos à ação destes agentes.

De tal forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da biodeterioração causada pelo fungo xilófago *Schizophyllum* sp. em mourões de eucalipto tratados e não tratados, em condições controladas de laboratório.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DETERIORAÇÃO DA MADEIRA

Mendes e Alves (1988) afirmam que a madeira pode ser deteriorada de diversas maneiras, e destacam como causas principais o desgaste mecânico, a deterioração física, química e biológica. Calil Jr. et al. (2006) atribuem de forma simplificada a origem da deterioração da madeira a duas causas principais: agentes bióticos (vivos) e agentes abióticos (não vivos).

Na Tabela 1 estão apresentados os principais agentes bióticos e abióticos de deterioração da madeira.

Tabela 1: Principais tipos de agentes de deterioração da madeira. (continua)

Agentes de deterioração da madeira	
	Bactérias
	Fungos manchadores
	Fungos emboloradores
	Fungos apodrecedores
	Fungos de podridão parda ou cúbica
	Fungos de podridão branca ou fibrosa
	Fungos de podridão mole
Agentes bióticos	Fungos
	Térmitas isópteras (Cupins-de-madeira)
	Térmitas-de-madeira-seca
	Térmitas-de-madeira-úmida
	Térmitas-subterrâneos
	Térmitas-epígeos
	Térmitas-arborícolas
	Brocas-de-madeira
	Insetos
	Brocas que atacam árvores vivas
	Brocas que atacam árvores recém-abatidas
	Brocas que infestam a madeira durante a secagem
	Brocas de madeira seca
Formigas-carpinteiras	
Abelhas- carpinteiras	
Perfuradores marinhos	
Moluscos	
Teredinidae	
Crustáceos	
Pholadidae	
Limnoria	
Sphaeroma terebrans	
Agentes abióticos	Agentes Físicos
	Patologias de origem estrutural
	Instabilidade
	Remoção de elementos estruturais
	Fraturas incipientes
	Movimentos de nós e distorções
	Deformações, deslocamentos e flechas
	Presença de defeitos naturais
	Danos mecânicos
	Danos por animais silvestres
Danos por vandalismo	
Agentes Químicos	
Corrosão em ligações	
Efeito da corrosão na madeira	
Agentes Atmosféricos ou Meteorológicos	
Ação de luz ultravioleta	
Intemperismo	

Danos por inchamento e retração da madeira
Ações de vento nas estruturas
Raios atmosféricos

Danos devido ao fogo

Fonte: BRITO (2014).

Os agentes físicos e químicos atuam em conjunto com os agentes biológicos acelerando o processo de deterioração da madeira. A deterioração biológica da madeira ocorre através de organismos xilófagos, dentre eles, se incluem bactérias, fungos, insetos, moluscos e crustáceos, onde os fungos são os responsáveis pela maior proporção de danos causados à madeira por ocorrerem em maior frequência neste tipo de material. Estes organismos decompõem a madeira com a finalidade de utilizar parcial ou totalmente os seus componentes como fonte de energia (MORESCHI, 2013a). Segundo Silva (2005), tais organismos identificam na parede celular, polímeros naturais, os quais são fonte de nutrição e energia, que necessitam para sobreviver.

De uma maneira geral, a deterioração biológica pode causar perda de resistência mecânica na madeira e também perda de massa. O ataque por fungos, em específico, pode incluir sintomas como, mudança de coloração, mudança na densidade, mudança no cheiro e amolecimento da madeira, limitando assim sua utilização (MENDES; ALVES, 1988; BAHIA, 2015).

Panshin e De Zeeuw (1980) afirmaram haver uma diferença bem acentuada quanto à resistência natural do cerne e do alburno da madeira à organismos xilófagos, podendo ocorrer uma relação cerne/alburno bem variável entre espécies e até mesmo em uma única árvore. Paes (2002) correlaciona esta variação na resistência dentro da árvore à concentração dos extrativos tóxicos presentes no lenho. Na maioria das espécies, a região do cerne interno, formado quando a planta ainda é jovem, possui uma menor resistência natural do que a madeira do cerne externo (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980). Esta menor resistência é atribuída à perda de eficiência dos extrativos presentes no cerne ao longo do tempo, no entanto, nem todas as espécies apresentam esse comportamento, uma vez que madeiras mais resistentes possuem resistência equivalente entre o cerne interno e externo, enquanto o alburno é mais suscetível a deterioração (FINDLAY, 1985 apud ROSALEM, 2015) (Figura 1).

