

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Tarcisio Francisco de Camargo

**Resistência natural das madeiras de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus patula* Schltdl. &
Cham ao ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório**

Curitibanos

2019

Tarcisio Francisco de Camargo

**Resistência natural das madeiras de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus patula* Schltdl. &
Cham ao ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório**

Trabalho de 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.

Orientadora: Dra. Profª. Karina Soares Modes

Curitiba

2019

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

Camargo, Tarcisio Francisco

Resistência natural das madeiras de Liquidambar
styraciflua L. e Pinus patula Schlttdl. & Cham ao ensaio de
apodrecimento acelerado em laboratório / Tarcisio Francisco
Camargo ; orientadora, Karina Soares Modes, 2019.
38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Degradação biológica. 3.
Fungo xilófago. 4. Perda de massa. I. Soares Modes, Karina
. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Florestal. III. Título.

Tarcisio Francisco de Camargo

Resistência natural das madeiras de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus patula* Schltdl. & Cham ao ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório

Este Trabalho de 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, 29 de novembro de 2019.

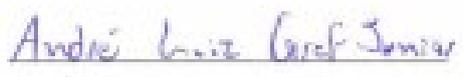


Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Profa. Karina Soares Modes, Dra.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



André Luiz Graf Junior, Eng. Agrônomo.
Avaliador

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais Assis e Maria e meu irmão Mauricio, que sempre estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente Agradeço a Deus, pela vida, pela minha saúde e de minha família e por me dar forças para continuar mesmo enfrentando algumas dificuldades pelo caminho.

À minha Família, em especial a minha mãe Maria e ao meu irmão Mauricio que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e me apoiando ao longo da minha caminhada até aqui. Vocês foram a minha base, sem vocês, nada disso seria possível.

Aos meus queridos amigos, Pablo, Juliana, Ana Paula, Leandro, Caroline e Vera pela amizade e pelos momentos compartilhados ao longo da graduação.

À Universidade Federal de Santa Catarina pela estrutura e oportunidades proporcionada ao longo deste período.

À Prof^a Dr^a Karina Soares Modes pelo conhecimento passado e por se dispor em me orientar neste trabalho.

À Prof^a Dr^a Adriana Terumi Itako por toda a ajuda durante a execução do ensaio em laboratório.

Ao Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro pelo fornecimento dos fungos xilófagos.

À todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação, meu muito obrigado.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.” (Mahatma Gandhi)

RESUMO

A madeira em função de sua constituição química, física e anatômica, apresenta limitações relacionadas a sua utilização, tornando-se suscetível a degradação por agentes químicos, físicos e biológicos. Os agentes biológicos agem com maior frequência no processo de degradação da madeira, sendo os fungos, responsáveis por maiores danos causados nesse tipo de material. Quando atacada por fungos, a madeira pode sofrer alterações químicas, físicas e mecânicas, inviabilizando seu uso para fins tecnológicos. Para o uso efetivo da madeira, é preciso ter conhecimento quanto a sua resistência natural, ou seja a capacidade de resistir a ação de agentes deterioradores, sejam eles bióticos ou abióticos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência natural das madeiras de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus patula* Schldt & Cham aos fungos apodrecedores *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*, respectivamente. O ensaio de apodrecimento foi montado segundo a norma ASTM D 2017 (1994). O início do desenvolvimento das colônias fungicas, ocorreu em placas suporte confeccionadas com a madeira de *Pinus* spp. as quais serviram de substrato para o estabelecimento inicial dos fungos. Para cada espécie foram confeccionados 15 corpos de prova de dimensão 2,5 x 2,5 x 0,9 cm, sendo a última dimensão no sentido da grã. Destes 10 foram submetidos ao ensaio em contato com o fungo e os outros 5 foram utilizados como blocos de correção. As amostras de cada espécie foram secas em estufa a temperatura de 50 °C antes e após 16 semanas de exposição aos fungos e para cálculo das percentagens de perda de massa sofrida e posterior classificação. A média de perda de massa registrada para a espécie de *P. patula* foi de 26,86 % o que permitiu classificá-la como de resistência moderada ao fungo *G. trabeum*, já a madeira de *L. styraciflua* apresentou perda de massa de 15,59 %, sendo classificada como resistente ao fungo *P. sanguineus*. Com base na classificação da resistência natural das madeiras avaliadas e levando em consideração um comparativo quanto a destinação de uso, a madeira de *L. styraciflua* pode ser indicada para uso em ambiente externo e em contato como o solo, como cercas e moirões, já a madeira de *P. patula* deve ter a sua destinação restrita a ambientes internos ou livres do contato direto com o solo, ao se desconsiderar a possibilidade de tratamento preservante.

Palavras-chave: Degradação biológica. Fungo xilófago. Perda de massa.

ABSTRACT

The wood due to its chemical, physical and anatomical constitution, has limitations related to its use, becoming susceptible to degradation by chemical, physical and biological agents. Biological agents act most often in the process of wood degradation, and fungi are responsible for greater damage caused to this type of material. When attacked by fungi, the wood can undergo chemical, physical and mechanical changes, making its use for technological purposes unfeasible. For the effective use of wood, it is necessary to be aware of its natural resistance, ie the ability to resist the action of deteriorating agents, whether biotic or abiotic. In this context, the objective of this work was to evaluate the natural resistance of *Liquidambar styraciflua* L. and *Pinus patula* Schldt & Cham woods to the rotting fungi *Pycnoporus sanguineus* and *Gloeophyllum trabeum*, respectively. The rotting test was set up according to ASTM D 2017 (1994). The beginning of the development of fungal colonies occurred in support plates made with the wood of *Pinus* spp. which served as a substrate for the initial establishment of the fungi. For each species, 15 specimens of 2.5 x 2.5 x 0.9 cm size were made, with the last dimension towards the grain. Of these 10 were submitted to the test in contact with the fungus and the other 5 were used as correction blocks. The samples of each species were oven dried at 50 °C before and after 16 weeks of exposure to the fungi and to calculate the percentages of mass loss suffered and subsequent classification. The average mass loss recorded for the species of *P. patula* was 26.86%, which allowed it to be classified as moderate resistance to the fungus *G. trabeum*, while the wood of *L. styraciflua* presented mass loss of 15, 59%, being classified as resistant to the fungus *P. sanguineus*. Based on the classification of the natural resistance of the evaluated woods and taking into account a comparison regarding the intended use, the *L. styraciflua* wood can be indicated for use outdoors and in contact with the soil, such as fences and willows, as well. *P. patula* wood should have its destination restricted to indoor environments or free from direct contact with the soil, disregarding the possibility of preservative treatment.

Keywords: Biological degradation. Xylophagous fungus. Mass loss.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES	13
2.1.1	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	13
2.1.2	<i>Pinus patula</i> Schltl & Cham.....	14
2.2	RESISTÊNCIA NATURAL DE MADEIRAS	15
2.3	FUNGOS XILÓFAGOS	17
2.3.1	Fungos apodrecedores.....	18
2.3.1.1	<i>Pycnoporus sanguineus</i> (L). Murril	18
2.3.1.2	<i>Gloeophyllum trabeum</i> (Persoon. ex Fries) Murr.	19
3	METODOLOGIA	21
3.1	FUNGOS XILÓFAGOS UTILIZADOS.....	22
3.2	PREPARAÇÃO DAS CÂMARAS DE INCUBAÇÃO.....	22
3.3	REPICAGEM, INOCULAÇÃO E INCUBAÇÃO DOS FUNGOS	23
3.4	REMOÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E REGISTRO DA PERDA DE MASSA	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Em função de suas propriedades tecnológicas, a madeira vem sendo empregada para diversos fins, sendo que com possibilidade de escassez dos recursos naturais não-renováveis, é provável que a mesma, futuramente, seja a principal fonte de matéria-prima utilizada em diversos setores industriais (STANGERLIN, 2012).

Segundo Paula *et al.* (2016), a madeira por se tratar de um material versátil e de fácil obtenção, tornou-se essencial para a evolução industrial, militar e tecnológica, sendo atualmente indispensável para diversos setores econômicos, tais como construção civil, movelaria, energia, produção de celulose, entre outros. Stallbaun *et al.* (2017), salientam que apesar das características tecnológicas da madeira e de seus derivados, uma das limitações encontradas para a utilização desse material é a sua baixa resistência natural.