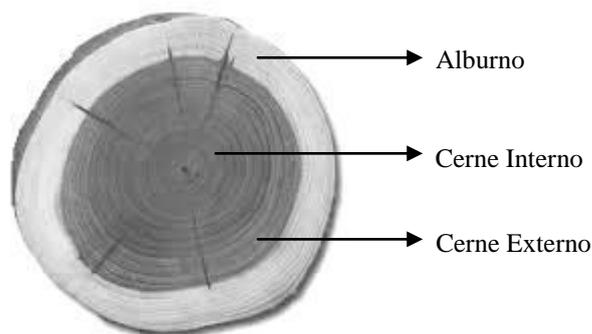


Figura 1 – Representação das posições internas da madeira. Fonte: Autora (2019).

2.2 AGENTES BIODETERIORADORES

Os agentes de origem biológica são considerados os principais deterioradores da madeira (CAVALCANTE, 1982 apud PINHEIRO, 2001). Segundo Florian (2013) os fungos e insetos são os principais agentes biológicos, responsáveis pela maioria das perdas em vários tipos de produtos florestais.

Com uma intensa atuação na deterioração da madeira, os fungos são incapazes de sintetizar seu próprio alimento, por este motivo, necessitam de materiais orgânicos e, para isso, utilizam a madeira como principal fonte de alimentação (PINHEIRO, 2001). A biodeterioração da madeira se inicia a partir da penetração da hifa fúngica no lúme da célula vegetal. Para se estabelecer, o fungo promove uma intensa secreção de metabólitos extracelulares, principalmente enzimas, que convertem os componentes da parede celular (celulose, hemiceluloses e lignina) em moléculas menores, capazes de serem transportadas através da membrana plasmática fúngica e adentrar ao metabolismo intracelular (CARVALHO et al., 2009).

Os fungos xilófagos causam mudanças na composição química da madeira, sendo classificados em fungos de podridão-branca, de podridão-parda ou de podridão-mole (PAES et al. 2001 apud TREVISAN; MARQUES; CARVALHO, 2007).

2.2.1 Fungos apodrecedores de madeira

De acordo com Rayner e Boddy (1988) apud Cruz (2017), os fungos apodrecedores de madeira foram reconhecidos no ano de 1924 e foram inicialmente separados em duas classes: uma responsável pela podridão branca e outra pela podridão parda na madeira. Em 1954, a podridão mole foi descrita como uma terceira classe de

apodrecimento. Em razão de sua capacidade de degradar ou modificar a lignina, os basidiomicetos, representantes da podridão parda e branca, são os principais responsáveis pelo apodrecimento da madeira (ERIKSSON et al., 1990; MARTÍNEZ, 2005 apud CRUZ, 2017).

Os fungos responsáveis pela podridão branca atacam uniforme e progressivamente a celulose, hemiceluloses e com maior relevância a lignina (LEPAGE et al. 1986 apud PINHEIRO, 2001). Conforme relatado por Moreschi (2013a), a madeira atacada por estes fungos perde o seu aspecto lustroso e sua cor natural, apresentando uma coloração esbranquiçada, em decorrência da destruição de seus pigmentos. Usualmente, linhas escuras demarcam o limite entre as regiões atacadas e não atacadas. A madeira atacada também sofre uma progressiva perda de massa e resistência, devido ao contínuo consumo da celulose, hemiceluloses e lignina. Alguns exemplos citados por Florian (2013) como importantes causadores de podridão branca são os fungos pertencentes aos gêneros *Coriolus*, *Polyporus* e *Ganoderma*. Sendo que Abreu et al. (2007) também destaca os gêneros *Pycnoporus* e *Schizophyllum*.

Os fungos causadores da podridão parda atacam predominantemente a celulose e hemiceluloses (CAVALCANTE, 1982 apud PINHEIRO, 2001). A lignina, apesar de não ser usada como nutriente, é alterada e degradada. Como efeito do apodrecimento, a madeira apresenta pequenas fissuras transversais e longitudinais às fibras em sua superfície, gerando um reticulado característico e tornando-a quebradiça devido à diminuição do tamanho e da espessura da parede celular (PINHEIRO, 2001). Segundo Moreschi (2013a) a madeira atacada por fungos de podridão parda, quando seca, apresenta o aspecto de estar levemente queimada, adquirindo coloração parda, daí o nome característico. Fungos dos gêneros *Lentinus*, *Lenzites* e *Poria* são exemplificados por Florian (2013) como os principais causadores de podridão parda.

2.3 PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

A preservação da madeira é a junção de técnicas, métodos, produtos e pesquisas que possuem o intuito de alterar, determinar ou estudar a durabilidade da madeira. Esta preservação pode ser separada em preservação natural, indireta, biológica ou química (CAVALCANTE, 1983 apud BARILLARI, 2002).

Citada por Pinheiro (2001) como o método mais conhecido e utilizado no campo da tecnologia da madeira, a preservação química é conceituada como a inserção de

produtos químicos dentro da estrutura da madeira, objetivando torná-la tóxica aos organismos que a utilizam como fonte de alimento (MORAES, 1996 apud BARILLARI, 2002).

No Brasil, além do uso obrigatório de madeira preservada em serviços de utilização pública como postes, cruzetas e dormentes, sua utilização é de suma importância também no setor rural, para mourões, estacas e instalações rurais. Sendo utilizada em grande volume para diversas finalidades, a madeira de *Eucalyptus* é um exemplo da necessidade de tratamento preservativo visando aumentar sua durabilidade à ação de organismos xilófagos (AMARAL, 2012).

Na visão de Pinheiro (2001), a preservação deve ser considerada como um investimento que irá trazer benefícios à madeira, como, conferir maior durabilidade para concorrer no mercado consumidor e, conseqüentemente gerar maior economia na utilização dos recursos florestais. Como exemplo, nos Estados Unidos, entre 1909 a 1974, a preservação química garantiu uma economia de quatro bilhões de árvores destinadas à produção de postes (HARTFORD, 1976 apud PINHEIRO, 2001).

Uma das formas bastante utilizada de preservação química da madeira é a substituição de seiva, devido sua fácil operacionalidade e baixo custo das instalações. Se trata de um método caseiro onde a preservação ocorre sem a aplicação de pressão na superfície do elemento de madeira e, devido a isso, a impregnação, por intermédio dos produtos químicos, atinge apenas regiões periféricas (LEPAGE et. al 1986 apud RAMOS et. al 2006; PINHEIRO, 2001).

Segundo Moreschi (2013b), o método de substituição de seiva é conduzido com o uso de madeira roliça de pequeno diâmetro, recém abatida e descascada, e geralmente indicada para usos como estacas ou mourões. É um procedimento realizado com as peças de madeira na posição vertical e com a base submersa na solução preservante, normalmente até a altura em que será enterrada, com o intuito de assegurar uma melhor proteção da região da peça que ficará em contato direto com o solo úmido e aerado, dessa forma a seiva presente no interior da madeira evapora pela extremidade livre, ao passo que o produto é succionado para o interior das peças (MODES et al. 2011; MORESCHI, 2013b).

Magalhães e Pereira (2003) mencionam o fato de este método sofrer a influência de fatores climáticos, tais quais a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, condições que acarretam em uma maior ou menor evaporação da seiva

existente na madeira e, conseqüentemente, em uma maior ou menor absorção do preservativo pela base.

Outro possível processo para preservação da madeira é por meio do método industrial que utiliza uma autoclave, também conhecido como método de Célula Cheia ou método de Bethel. Neste processo a alternância entre vácuo e pressão força o preservativo químico a entrar no alburno da madeira (JANKOWISKY, 1990; WEHR, 1985; LEPAGE et al. 1986 apud LIMA et al. 2014).

Neste tratamento, após a autoclave ser carregada com a madeira, é aplicada uma pressão negativa para a retirada do ar e da umidade das células da mesma. Posteriormente, sob alta pressão, os espaços vazios da autoclave e da madeira são preenchidos com o líquido preservante. Após esse processo a pressão no cilindro da autoclave é diminuída podendo então ser aplicado um curto vácuo para que o excesso de produto seja retirado (AMARAL, 2012).