De acordo com Carvalho *et al.* (2015), com a informação da heterogeneidade das espécies florestais sabe-se que estas possuem variações em relação a sua resistência natural e que em virtude da sua estrutura anatômica e constituição química, a madeira torna-se suscetível ao ataque de vários organismos deterioradores, causando lhes danos e conseqüentemente prejuízos, limitando suas condições de uso.

Moreschi (2013) comenta que dentre os organismos que obtêm alimento direta ou indiretamente da madeira, estão as bactérias, fungos, insetos, moluscos e crustáceos que decompõe este material para utilizar parcial ou totalmente os seus constituintes como fonte de energia. Ainda segundo o mesmo autor, os agentes biológicos são considerados de maior importância, sendo os fungos, maiores responsáveis por danos causados a madeira, em função de que estes ocorrem com maior frequência neste tipo de material.

Segundo Oliveira *et al.* (2005) entre os fungos, causadores de podridão na madeira, destaca-se a classe dos basidiomicetos, onde encontram-se os fungos responsáveis pela podridão parda e pela podridão branca, os quais possuem características enzimáticas próprias, relacionada à decomposição dos constituintes primários da madeira. De acordo com Santos (1992 *apud* Silva, 2011), a madeira quando atacada por fungos, sofre alterações na composição química, modificação da cor natural, redução da resistência mecânica, diminuição de massa, aumento da permeabilidade, redução da capacidade acústica, aumento da inflamabilidade,

diminuição do poder calorífico e maior predisposição ao ataque de insetos, influenciando sua qualidade e inviabilizando sua utilização para fins tecnológicos.

Para Santos *et al.* (2019) estudos referentes a determinação da resistência natural da madeira, auxiliam na escolha de parâmetros para prever a vida útil dos produtos à base desse material, tornando possível realizar indicações de uso da madeira de maneira confiável.

Neste contexto, tornam-se necessários estudos relacionados a determinação da resistência natural de espécies florestais, principalmente daquelas que possuem sua resistência desconhecida, uma vez que, com o conhecimento desta característica da madeira, é possível auxiliar na utilização correta desta matéria-prima no setor industrial, assim como também inserir espécies florestais alternativas no mercado, auxiliando na diversificação da matéria prima oriunda de florestas plantadas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência natural das madeiras de *Liquidambar straciflua* L. e *Pinus patula* Schltdt & Cham aos fungos apodrecedores *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*, respectivamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

2.1.1 *Liquidambar styraciflua* L.

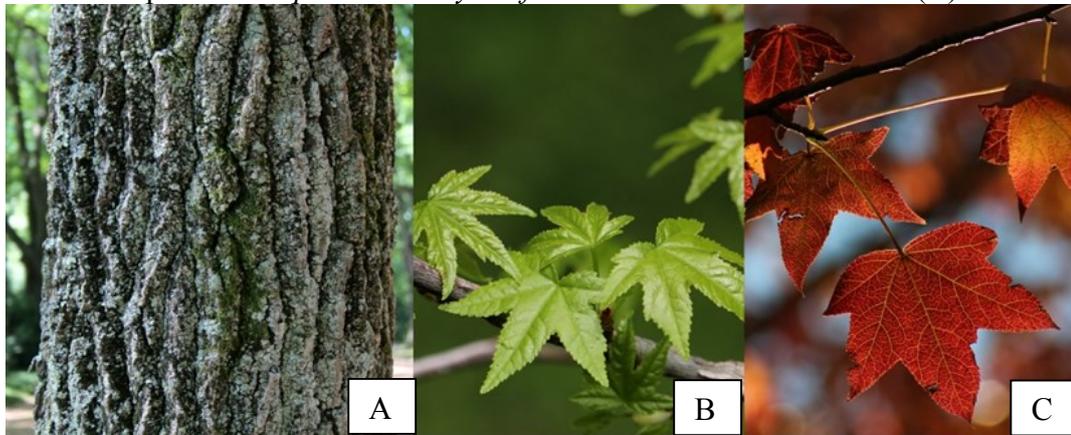
O *L. styraciflua* é uma espécie florestal originária da América do Norte e América Central, é assim denominada devido a sua seiva de coloração marrom-clara semelhante ao mel, que quando fervida, torna-se um bálsamo utilizado para fins medicinais (SHIMIZU, 2005). Segundo o referido autor, dentre as espécies folhosas do sudeste dos Estados Unidos o Liquidambar é considerado de rápido crescimento e produtora de madeira de alto valor econômico, com múltiplos usos como matéria-prima para celulose, dormentes, madeira serrada para embalagens, móveis e até mesmo como lenha.

De acordo com Lorenzi (2003) o Liquidambar é uma árvore caducifólia, monoica de tronco reto e com casca pardo-acinzentada em plantas jovens, já em plantas adultas a coloração de sua casca é mais escura e muito fendida longitudinal e transversalmente (Figura 1A). Segundo Loewe Munõz (1992) a madeira de *L. styraciflua* possui densidade entre 0,50 e 0,65 g/cm⁻³), o que a classificada como de dureza e densidade média.

Shimizu (2005), comenta que no Brasil o gênero Liquidambar, surge como grande potencial para o setor florestal brasileiro, especialmente nas regiões Sul e Sudeste, isso em razão de sua capacidade de adaptação e crescimento comprovada em plantios experimentais e sua utilidade para diversos usos. Lima *et al.* (2013) salientam que no Brasil, o Liquidambar pode ser uma alternativa útil e rentável em relação as espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* bem como também contribuir para a preservação de espécies florestais nativas.

Para Lorenzi (2003) a espécie *L. styraciflua* também é adequada para o reflorestamento, devido a sua madeira retilínea, de boa qualidade e de coloração marrom-avermelhada, além de possuir grande efeito ornamental pelas cores outonais que as folhas adquirem no inverno antes de caírem (Figuras 1B e 1C).

Figura 1 – Aspecto do tronco da espécie *Liquidambar styraciflua* (A); Coloração das folhas da espécie *Liquidambar styraciflua* durante a primavera e verão (B); Coloração das folhas da espécie de *Liquidambar styraciflua* durante o outono/inverno (C).



Fonte: Serralves (s.d).

Shimizu e Spir (2004) em trabalho realizado para verificar a produtividade de madeira de *L. styraciflua* aos 11 anos de idade, encontraram um incremento médio anual de 40 m³/ha/ano, sendo essa produtividade equivalente a dos eucaliptos de rápido crescimento. Ainda de acordo com os mesmos autores, o Liquidambar, oferece a vantagem de ser apropriado para regiões de ocorrência de geadas e mesmo assim oferecer madeira de alta qualidade que pode ser utilizada tanto para produção de papel e celulose quanto para indústria de madeira serrada.

2.1.2 *Pinus patula* Schltdl & Cham

O *P. patula* tem uma distribuição geográfica de norte a sul no México, sendo que a espécie é mais comumente plantada na África Oriental e na Colômbia, sendo caracterizada, por um bom crescimento, boa forma de tronco, excelente polpação além de propriedades adequadas para madeira serrada (DVORAK *et al.*, 1997).

Aguiar *et al.* (2014) comentam que no Brasil o melhor desenvolvimento de *P. patula*, é observado em regiões de altitude mais elevada (900 m ou mais) como aqueles ocorridos na Serra da Mantiqueira, nordeste do Estado de São Paulo, sudeste de Minas Gerais, sudoeste do Paraná, oeste de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul, apresentando nestas regiões produtividade de madeira maior em relação ao *Pinus taeda*.

Mesmo ocorrendo naturalmente em região sujeita a baixas temperaturas, uma das limitações encontradas para o plantio do *P. patula* no Brasil, são as geadas severas, principalmente na fase de mudas (AGUIAR *et al.*, 2014).

As árvores de *P. patula* atingem alturas de 35 m e têm uma morfologia muito distinta que permite fácil identificação em campo (DVORAK *et al.*, 1997). De acordo com os mesmos autores, a espécie possui caule ereto, casca espessa e enrugada na base da árvore, casca escamada avermelhada fina na maior parte do tronco e acículas pendente de cor verde-pálida (Figura 2).

Figura 2 – Visualização das acículas pendentes de *Pinus patula*.



Fonte: Conifers (2019).