A eficiência dos processos industriais de preservação da madeira, como o tratamento em autoclave, é determinada pelos seguintes fatores: grandes quantidades de madeira podem ser tratadas em um intervalo de tempo reduzido; maior uniformidade na distribuição do produto preservativo; o tempo de aplicação, retenção e penetração do produto na madeira é mais bem controlado (CAVALCANTE, 1982; LEPAGE et al. 1986; RAIMBAULT, 1983 apud PINHEIRO, 2001). Os mesmos autores mencionam o gasto com equipamentos e manutenção, mão de obra mais especializada e o transporte da madeira até a usina de tratamento como limitações dos processos industriais. Contudo Pinheiro (2001) destaca a inegável superioridade dos métodos de impregnação por pressão, principalmente em termos de qualidade e eficácia do tratamento, as quais são avaliadas pelas usinas por meio da penetração, retenção e fixação dos produtos.

2.3.1 Produtos preservantes de madeira (CCA e CCB)

Os produtos destinados à preservação de peças estruturais são agrupados por Mendes e Alves (1988), tomando como referência sua solubilização em óleo ou água, em duas categorias, podendo ser, óleosolúveis ou hidrossolúveis.

Amaral (2012) destaca a importância dos preservativos hidrossolúveis, correspondendo aos mais modernos produtos empregados atualmente. Pinheiro (2001) ressalta a relevância dos preservantes CCA e CCB dentre os hidrossolúveis.

O preservante CCA (arsenato de cobre cromatado) tem como ingredientes ativos o Cr_2O_3 (cromo), o CuO (cobre) e o As_2O_5 (arsênio) (BARILLARI, 2002). De acordo com Amaral (2012), a proporção desses componentes categoriza esse preservante em três tipos, A, B e C, sendo o tipo C registrado e liberado para comercialização em grande parte dos países, incluindo o Brasil. O tipo C é também o mais usado atualmente por garantir maior resistência à lixiviação e melhor desempenho no campo. Ensaio de campo realizados com madeira tratada com CCA relatam condições de uso mesmo após períodos entre 19 e 52 anos de exposição (COOPER et al. 1996; FREITAS, 2002 apud AMARAL, 2012).

A formulação do CCA-C é de 47,5% de cromo, 18,5% de cobre e 34% de arsênio (AMARAL, 2012). Segundo Freeman e McIntyre (2008) citados por Amaral (2012) o cobre tem a função de proteger a madeira contra fungos, o arsênio funciona como uma proteção complementar contra insetos e fungos tolerantes ao cobre, e por último o cromo serve para fixar o cobre e o arsênio na madeira.

O produto preservante CCB é uma alternativa ao uso do CCA, devido ao surgimento de preocupações com a exposição ao arsênio pela sua possível volatilização em ambientes com madeira tratada com CCA (MORESCHI, 2013c). Tendo como ingredientes ativos o CuO (cobre), o Cr_2O_3 (cromo) e o B (boro), o CCB (borato de cobre cromatado), deixa dúvidas em relação a sua resistência a lixiviação e eficiência no combate a insetos, a longo prazo (LEPAGE, 1986 apud BARILLARI, 2002). Moreschi (2013c) ressalta que, principalmente para madeiras instaladas ao tempo, e em contato com a água ou solo úmido por prazos prolongados, o CCB apresenta uma sensível perda na resistência à lixiviação. Entretanto em situações onde não há circunstâncias favoráveis a uma lixiviação rápida do produto ele é bastante eficaz.

3 METODOLOGIA

3.1 PROCEDÊNCIA DA MADEIRA, CONFECÇÃO E PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

O estudo foi conduzido nos Laboratórios de Fitopatologia e de Física e Mecânica da Madeira do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - campus São João Evangelista.

Para realização do presente estudo foram adquiridos, em usina localizada no município de Guanhães, cinco mourões de eucalipto tratados com o produto preservante CCA por meio do método de Célula Cheia e cinco mourões da mesma espécie sem receber o tratamento preservante.

Foram retiradas amostras da posição intermediária de cada mourão em duas posições radiais na madeira (1 - cerne e 2 - alburno). Os corpos de prova foram confeccionados nas dimensões 1,5 x 1,5 x 3,0 cm (radial x axial x tangencial) conforme ilustrado na Figura 2.