De acordo com Melchiorretto e Eleoterio (2003) a madeira do *P. patula* é considerada leve, de baixa resistência natural, fácil secagem, impregnação e trabalhabilidade. Segundo os mesmos autores, o alburno da madeira varia de branco a amarelo claro, seu cerne é ligeiramente rosado e com frequência não claramente definido, já os anéis de crescimento são bem definidos e possuem coloração marrom, a presença de nós é abundante e a madeira é pouco resinosa.

2.2 RESISTÊNCIA NATURAL DE MADEIRAS

A madeira por apresentar estrutura heterogênea e natureza anisotrópica, apresenta características próprias e limitações relacionadas a sua utilização, em função da sua composição

química, física e anatômica, estando sujeita a degradação de agentes químicos, físicos ou biológicos (ALMEIDA, 2010).

As várias espécies de árvores produzem madeiras quimicamente e estruturalmente diferentes, no entanto, todas são suscetíveis ao processo de biodegradação e crescimento de fungos, gerando alterações nos componentes da parede celular e alterando suas propriedades de resistência (ENCINAS; MORA 2002). Ainda de acordo com os referidos autores, uma vez que os fungos entram na madeira acabam desenvolvendo seus próprios mecanismos de degradação, que não dependem apenas da sua capacidade de degradação individual e do tipo de apodrecimento que este produz, mas também irão depender das características e composição anatômica da madeira.

O local, taxa de crescimento, idade, quantidade de extrativos, parcela da madeira (cerne e alburno) e as condições do ambiente em que a madeira está sendo exposta são fatores determinantes para a sua resistência natural (SUPRAPTI, 2010). De acordo com Pala (2007) geralmente a presença de concentrações de extrativos (substâncias fenólicas, taninos, resinas, ceras, gorduras) garante a madeira maior resistência. A resistência natural da madeira pode ser entendida como sua capacidade de resistir à ação de agentes deterioradores, sejam eles bióticos ou abióticos (VIVIAN *et al.*, 2018).

A resistência natural da madeira é uma característica de muita importância para o seu uso efetivo, sendo que madeiras que apresentam alta resistência natural não necessitam de uso de substâncias químicas para tratamento preservante, que muitas vezes podem afetar o ambiente (STALLBAUN *et al.*, 2016). Segundo Stangerlin *et al.* (2012), basicamente existem dois tipos de ensaio usados para avaliação da resistência natural de uma determinada espécie, sendo: ensaios em laboratório e ensaios de campo.

Os ensaios de campo, consistem no soterramento parcial de amostras de madeira seguidos de inspeções periódicas, com objetivo de avaliar a sanidade deste material, que nestas situações, acabam sendo expostas a períodos irregulares de lixiviação, secagem, além de permanecer em contato com agentes químicos presentes no solo e diversos microrganismos xilófagos que podem agir em conjunto (COSTA *et al.*, 2005). Ensaio em campo possuem a desvantagem relacionada ao longo período necessário de exposição para obtenção das informações (Santini, 1998 *apud* Melo *et al.*, 2010).

De acordo com Stangerlin *et al.* (2012) ensaios de resistência natural a fungos xilófagos (ensaios de laboratório), consistem na exposição de corpos de prova às culturas fúngicas puras estabelecidas em meio de malte-ágar onde posteriormente ao período final de exposição, os corpos de prova são removidos e então procede-se a determinação da perda de massa, bem como a classificação em classes de resistência.

De acordo com Costa (1975) apesar de muitos autores terem reservas em relação a previsão do desempenho de testes em laboratório, estes são os únicos disponíveis como fonte de informação objetiva. O autor ainda salienta que as culturas puras de basidiomicetos, além de fornecerem resultados rápidos e reprodutíveis, simulam melhor as condições de campo durante um rápido processo de apodrecimento.

2.3 FUNGOS XILÓFAGOS

Os fungos deterioradores são microrganismos vegetais simples que obtém seu alimento da madeira (HIGHLEY; SCHEFFER, 1989). Os fungos xilófagos pertencentes a classe dos basidiomicetos (fungos superiores) são seres heterótrofos, que necessitam de meios eficientes de segregação de enzimas digestivas extracelulares (ALMEIDA, 2010). Ainda de acordo com o mesmo autor, os fungos xilófagos são organismos providos de talo pluricelular formado de hifas septadas e seu micélio (fase vegetativa) pode apresentar crescimento indefinido ou no estágio final de desenvolvimento, formar corpos frutíferos de estrutura constante.

Segundo Moreschi (2013) a temperatura ideal para o desenvolvimento da maioria dos fungos xilófagos varia entre 25 a 30°C, porém, o ataque dos fungos pode ocorrer em temperaturas de 0° a 40°C. O referido autor ainda relata que os fungos xilófagos são especializados em obter alimento da madeira, o material em questão diz respeito a celulose, hemicelulose e lignina como constituintes do material lenhoso e aos extrativos presentes na madeira, sendo estes últimos, considerados como uma grande fonte de variação e são os responsáveis pela maior ou menor suscetibilidade da madeira aos fungos e outros agentes deterioradores.

O processo de degradação da madeira através de fungos, podem ocorrer antes e durante o abatimento da árvore, mas poderá persistir no decorrer do processamento e posterior uso da

madeira (ZIGLIO, 2015). De acordo com Magalhaes (2005) os fungos xilófagos podem ser divididos em emboloradores, manchadores e apodrecedores, sendo os dois primeiros grupos formados por microrganismos que acabam não decompondo a parede celular da madeira, estes usam principalmente açúcares das células parenquimáticas e o amido como fonte de alimentação, já o grupo dos fungos apodrecedores, causam perdas de resistência mecânica da madeira, em função de que estes, são decompositores lignocelulósico.

2.3.1 Fungos apodrecedores

Os fungos apodrecedores necessitam de quatro requisitos básicos para sua sobrevivência, sendo: umidade, oxigênio (porque os fungos são organismos aeróbicos), temperaturas adequadas e uma fonte de alimento, geralmente a madeira (RITTER, 1990; CALIL, 2006; MARYNOWICZ, 2008). Segundo Calil (2006) os fungos apodrecedores são os problemas mais comuns em se tratando de deterioração da madeira, sendo esta, um material higroscópico, que com alta umidade torna-se um ambiente propício para o desenvolvimento de fungos, que quando atacam a madeira causam perda de resistência, amolecimento, desintegração e descoloração.

Os fungos apodrecedores agem de forma com que as enzimas sejam segregadas, estas, são capazes de decompor o material lignocelulósico estrutural presentes nas paredes celulares da madeira, esse processo acaba ocasionando a alteração das propriedades físicas e químicas, resultando na diminuição da resistência mecânica deste material deteriorado (MAGALHÃES, 2005). De acordo com Arantes e Milagres (2009), estes fungos atuam através da penetração de suas hifas pelo lúmen das células, as quais, quando já instaladas, acabam produzindo uma variedade de metabólitos extracelulares que atuam degradando os componentes da parede celular vegetal.

Conforme Almeida (2010), os fungos apodrecedores de acordo com o tipo de degradação que apresentam na madeira, são divididos em fungos de podridão branca, podridão parda e podridão mole.

2.3.1.1 *Pycnoporus sanguineus* (L). Murril

O *P. sanguineus* é um dos fungos causadores de podridão branca (MODES, 2012). Este fungo é um basidiomiceto da ordem Aphyllophorales da família Polyporaceae (SANTOS *et al.*, 2018). Caracteriza-se pela sua coloração laranja-avermelhada do basidioma e microscopicamente pelo sistema hifal trimítico e basidiósporos cilíndricos (RECK; SILVEIRA, 2008).

Esposito *et al.* (1993), comentam que o *P. sanguineus* é amplamente distribuído na natureza e encontrado em regiões de clima mais ameno e em florestas tropicais como a Amazônia. Conhecido como orelha-de-pau, pode ser encontrado em madeiras, onde se fixam e se alimentam (ZIGLIO, 2015), sendo capaz de hidrolisar os polissacarídeos e lignina dos materiais lignocelulíticos (TEIXEIRA *et al.*, 1997 *apud* Modes, 2012).

A maior parte dos fungos de podridão branca usa a celulose quase na mesma proporção, porém, a lignina geralmente é utilizada a uma taxa mais rápida (KARIM *et al.*, 2017). Estes fungos atuam na superfície da parede celular e através da ação restrita do sistema enzimático, ocorre a formação de fendas ou orifícios, possibilitando que os fungos se assentem, sendo que durante o período de ataque, estas fendas acabam se agrupando, ocasionando a erosão total da parede celular a partir do lúmen (MENDES; ALVES, 1988).