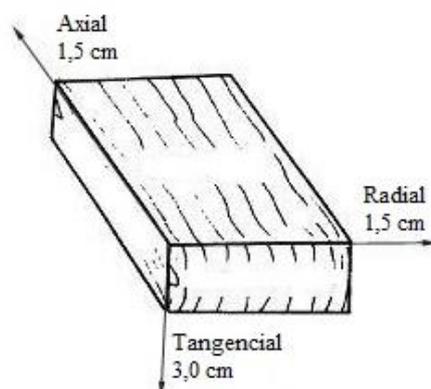


Figura 2 – Representação das dimensões dos corpos de prova. Fonte: Autora (2019).

As amostras confeccionadas permaneceram em estufa a 40°C (a fim de que não houvesse a perda do produto preservante), até atingirem massa constante e posteriormente tiveram sua massa inicial registrada através de balança analítica, para utilização nos cálculos de perda de massa da madeira. Antes de serem inoculados com o fungo xilófago, os corpos de prova foram esterilizados em autoclave à uma temperatura de $110 \pm 10^\circ\text{C}$ por um período de uma hora (CRUZ, 2017).

3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento com fungo xilófago foi realizado seguindo a metodologia descrita na norma ASTM D – 2017 (1994), com modificações na dimensão dos corpos de prova e no período de exposição ao fungo.

Nesta etapa, os corpos de prova foram avaliados com relação à perda de massa após possível deterioração pelo fungo xilófago *Schizophyllum* sp. obtido a partir de

culturas puras disponibilizadas pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

3.2.1 Preparo do substrato e frascos

Montou-se o ensaio em frascos de vidro transparente com tampas rosqueáveis e capacidade de aproximadamente 500 mL, os quais foram preenchidos com 300 g de solo macerado e peneirado para retirada de pedras e impurezas, e umedecido com água destilada, seguindo recomendações da ASTM D – 2017 (1994).

Cada frasco recebeu uma placa suporte de madeira de *Pinus* sp., medindo 0,3 x 3,0 x 3,0 cm (radial x tangencial x axial), servindo como um alimentador. Em seguida, os frascos foram autoclavados a uma temperatura de aproximadamente $121 \pm 2^\circ\text{C}$ por 30 minutos (CRUZ, 2017).

3.2.2 Repicagem do fungo

A repicagem foi realizada a fim de se obter maiores quantidades de material fúngico. Em capela de fluxo laminar horizontal, devidamente esterilizada, discos contendo micélios do fungo foram adicionados à placas de Petri com meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar) previamente autoclavadas, sendo destruídos um disco por placa (Figura 3). Após tal procedimento, as placas foram mantidas em incubadora de crescimento B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) a temperatura de $28 \pm 1^\circ\text{C}$, em fotoperíodo de 12 horas, por 15 dias, para que houvesse uma completa colonização da meio pelo fungo.



Figura 3 – Repicagem do fungo em capela de fluxo laminar horizontal. Fonte: Autora (2019).

3.2.3 Inoculação

A inoculação foi feita transferindo-se cinco discos de cultura com micélio, de aproximadamente 10 mm de diâmetro, para a placa suporte de Pinus, de maneira asséptica. Em seguida, os frascos contendo as placas alimentadoras inoculadas, foram levemente fechados e seguiram para a incubadora de crescimento (B.O.D.) sob temperatura de $28 \pm 1^\circ\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas, onde permaneceram por um período de 30 dias, necessários para o desenvolvimento do fungo nos alimentadores e para a colonização no solo.

Posteriormente, com o auxílio de uma pinça esterilizada, os corpos de prova foram inseridos nos frascos de vidro contendo a placa alimentadora com o fungo. Esse procedimento também foi realizado no interior da capela de fluxo laminar e foi disposto um corpo de prova por frasco (Figura 4A). Finalizado esse procedimento, os frascos retornaram a incubadora (Figura 4B), sob mesma temperatura e fotoperíodo citados anteriormente, onde permaneceram por um período de 12 semanas. Durante esse período trocou-se aleatoriamente os frascos de lugar, para que não houvesse nenhuma interferência do posicionamento no interior do equipamento, conforme descrito por Cruz (2017).