Os fungos de podridão branca atacam predominantemente madeiras de folhosas de forma pioneira ou não, sendo que neste tipo de podridão a propriedade de resistência da madeira é menos afetada em relação a podridão parda, isso em virtude de que a perda de massa é menor, porque menos celulose é consumida e não ocorre rachadura, no entanto, num estágio mais avançado a perda de massa pode chegar a 97% (SCHMIDT, 2006).

2.3.1.2 *Gloeophyllum trabeum* (Persoon. ex Fries) Murr.

G. trabeum é um fungo pertencente a classe basidiomiceto sendo responsável pela podridão parda em madeiras, estes quando atacam a madeira, degradam oxidativamente os componentes da parede celular, acarretando em perdas de resistência (GOODEL, 2003 *apud* GEOFFREY *et al.*, 2015).

Os fungos causadores de podridão parda, entre eles *G. trabeum*, segundo Pala (2007), são os que mais causam destruição na madeira, isso em razão de que já no início da colonização, acabam despolimerizando rapidamente os polissacarídeos da madeira, sendo a celulose e a

hemicelulose, restando um resíduo de lignina com aparência oxidada, que por consequência disso acaba ocasionado perdas de resistência bem significativas na madeira.

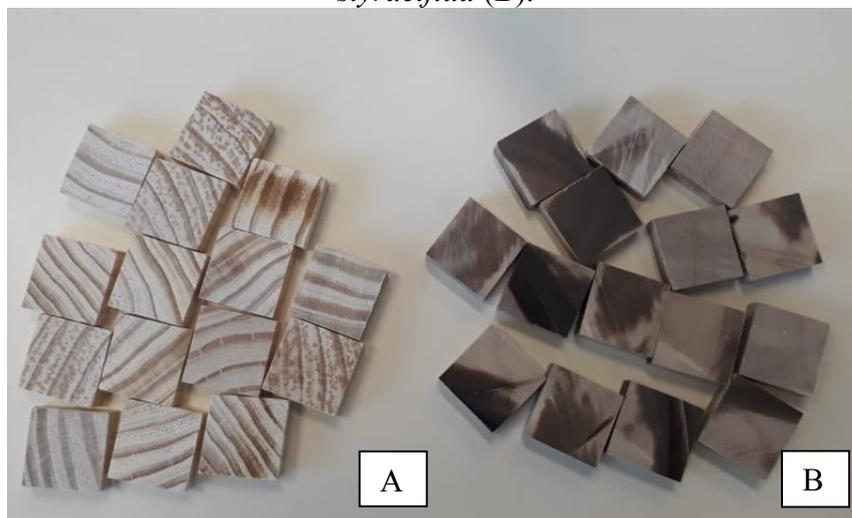
As modificações causadas na madeira por fungos de podridão parda ocorre através de mecanismos não enzimáticos, o que ocasiona a erosão da microestrutura da madeira e por consequência disso o aumento da porosidade, tornando possível a penetração de enzimas que ocasionam a deterioração (PALA, 2007). Ainda de acordo com o mesmo autor, através do resultado da despolimerização e remoção da celulose, a tendência da madeira é contrair e formar fendas nas direções longitudinal e perpendicular à grã

Luchtemberg (2013) comenta que este fungo pode ser encontrado em praticamente em qualquer lugar, porém há predominância em florestas de coníferas. Os fungos de podridão parda, na parede celular acabam decompondo os carboidratos deixando a lignina praticamente intacta, devido a esse fato a madeira atacada por este tipo de fungo apresenta a em sua superfície uma coloração parda mais escurecida que quando é friccionada torna-se em um pó fino (MAGALHÃES, 2005).

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no laboratório de Produtos Florestas e de Fitopatologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos. Os procedimentos utilizados seguiram as recomendações previstas na norma ASTM D 2017 (1994) que trata da avaliação da resistência natural de madeiras e produtos de madeira ou outros materiais orgânicos sujeitos a decomposição por fungos apodrecedores. Foram avaliadas as madeiras das espécies *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus patula* Schltdl. & Cham. nas idades de 8 e 14 anos, respectivamente, ambas de plantios localizados no estado de Santa Catarina. A confecção das amostras se deu a partir de discos extraídos da base de três árvores amostradas. Para cada espécie foram confeccionados 15 corpos de prova de dimensão 2,5 x 2,5 x 0,9 cm, sendo a última dimensão no sentido da grã, totalizando 30 corpos de prova (Figura 3) destes, 10 corpos de prova foram postos em contato com o fungo e o restante foi utilizado como blocos controle. Estes últimos foram considerados para correção da perda de massa não atribuída ao apodrecimento causado pela degradação biológica frente aos agentes degradadores testados.

Figura 3 – Corpos de prova confeccionados da madeira de *Pinus patula* (A) e *Liquidambar styraciflua* (B).



Fonte: O Autor (2019)

Posteriormente à confecção os corpos de prova foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 50°C até atingirem massa constante. Após este procedimento, tiveram a massa determinada em balança analítica com precisão de 0,01 g, sendo

esta determinada como massa inicial (MI). Para eliminar eventuais focos de contaminação prévia que pudessem influenciar no experimento, os corpos de prova foram envoltos em papel pardo e submetidos a esterilização em autoclave em temperatura de 121°C por um período de 12 minutos. Os corpos de prova de correção foram submetidos ao mesmo procedimento acima descrito.

3.1 FUNGOS XILÓFAGOS UTILIZADOS

As espécies de fungos xilófagos utilizadas foram o *Pycnoporus sanguineus* (L.) Murril, causador da podridão branca e o *Gloeophyllum trabeum* (Persoon. ex Fries) Murr., causador da podridão parda, ambos cedidos pelo Laboratório de Produtos Florestais (LPF), do serviço Florestal Brasileiro (SFB), em Brasília – DF.

3.2 PREPARAÇÃO DAS CÂMARAS DE INCUBAÇÃO

As câmaras de incubação consistiram em frascos de vidro com capacidade de 500 ml com tampa, preenchido com 100 g de solo. O solo utilizado foi coletado da Área Experimental Florestal da UFSC, em horizonte B, livre de matéria orgânica e com pH de 5,8, portanto moderadamente ácido. O mesmo foi peneirado (abertura de malha 5 mm) e macerado para a eliminação de grânulos restantes.

Baseado nas recomendações da norma utilizada neste trabalho, foi determinada a capacidade de retenção de água do solo e o teor de umidade residual, tendo sido registrado valores de 32,82% e 4,7%, respectivamente, este último foi obtido pelo método gravimétrico após secagem do solo em estufa por 24 horas a temperatura de 105°C ± 2°C.

De posse dos dados foi calculada a quantidade de água a ser adicionada ao solo de cada frasco de vidro (Equação 1), tendo sido obtido um valor de 36,36 mL de água, que correspondeu a 130% da capacidade de retenção de água do solo utilizado.

$$Qa = [1,30. (A - B)]. \left[\frac{D}{(100+B)} \right] \quad (1)$$

Onde:

Qa= Quantidade de água a ser adicionada, g;

A = Capacidade de retenção de umidade do solo, %;

B = Teor de umidade do solo seco ao ar, %;

D = Massa de solo seco ao ar utilizado nos frascos de vidro, g.

A quantidade de água calculada foi depositada em um frasco de vidro para cada corpo de prova e sobre esta, depositado o solo com auxílio de um funil. Na sequência cada frasco recebeu uma placa suporte confeccionada com madeira do gênero *Pinus* spp. de dimensões de 0,3 x 3,0 x 3,0 cm (radial x tangencial x longitudinal), que serviu de substrato para o estabelecimento inicial dos fungos. Posteriormente ao preparo dos frascos, estes foram esterilizados em autoclave a temperatura de 121°C por cerca de 30 minutos e na sequência mantidos vedados aguardando o procedimento de inoculação.