Figura 4 - (A) Frasco contendo um corpo de prova sobre a placa alimentadora com o fungo. (B) Frascos com o experimento na incubadora. Fonte: Autora (2019).

Junto com o ensaio foram mantidos frascos com corpos-de-prova preparados de forma idêntica aos anteriores, porém sem a presença do fungo, para avaliação da perda de massa operacional, empregada como fator de correção da perda de massa provocada pelo fungo testado na madeira. Dessa maneira, as perdas observadas foram atribuídas ao

ataque do fungo xilófago, e não a outros fatores operacionais (PAES; MELO; LIMA, 2007).

3.2.4 Avaliação da perda de massa e durabilidade natural

Decorridas as 12 semanas na incubadora (Figura 5A e 5B), com o auxílio de uma pinça retirou-se os corpos de prova dos frascos e os micélios aderidos a eles foram cuidadosamente removidos com o auxílio de uma escova seca. Da mesma maneira que houve a secagem inicial dos corpos de prova para obter sua massa, o mesmo processo foi repetido até a estabilização dos mesmos, a fim de determinar a massa final após o período de exposição ao fungo.

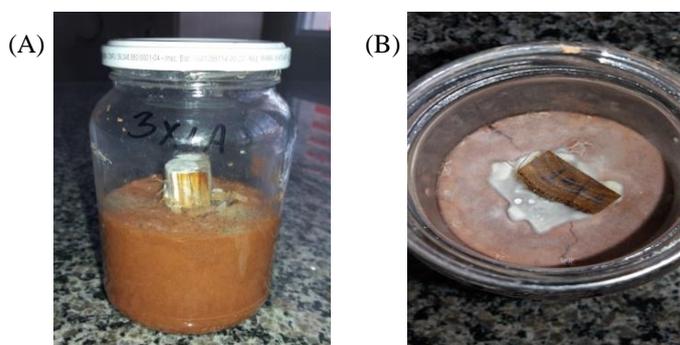


Figura 5 – (A e B) Frascos com o ensaio após 12 semanas.
Fonte: Autora (2019).

Obteve-se a perda de massa dos corpos de prova, ocasionada pelo ataque do fungo apodrecedor, a partir da Equação 1, bem como a massa residual, pela Equação 2.

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

$$MR = 100 - PM \quad (2)$$

Onde: PM: perda de massa, em %;

M_i : massa da amostra antes da exposição ao fungo xilófago, em g;

M_f : massa da amostra após a exposição ao fungo xilófago, em g;

MR: massa residual, em %.

Em seguida, classificou-se a durabilidade natural, bem como a durabilidade da madeira tratada a partir da tabela de classes de resistência (Tabela 2), determinada pela ASTM D – 2017 (1994).

Tabela 2: Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos

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

Fonte: ASTM (1994).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 2x2 contendo 5 repetições. Os seguintes fatores foram analisados: tratamento preservante (com e sem tratamento preservante); posição na direção medula–casca (alburno e cerne); e a interação entre os fatores.

Após o término da coleta e tabulação dos dados, os resultados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância, com posterior comparação de médias pelo teste t de Student ao nível de 5% de significância, através do software Sisvar (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise e avaliação dos ensaios após as 12 semanas de exposição das amostras de madeira ao fungo *Schizophyllum* sp., detectou-se pelo teste F, interação significativa entre os fatores (Tabela 3). Sendo assim, os fatores tratamento preservante e posição na direção medula–casca atuam de forma dependente sobre a perda de massa e massa residual.

Tabela 3: Análise de Variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
PRESERVANTE	1	170,61	170,61	11,31	0,004 *
POSIÇÃO	1	70,66	70,66	4,69	0,0459 *
PRESERVANTE*POSIÇÃO	1	109,94	109,94	7,29	0,0158 *
Erro	16	241,31	15,08		
Total corrigido	19	592,530783			
CV (%) =	67,04				
Média Geral:	5,79308	Número de observações:		20	

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 4 a seguir, são apresentados os resultados da comparação entre médias de perda de massa (PM) e massa residual (MR) para o fator tratamento preservante dentro de cada um dos níveis de posição na direção medula-casca.