3.3 REPICAGEM, INOCULAÇÃO E INCUBAÇÃO DOS FUNGOS

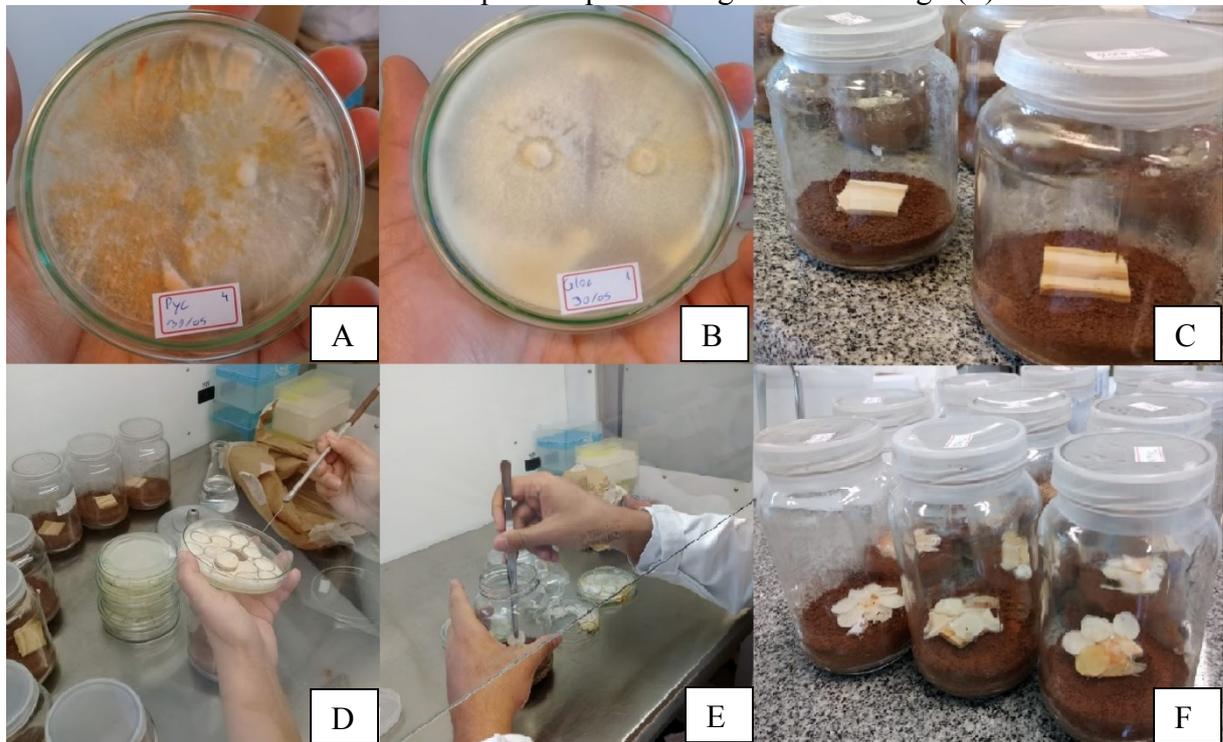
A repicagem dos fungos utilizados e que antecedeu o processo de inoculação foi realizado em placas de Petri preenchidas com meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar), que foi autoclavada por 15 min a 121°C em pressão de 1 atm.

Realizou-se a inoculação dos fungos pela transferência de cinco discos de micélio, com auxílio de alça de platina, à superfície de cada placa suporte. Os frascos inoculados com o fungo *P. sanguineus* foram destinados a espécie *L. styraciflua* em função desse fungo ter maior predisposição ao ataque da madeira de folhosas, já os frascos inoculados com o fungo *G. trabeum* foram destinados a espécie *P. patula* por apresentar maior aptidão ao ataque em madeira de coníferas.

Após a inoculação, os frascos de vidro foram levados ao interior de uma câmara tipo BOD ajustada a temperatura de 25°C onde permaneceram por aproximadamente 3 semanas até que os fungos inoculados colonizassem a superfície da placa suporte. Os procedimentos descritos constam na Figura 4.

Figura 4 – Fungos *Pycnoporus sanguineus* (A) e *Gloeophyllum trabeum* (B) repicados em placas de Petri; Placas suporte no interior dos frascos, antes da inoculação dos fungos (C);

Discos de micélio utilizados na inoculação (D); Inoculação do fungo sobre a placa suporte (E)
Frascos contendo a placa suporte e fragmentos de fungo (F).

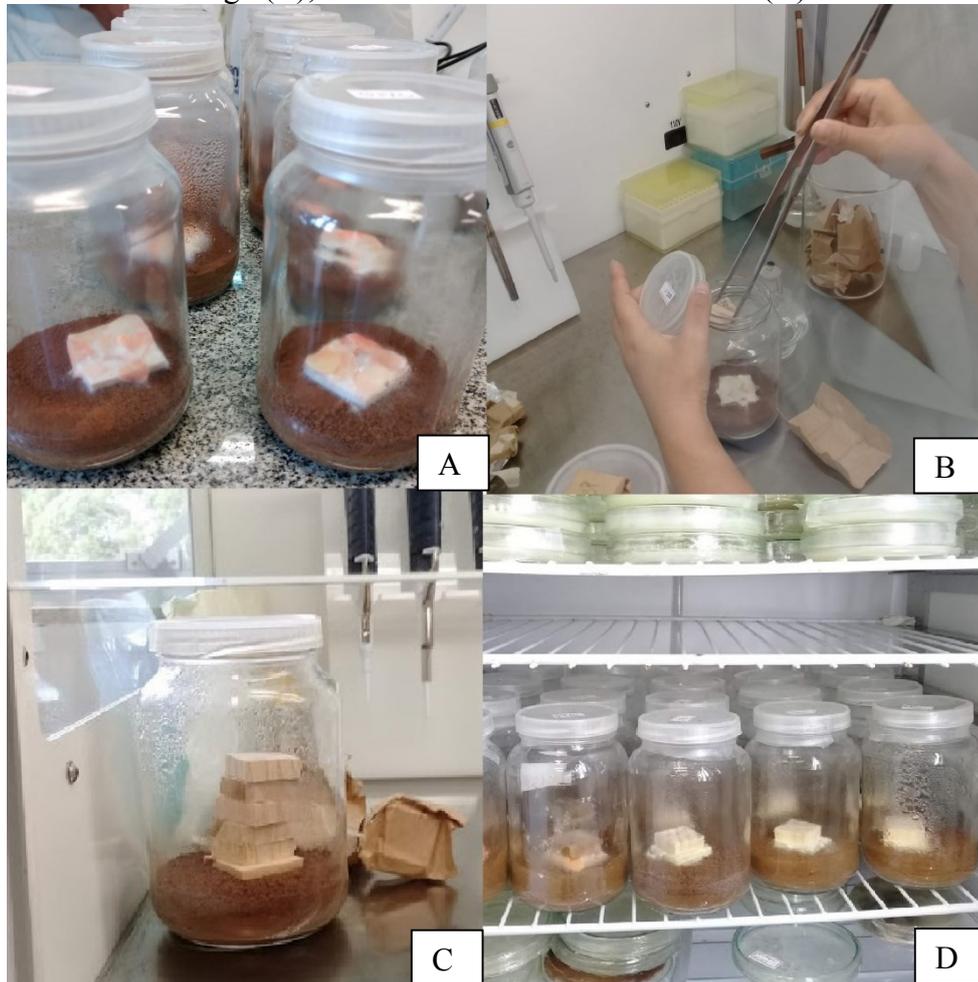


Fonte: O Autor (2019)

Passado este período iniciou-se o ensaio de apodrecimento acelerado propriamente dito, a partir da introdução dos corpos de prova previamente esterilizados sobre a placa suporte já colonizada no interior dos frascos de vidro (Figuras 5A e 5B). Os blocos de correção (Figura 5B), foram introduzidos sobre placas suporte sem a inoculação do fungo. Finalizado este procedimento, os frascos permaneceram em câmara a uma temperatura de $25 (\pm 1) ^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas (Figura 5C) por um período de 16 semanas.

No decorrer do ensaio, para que não houvessem interferências relacionadas ao posicionamento dos frascos no interior da câmara estes eram frequentemente trocados de lugar dentro do equipamento.

Figura 5 – Placa suporte no interior dos frascos, já colonizada (A); inserção dos corpos de prova sobre a placa suporte já colonizada (B); Blocos de correção em frascos de vidro sem fungo (C); Frascos no interior da incubadora (D).