Tabela 4: Comparação entre médias para o fator tratamento preservante dentro de cada nível de posição

Posição	Tratamentos	PM(%)		MR(%)	
Alburno	C/ trat	2,41	a1	97,59	a1
	S/ trat	12,94	a2	87,06	a2
Cerne	C/ trat	3,34	a1	96,66	a1
	S/ trat	4,49	a1	95,51	a1

*Teste t de Student a 5% de significância. As médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si.

PM: Perda de massa

MR: Massa residual

Observa-se que para a posição alburno as médias diferem entre si pelo teste t de Student para perda de massa e massa residual. Sendo assim, a presença de tratamento preservante resulta em uma melhor resistência da madeira de alburno em mourões de eucalipto.

Paes (2002), em estudo a respeito da resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* a fungos de podridão branca e parda, em condições de laboratório, observou que o ataque foi mais severo nos corpos-de-prova retirados do alburno, comportamento semelhante ao encontrado neste estudo.

Já para a posição cerne as médias não diferiram entre si pelo teste t de Student, o que segundo Paes, Melo e Lima (2007) pode estar relacionado aos extrativos presentes na madeira de cerne.

A Tabela 5 a seguir, apresenta os resultados da comparação entre médias de perda de massa (PM) e massa residual (MR) para o fator posição na direção medula-casca dentro de cada um dos níveis de tratamento preservante.

Tabela 5: Comparação entre médias para o fator posição dentro de cada nível de tratamento preservante

Tratamentos	Tratamentos	PM(%)		MR(%)	
C/ trat	Alburno	2,41	a1	97,59	a1
	Cerne	3,34	a1	96,66	a1
S/ trat	Cerne	4,49	a1	95,51	a1
	Alburno	12,94	a2	87,06	a2

*Teste t de Student a 5% de significância. As médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si.

PM: Perda de massa

MR: Massa residual

Verificou-se que, com o tratamento preservante, as médias das posições alburno e cerne não diferem entre si. Sgai (2000) afirma que, de uma forma geral, o alburno recebe melhor o tratamento preservativo devido a deposição de extrativos que obstruem as pontuações no cerne, logo pode-se concluir que a degradação ocasionada pelo fungo *Schizophyllum* sp. não apresentou diferença entre os tratamentos devido a toxicidade do tratamento preservante no alburno e dos extrativos no cerne.

As amostras sem tratamento preservante apresentaram diferença entre as médias, de modo que a madeira de alburno apresentou maior perda de massa e densidade, pelo fato dessa região mais externa da madeira ser mais susceptível à deterioração biológica.

Avaliando a resistência natural de madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos, Paes et al. (2005) verificou diferença significativa entre as posições, tendo o cerne da aroeira e da braúna, diferido do alburno, de modo que este apresentou maior perda de massa.

A Tabela 6 apresenta a classificação de cada um dos tratamentos de acordo com a resistência da madeira a fungos xilófagos.

Tabela 6: Classificação de resistência da madeira a fungos xilófagos

Tratamentos	PM(%)	MR(%)	Classes de resistência
Sem trat/Alburno	12,94	87,06	Resistente
Sem trat/Cerne	4,49	95,51	Muito resistente
Com trat/ Alburno	2,41	97,59	Muito resistente
Com trat/Cerne	3,34	96,66	Muito resistente

Apenas as amostras de alburno sem tratamento preservante foram classificadas como resistentes, todas as demais foram classificadas como muito resistentes. Resultado semelhante ao encontrado por Paes (2002) em estudo com *Corymbia maculata*, onde de modo geral, a madeira foi altamente resistente nas posições mais internas e resistente nas posições externas, aos fungos ensaiados.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que a biodegradação causada pelo fungo xilófago *Schizophyllum* sp. variou de acordo com o fato de haver ou não tratamento preservante e de acordo com a posição na direção medula-casca.

Sendo o alburno, a posição mais degradada quando sem tratamento preservante, o mesmo foi classificado como resistente ao ataque do fungo, enquanto os demais tratamentos foram classificados como muito resistentes.

Assim, verifica-se a necessidade de um tratamento preservativo em mourões de eucalipto a fim de que se evite a deterioração de peças em serviço, o que irá diminuir sua vida útil e onerar o custo de manutenção das construções.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. D. et al. Degradação da madeira de eucalyptus sp. por basidiomicetos de podridão branca. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.74, n.4, p.321-328, out./dez, 2007.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 2017: standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, v. 410, p. 324-328, 1994.
- AMARAL, L. S. **Penetração e retenção do preservante em Eucalyptus com diferentes diâmetros**. Lavras, MG, 2012. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras.
- BAHIA, M. S. **Biodeterioração e a durabilidade da madeira: estudo de aspectos construtivos em Campo Mourão-PR**. Campo Mourão, 2015. 106p. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento**. Piracicaba, SP, mar. 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo.
- BOTELHO, G. M. L. et al. Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de eucalyptos plantadas no Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 115-121, 2000.
- BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. São Carlos, 2014. 502p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo.
- CALIL Jr, C. et al. **Manual de projetos e construção de pontes de madeira**. São Carlos, 2006. 252p. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, W. et al. Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n.8, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000800033>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- CRUZ, P. C. P. **Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais nativas ao fungo apodrecedor *Trametes versicolor***. Curitiba, 2017. 46p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- FERREIRA, D. F. Programa SISVAR: Sistema de Análise de Variância. Versão 5.7 (Build 91). Lavras: DEX/UFLA. 2014.
- FIGUEIREDO, P. Os benefícios das florestas plantadas. **Portogente**, 2016. Disponível em: <<https://portogente.com.br/noticias/opiniao/91864-os-beneficios-das-florestas-plantadas>>. Acesso em: 27 dez. 2019.

FLORIAN, A. Preservante: principais agentes deterioradores de madeiras. **Revista da Madeira**, n.134, mar. 2013. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1652&subject=Preservante&title=Principais%20agentes%20deterioradores%20de%20madeiras>. Acesso em: 21 ago. 2018.

LIMA, F. C. C. et al. Tratamento de seis espécies de *Eucalyptus* spp., utilizando arseniato de cobre cromatado (CCA-C) em método industrial com autoclave. **Re.C.E.F.**, Garça, SP, v.23, n.1, p. 71-80, 2014.

MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA, J. C. D. **Método de substituição de seiva para preservação de mourões**. Colombo, PR, 2003. 5p. Comunicado Técnico – Embrapa.

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

MODES, K. S. et al. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.3, p. 579-589, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/3816>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

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

_____. **Biodegradação e preservação da madeira**: métodos de tratamento da madeira. 4. ed. Paraná, v. 3, abr. 2013b. 50p. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – Universidade Federal do Paraná.

_____. **Biodegradação e preservação da madeira**: preservativos de madeira. 4. ed. Paraná, v. 2, abr. 2013c. 50p. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – Universidade Federal do Paraná.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v.13, n.2, p. 160-169, 2007. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74413205>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.3, p. 365-371, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-67622005000300003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 28 ago. 2018.

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.26, n.6, p. 761-767, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n6/a12v26n6.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

- PAES, J. B. **Viabilidade do tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), por meio de métodos simples, e comparações de sua tratabilidade com a do *Eucalyptus viminalis* Lab.** Curitiba, 1991. 140p. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 3ed. **New York:** Mc Graw-Hill, 705p. 1970.
- PANSHIN, A. J.; De ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 4. ed. **New York:** McGraw- Hill, 722 p. 1980.
- PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira.** São Carlos, SP, 2001. 162p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo.
- RAMOS, I. E. C. et al. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) em ensaio de apodrecimento acelerado. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.5, p. 811-820, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010067622006000500015&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 28 ago. 2018.
- ROSALEM, G. **Resistência biológica da madeira de teca (*Tectona grandis*) a fungos xilófagos.** Jerônimo Monteiro, ES, 2015. 17p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo.
- SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras.** Campinas, 2000. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas.
- SILVA, J. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas.** Viçosa, MG, 2005. 140p. Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Viçosa.
- TREVISAN, H. **Degradação natural de toras e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais.** Seropédica, RJ, 2006. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- TREVISAN, H.; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. de. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n.1, p. 33-41, 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/11025/7476>>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- VIANA, R. F. **Análises físico-químicas e microbiológicas das águas do ribeirão São Nicolau Grande, no trecho da antiga usina hidrelétrica de São João Evangelista, Minas Gerais.** São João Evangelista, MG, 2014. 32p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Meio Ambiente) - Instituto Federal de Minas Gerais - Campus São João Evangelista.