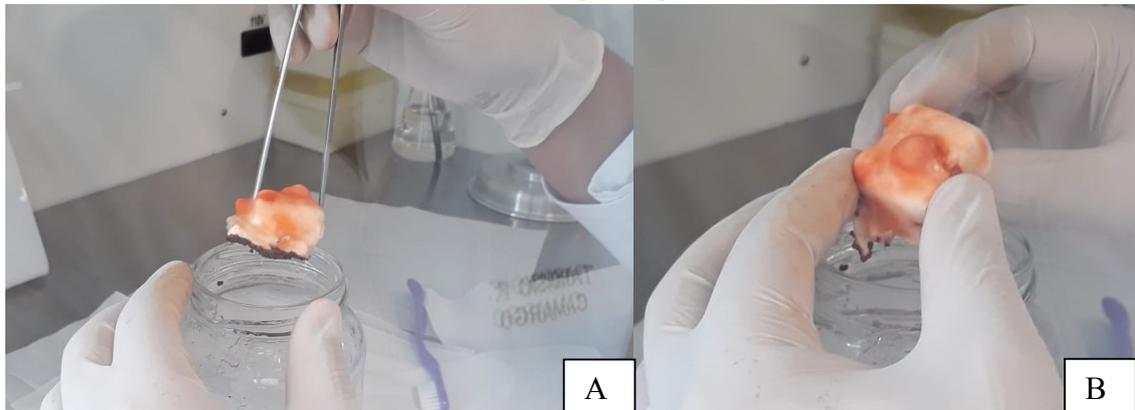


Fonte: O autor (2019)

3.4 REMOÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E REGISTRO DA PERDA DE MASSA

Decorrido o período de 16 semanas destinado ao ataque dos fungos apodrecedores, com o auxílio de uma pinça, retirou-se do interior dos frascos os corpos de prova (Figura 6A) e removeu-se o micélio aderidos a eles (Figura 6B). Posteriormente os mesmos foram postos a secar novamente em estufa a temperatura de 50°C até massa constante, para que fosse determinada a massa resultante do período de degradação (MF).

Figura 6 – Remoção do corpo de prova do interior do frasco (A); Remoção do micélio aderido ao corpo de prova (B)



Fonte: O autor (2019)

De posse da massa inicial e final de cada corpo de prova, foi calculada a perda de massa (Equação 2) das madeiras de *L. styraciflua* e *P. patula*.

$$Pmcp (\%) = \frac{Mi - Mf}{Mi} \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

Pmcp= Perda de massa do corpo de prova, em %;

Mi = Massa inicial após secagem a 50°C em estufa (antes da exposição ao fungo) em g;

Mf = Massa final após secagem a 50°C em estufa (após exposição ao fungo), em g.

Posteriormente a perda de massa individual de cada corpo de prova foi subtraída da média de perda de massa sofrida pelos blocos de correção (Equação 3) para determinação da perda de massa corrigida (pmc), que foi utilizada para classificação do percentual de perda de massa sofrida pelas espécies.

$$Pmc = Pmi - Pmbc \quad (3)$$

Onde:

Pmc: Perda de massa corrigida, em %;

Pmi: Perda de massa individual, em %;

Pmbc: Média da perda de massa dos blocos de correção, em %.

A partir dos resultados referentes a perda de massa, corrigidos em função da massa apresentada pelos corpos de prova de correção, foi possível classificar a resistência natural das espécies de madeira avaliadas em função dos fungos apodrecedores utilizados, de acordo com as especificações da norma ASTM D 2017 (1994), apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da resistência natural da madeira em função da perda de massa.

Perda de massa (%)	Massa residual (%)	Classes de resistência
0 a 10	90 a 100	Altamente resistente
11 a 24	76 a 89	Resistente
25 a 44	56 a 75	Moderadamente Resistente
45 ou mais	55 ou mais	Pouco ou não Resistente

Fonte: ASTM D 2017 (1994).

Dos resultados de perda de massa obtidos no ensaio de apodrecimento acelerado foram calculadas as médias, coeficiente de variação e desvio padrão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode ser observado na Tabela 2 a madeira da espécie *P. patula* foi classificada como moderadamente resistente, quando submetida ao fungo *G. trabeum*, com base nos limites estabelecidos pela norma utilizada neste trabalho, sendo registrada uma percentagem de perda de massa entre 25 e 44%. Já a madeira de *L. styraciflua* foi considerada resistente ao fungo *P. sanguineus*, apresentando perda de massa entre 11 e 24%.

Observa-se que as perdas de massa referente aos blocos de correção, resultante de fatores não associados ao ataque dos fungos xilófagos, ficaram bem próximas entre si, resultando em baixos coeficientes de variação (CV) e Desvio padrão (DP) para as espécies testadas. Os baixos valores de CV e DP indicam que as perdas de massa foram bem representadas.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos valores de perda de massa para as madeiras avaliadas e respectivos corpos de prova controle, juntamente com a classificação da resistência.

Perda de massa (%)	<i>P. patula</i> *	Controle <i>P. patula</i>	Classe de Resistência	<i>L. styraciflua</i> *	Controle <i>L. styraciflua</i>	Classe de Resistência
Máxima	33,79	18,46		21,72	18,42	
Mínima	21,31	18,03		15,62	18,20	
Média	26,86	18,18	MR	18,59	18,33	R
DP	4,50	0,16		1,96	0,08	
CV (%)	16,73	0,88		10,52	0,42	

DP= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação; MR= Moderadamente resistente; R= Resistente; * = Perda de massa corrigida em função das amostras controle.

Fonte: O Autor (2019)

Em análise dos resultados, verifica-se que o desvio padrão e o coeficiente de variação para a madeira de *P. patula* submetida ao fungo *G. trabeum*, neste trabalho, foi maior em relação a espécie de *L. styraciflua*, submetida ao fungo *P. sanguineus*.

Durante o período de ensaio o fungo *P. sanguineus*, apresentou um maior desenvolvimento em comparação ao *G. trabeum*, como pode ser observado na Figura 7, esse fato pode explicar o maior desvio padrão, devido a variabilidade inerente às espécies de madeira, em função de sua constituição química e interação com outros seres vivos.

Durante a execução do experimento observou-se um desenvolvimento micelial mais lento do fungo *Gloeophyllum trabeum* em relação ao fungo *Pycnoporus sanguineus*. Essa mesma característica de desenvolvimento também foi observada por Alves *et al.* (2006) quando avaliaram em ensaio de laboratório a resistência natural de seis espécies florestais da região amazônica sob ação dos mesmos fungos utilizados neste trabalho. Os autores Eaton e Hale (1993) relatam que o fungo *G. trabeum* apresenta um crescimento com períodos de repouso o que acarreta em um desenvolvimento mais lento em relação aos fungos de podridão branca.

Figura 7 – Desenvolvimento micelial dos fungos xilófagos nas madeiras *Liquidambar styraciflua* e *Pinus patula*. Da esquerda para a direita, fungo *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*.



Fonte: O Autor (2019).

Grosskopf *et al.* (2017) ao avaliarem a resistência natural da madeira de *P. taeda* submetidas ao fungo *G. trabeum*, registraram perda de massa de 41,77%, valor superior ao registrado no presente estudo (26,86 %). No entanto os autores não comentam se houve a correção da perda de massa em função dos blocos controle, levando isso em consideração, a perda de massa registrada no presente estudo, desconsiderando a registrada pelos blocos de correção, elevaria a perda de massa da espécie *P. patula* para uma porcentagem de 45,04%, aproximando o valor ao registrado por Grosskopf *et al.* (2017).

Mohareb *et al.* (2012) ao avaliar a resistência da madeira de *P. patula*, ao fungo apodrecedor *Poria placenta*, responsável pela podridão parda verificaram perda de massa de 19,5 %, estando abaixo dos valores registrados neste trabalho. Os autores correlacionaram a baixa perda de peso das amostras em virtude da eficácia dos extrativos presente na madeira de *P. patula*.

A classificação diferenciada da resistência natural das madeiras avaliadas pode ter sido influenciada pelo teor de extrativos que de acordo com Heaton e Hale (1993 *apud* Stangerlin *et al.*, 2013), influenciam no nível de resistência biológica, podendo aumentar ou diminuir a deterioração dos constituintes da madeira. Freitas *et al.* (2017) ao avaliarem a composição química da espécie *L. styraciflua* aos 8 anos de idade observaram um teor de extrativos de 4,13 %, e Modes *et al.* (2019) para a madeira de *P. patula* aos 14 anos, encontraram teor de 6,64 %.

Além do teor, o tipo de extrativos presentes influenciam o nível de perda de massa registrada, pois segundo Oliveira *et al.* (2005) a resistência a deterioração pode ser atribuída, em função da presença de taninos e de outras substâncias fenólicas complexas, encontradas na madeira, as quais podem ser tóxicas a determinados fungos xilófagos.

A classificação de resistência da madeira de *L. styraciflua*, determinada no presente trabalho, está em conformidade com estudo feito por Baietto e Wilson (2010) quando avaliaram a resistência de perda de massa *in vitro* dessa mesma espécie frente doze a fungos apodrecedores e constataram que espécie *L. styraciflua*, foi a espécie dentre as estudadas, que apresentou alborno mais resistente a decomposição.

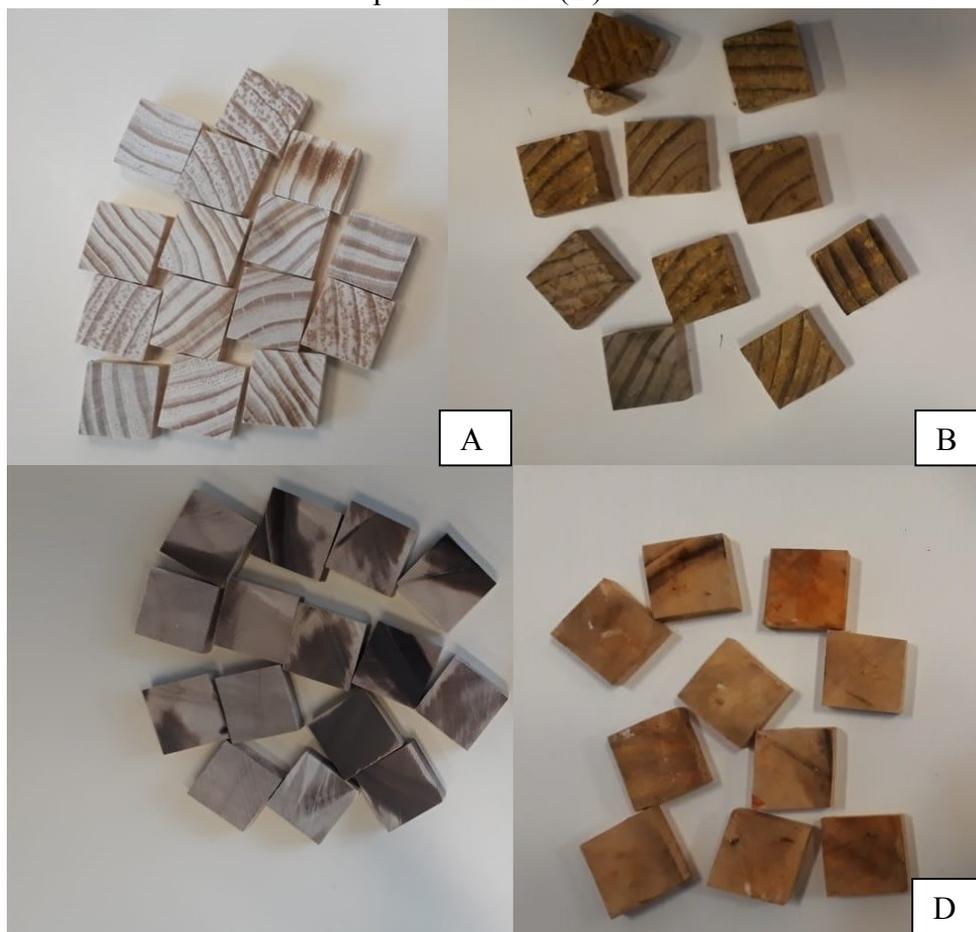
A percentagem de perda de massa registrada para a espécie *L. styraciflua* (18,59 %) foi inferior as registradas por Wong *et al.* (2012), utilizando o mesmo fungo para a madeira de *Hevea brasiliensis* (43,9%), seguidos das espécies *Kokoona littoralis* e *Neolamarckia cadamba* com perdas de 39,5% e 34,4% respectivamente.

De acordo com Bowyer *et al.* (2003 *apud* Gonsalves *et al.*, 2013), madeiras mais densas, geralmente tendem a apresentar maiores teores de extrativos e por consequência disso maior resistência a organismos xilófagos. De acordo com estudo realizado por Rios *et al.* (2018) a densidade básica do *P. patula* aos 9 anos foi de 0,307 g cm⁻³ e Modes *et al.* (2019), avaliando a densidade de uma mesma espécie aos 14 anos foi de 0,365 g cm⁻³, sendo ambas consideradas como densidade baixa.

Já a madeira de *L. styraciflua* em estudo realizado por Freitas *et al.* (2017) aos 8 anos de idade apresentou densidade básica de 0,49 g cm⁻³, e aos 16 anos de idade uma mesma espécie avaliada por Mattos *et al.* (2001) apresentou densidade básica de 0,52 g cm⁻³. Com base nessas informações, é possível aferir que a maior resistência a deterioração por fungos xilófagos na madeira da espécie *L. styraciflua* em relação a espécie de *P. patula*, pode estar diretamente relacionada com a densidade básica de cada espécie.

Em análise visual feita nos corpos de prova antes e após o ataque dos fungos apodrecedores, foi possível observar mudança de coloração da madeira da espécie de *P. patula*, sob ação do fungo *G. trabeum* (Figuras 8A e 8B) e na madeira de *L. styraciflua* sob a ação do fungo *P. sanguineus*. (Figuras 8C e 8D).

Figura 8 – Visualização do aspecto dos copos de prova antes e após o ensaio de apodrecimento: *P. patula* antes do ensaio de apodrecimento (A); e após o ensaio de apodrecimento (B); *L. styraciflua* antes do ensaio de apodrecimento (C); e após o ensaio de apodrecimento (D).



Fonte: O Autor (2019).

Alves *et al.* (2006) e Moraes e Costa (2007) também constataram em seus estudos a diferença de coloração causada na madeira por fungos causadores de podridão parda, o resultado da cor mais escurecida pode ser explicado pelo fato de que a preferência deste tipo de fungo é por degradar principalmente a celulose e hemicelulose, mantendo praticamente intacta a lignina, que por sua vez possui coloração mais escura.

A mudança de coloração também ocorreu na espécie de *L. styraciflua*, porém resultando em uma cor mais clara, pois de acordo com Moreschi (2013) a madeira atacada por fungos de podridão branca apresenta perda de seu aspecto lustroso e de sua coloração natural, tornando-se esbranquiçada, em virtude da destruição de seus pigmentos. O referido autor ainda comenta que é comum observar linhas escuras demarcando o limite entre as áreas atacadas e não atacadas, além do aspecto da madeira atacada há a ocorrência de perda de peso e da resistência da madeira, em função do consumo da celulose, hemicelulose e da lignina.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que:

A madeira de *P. patula* submetida ao fungo de podridão parda *G. trabeum*, apresentou perda de massa de 26,86 %, o que permitiu classificá-la como moderadamente resistente.

A madeira de *L. styraciflua* com base na perda de massa registrada (18,59%) foi classificada como resistente ao ataque do fungo *P. sanguineus*.

A resistência das madeiras avaliadas pode estar relacionada com características relacionadas ao teor e tipo de extrativos, além da densidade da madeira.

Com base na classificação da resistência natural das madeiras avaliadas e levando em consideração um comparativo quanto a destinação de uso, a madeira de *L. styraciflua* pode ser indicada para uso em ambiente externo e em contato com o solo, como cercas e moirões, já a madeira de *P. patula* deve ter a sua destinação restrita a ambientes internos ou livres do contato direto com o solo, ao se desconsiderar a possibilidade de tratamento preservante.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V. *et al.* Espécies de pinus mais plantadas no Brasil: *Pinus patula*. In: Aguiar, A. V. (Ed.). **Sistemas de produção**: cultivo do pinus. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- ALMEIDA, N. A. **Biodegradação de produtos à base da madeira de cedro australiano** (*Toona ciliata* M. Roem. Var. **australis**). 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência da Tecnologia da madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2010.
- ALVES, M. V. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2006.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2017**: Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods. Philadelphia: ASTM, 1994.
- ARANTES, V.; MILAGRES, A. M. F. Relevância de compostos de baixa massa molar produzidos por fungos e envolvidos na biodegradação da madeira. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1586-1595, 2009.
- BAIETTO, M.; WILSON, D. Relative In Vitro Wood Decay Resistance of Sapwood from Landscape Trees of Southern Temperate Regions. **HortScience**, [S.l.] v. 45, [s.n] p. 401-408, 2010.
- CALIL JR, C. *et al.* Manual de projeto e construção de pontes de madeira. São Carlos: Departamento de Engenharia das Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2006.
- CARVALHO, D.E. *et al.* Resistencia natural de quatro espécie florestais submetidas a ensaio com fungos apodrecedores. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 1 n. 22, p. 271-276, 2015.
- COSTA, A. F. *et al.* Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 7-14, 2005.
- DA COSTA, E. W. B. Natural decay resistance of wood. In: LIESE, W. **Biological transformation of wood by microorganisms**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1975. p. 101-117.
- DVORAK, W. S. The improvement and breeding of *Pinus patula*. Orlando: [s. n]. 1997.
- EATON, R. A.; HALE, M.D.C. Wood: decay, pests and protection. London: Chapman & Hall. 1993.

ENCINAS, O; MORA. N. **Grupo de Investigación en Conservación de Maderas**, Venezuela: [s. n]. 2002.

ESPOSITO, E. *et al.* Phenoloxidasas and hidrolases from *Pycnoporus sanguineus*. **Journal of Biotechnology**, New York, v. 29, n. 1, p. 219-228, 1993.

FREITAS, T. P. Potencial de uso da madeira de *Liquidambar* sp. para produção de polpa celulósica e papel. **Revista Ciências Agrárias** Viçosa, v. 60, n. 4, p. 328-334, 2017.

GEOFFREY, D. *et al.* Characteristics of *Gloeophyllum trabeum* alcohol oxidase, na extracellular source of H₂O₂ in brown rot decay of wood. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 73, n. 19, p. 6242-6253, 2007.

GONSALVES, S. F. G. *et al.* Durabilidade natural de espécies Florestais Madeireiras ao Ataque de Cupim de Madeira seca. **Floresta e Ambiente**, v. 1. n. 1, p. 110-116, 2013.

GROSSKOPF, E. *et al.* Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais ao fungo apodrecedor *Gloeophyllum trabeum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA. 2010, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2017. p. 01-10.

HIGHLEY, T. L.; SCHEFFER, T. **Controlling decay in waterfront structures: Evaluation, Preservation, and Remedial Treatments**. Washington, D.C: U.S Forest Service. 1989.

KARIM, K. *et al.* Natural decomposition of hornbeam wood decayed by the white rot fungus *Trametes versicolor*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89 n. 4, p. 1-9, 2017.

LEPAGE, E.S. **Manual de preservação de madeiras**. 1. ed. São Paulo: IPT, 1986.

LIMA, I. L.; FREITAS, J. A.; GARCIA, J. N.; Influencia da classe diamétrica nos índices de rachadura da madeira em *Liquidambar styraciflua*. **Floresta e Ambiente**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 117-123, 2013.

LOEWE MUÑOZ, V. Apuntes sobre algunas latifoliadas de maderas valiosas: Liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.). **Ciência e Investigación Forestal**, Santiago, v. 6, n. 2, p. 335-348, 1992.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores Exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.

LUCHTEMBERG, P. H. Q. **Resistência natural de dez espécies de madeiras Amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores em ensaio de laboratório**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

- MAGALHÃES, W. L. E. Controle de manchadores e apodrecedores da madeira de pinus. *In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADE EM PROTEÇÃO FLORESTAL*, 2005, Blumenau. **Anais** [...]. Blumenau, 2005. p. 1-9.
- MARYNOWICZ, A. Durability of timber structures. *In: MARYNOWICZ, A. Handbook 1: Timber Structure. [S.l]: Leonardo da Vinci*, 2008. p. 227-232.
- MATTOS, P. P. *et al.* Características da madeira de *Liquidambar styraciflua*. **Colombo**: Embrapa Florestas. 2001.
- MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J. R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. *In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*, XVIII, 2003, Blumenau. **Anais** [...], FURB, 2003. p. 5.
- MELO, R. R. *et al.* Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaio de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 357-365, 2010.
- MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. 1. ed. Brasília: IBDF/DPq – LPF. 1988.
- MENDES, R. F. *et al.* Resistência de painéis compensados de *Pinus taeda* tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. **Revista Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 105- 112, 2014.
- MODES, K. S. *et al.* Resistencia natural das madeiras de sete espécies florestais ao fungo *Pycnoporus sanguneus* causador da podridão-branca. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 407-411, 2012.
- MODES, K. S. wood quality of *Pinus patula* schldt & cham for the pulp production. **Revista Árvore**, v. 43, n. 2, p. 1-7, 2019.
- MOHAREB, A, *et al.* Effect of heat treatment intensity on wood chemical composition and decay durability of *Pinus patula*. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 1, p. 519-524, 2012.
- MORAIS, F. M. de; Costa, A. F. Alteração da cor aparente de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, p. 44-50, 2007.
- MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**: Biodegradação da madeira. 4. ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 2013.
- OLIVEIRA, J. T. S. *et al.* Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

PALA, H. Constituição e mecanismos de degradação biológica de um material orgânico: a madeira. **Construção Magazine**, [S. l.], n. 20, p. 54-62, 2007.

PAULA, M. H. *et al.* Utilização de métodos não destrutivos para caracterização simplificada da madeira de cumaru (*Dipteryx odorata* Willd). **Biodiversidade**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 136-149, 2016.

RECK, M. A.; SILVEIRA, R. M. Polyporales (Basidiomycota) no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 301-314, 2008.

RIOS, P.A *et al.* Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus patula*. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 38, n. 1, p. 1-5, 2018.

RITTER, M. A. **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance**. Washington, DC: United States Department of Agriculture. 1990.

SANTOS, A. P. C. *et al.* Durabilidade natural da madeira de espécies exóticas e nativas. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 1, p. 28-32, 2019.

SANTOS, W. S. *et al.* Crescimento micelial in vitro de isolados de *Pycnoporus sanguineus*. In: XV SEMANA DE CIÊNCIAS AGRARIAS. 2018, Ipameri. **Anais [...]**. Ipameri: UEG, 2018. p.183-186.

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

SHIMIZU, J. Y. Liquidambar para Produção de Madeira no Sul e Sudeste do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 50, p. 127-138, 2005.

SHIMIZU, J. Y.; SPIR, I. H. Z. Produtividade de madeira de liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.) de diferentes procedências, em Quedas do Iguaçu, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 28, n. 4, p. 487-491, 2004.

SILVA, L. F. **Capacidade de deterioração de cepas de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

STALLBAUN, P. H. *et al.* Resistência Natural da Madeira de *Sclerobium paniculatum* Vogel a Cupins em Condições de Laboratório. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 1-6, 2017.

STALLBAUN, P.H. *et al.* Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago *Postia placenta*. **Pesquisa Florestal brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 459-463, 2016.

STANGERLIN, D. M. **Monitoramento de propriedades de madeiras da Amazônia submetidas ao ataque de fungos apodrecedores**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

STANGERLIN, D.S. *et al.* Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 15-32, 2013.

SUPRANTI, S. Decay resistance of 84 Indonesian wood species against fungi. **Journal of Tropical Forest Science**, Malaysia, v. 22, n.1, p.81-87, 2010.

VIVIAN M. A. *et al.* Durabilidade natural das madeiras de *Apuleia leiocarpa*, *Astronium lecointei* e *Enterolobium schomburgkii* ao fungo apodrecedor *Trametes versicolor*. **Pesquisa Florestal brasileira**, Colombo, v. 38, p. 1-5, 2018.

WONG, A. H. H. *et al.* Classifying white rot decay resistance of some hardwoods from Sarawak and Peninsular Malaysia and correlations with their tropical in-ground durability. *In*: Union of Forest Research Organizations All Division 5 Conference.2012, Estoril. **Anais [...]** Estoril, Portugal: IUFRO, 2012.

ZIGLIO, A. C. **Oleoresina de capsaicina como preservante natural de madeira de *Pinus sp.* Contra a ação de fungos de podridão branca e podridão mole**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.