

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

LUANA MARIA DOS SANTOS

**RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE *Pinus taeda* TRATADA
TERMICAMENTE AO ATAQUE DE FUNGO DE PODRIDÃO BRANCA
(*Trametes versicolor*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2015

LUANA MARIA DOS SANTOS

**RESISTÊNCIA DA MADEIRA de *Pinus taeda* TRATADA
TERMICAMENTE AO ATAQUE DE FUNGO DE PODRIDÃO BRANCA
(*Trametes versicolor*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso
II, do Curso Superior de Engenharia Florestal
da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientadora: Prof. Dr^a Flavia Alves Pereira
Coorientador: Gilberto Santos Andrade

DOIS VIZINHOS

2015

S237r Santos, Luana Maria dos.
Resistência da madeira de Pinus taeda tratada termicamente ao ataque de fungo de podridão branca (*Trametes versicolor*) / Luana Maria dos Santos – Dois Vizinhos: [s.n.], 2015.
31.:il.

Orientadora: Flavia Alves Pereira
Co-orientador: Gilberto Santos Andrade
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2015.
Bibliografia p.26-31

1.Pinus taeda 2.Fungos apodrecedores da madeira
3. Madeira- conservação I.Pereira, Flavia Alves, orient.
II. Andrade,Gilberto Santos, co-orient. III.Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos.
IV.Título

CDD: 634.9

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos



Curso de Engenharia Florestal

TERMO DE APROVAÇÃO

RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE *Pinus taeda* TRATADA TERMICAMENTE AO ATAQUE DE FUNGO DE PODRIDÃO BRANCA (*Trametes versicolor*)

por

Luana Maria dos Santos

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 24 de junho de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Flávia Alves Pereira
Orientador(a)

Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dr. Cilene Cristina Borges
Membro titular (UTFPR)

Aos meus pais, Anildo e Benta e ao meu irmão
Carlos, por todo apoio e amor recebidos.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida, me abençoar, me proporcionar calma e paciência para superar os momentos de aflições e ansiedades, se fazendo sempre presente na minha vida.

Aos meus pais, Anildo e Benta, e ao meu irmão Carlos por todo o apoio, compreensão, paciência, amor, carinho e incentivo. Vocês são a minha inspiração, amo vocês!

Ao meu namorado Erick, por todo o amor e carinho oferecido, e por estar ao meu lado em todas as situações, me incentivando e apoiando.

Aos amigos que a graduação me proporcionou, Sandra Mara Krefta, Mayara Luma Ferreira e Renata Priscila Reffatti, obrigada por fazerem parte da minha vida, por me aguentarem nos momentos de desespero e sempre tornarem tudo mais divertido. Os bons e maus momentos jamais serão esquecidos!

Às pessoas que me ajudaram na realização do experimento Erick Martins Nieri, Sandra Mara Krefta, Suelen Pietrobon Facchi e Jéssica da Matta. Graças à vocês o trabalho tornou-se muito mais alegre. Muito Obrigada!

À minha orientadora, Flavia Alves Pereira pela orientação, compreensão, e ensinamentos fornecidos, além da valiosa experiência que me permitiu durante esse período. Serei eternamente grata!

Aos professores Marcos Aurélio Mathias e Cilene Borges pelas sugestões construtivas, que contribuíram para a realização do presente trabalho. Muito Obrigada!

À UNICENTRO, câmpus Irati e ao Professor Éverton Hillig por disponibilizar o laboratório e equipamentos necessários para a realização do tratamento térmico.

À todos os amigos e familiares que de forma direta ou indireta ajudaram a tornar possível mais esta conquista.

MUITO OBRIGADA!

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
Mas pensar o que ninguém ainda pensou.
Sobre aquilo que todo mundo vê. ”*
Arthur Schopenhauer

RESUMO

SANTOS, Luana Maria dos. **Resistência da Madeira de *Pinus taeda* Tratada Termicamente ao Ataque de Fungo de Podridão Branca (*Trametes versicolor*)**. 2015. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

Tratamentos térmicos de madeira podem minimizar danos de fungos, aumentando a durabilidade e estabilidade dimensional da madeira. Estes tratamentos consistem no aquecimento da madeira a altas temperaturas, promovendo alterações químicas dos componentes primários, como degradação parcial das ligninas, celulose e, principalmente, a hemicelulose, que é mais sensível ao calor. *Pinus* sp., uma espécie exótica de crescimento rápido, é cultivada em florestas plantadas para a obtenção de celulose, painéis reconstituídos, lâminas para produção de compensados e serrados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência das madeiras de *Pinus taeda* tratadas termicamente ao fungo de podridão branca *Trametes versicolor*. Lâminas com 30 x 15 x 2,5 cm foram tratadas nas temperaturas de 140, 160 e 180°C. Corpos de prova desses materiais tratados foram submetidos ao fungo de podridão branca *T. versicolor*. O ensaio de apodrecimento acelerado foi realizado em conformidade com a norma ASTM D 2017. A perda de massa foi verificada. A perda de massa causada pelo fungo foi menor em madeiras tratadas termicamente. Por outro lado, o aumento da temperatura não conferiu maior resistência ao material. A madeira de *Pinus taeda* foi classificada como altamente resistentes, independente do tratamento térmico.

Palavras-Chaves: Tratamento térmico; fungos; apodrecimento acelerado; degradação de madeiras; perda de massa; coníferas.

ABSTRACT

SANTOS, Luana Maria dos. **Resistance of Thermally Treated *Pinus taeda* Wood to White-rot Decay Fungus (*Trametes versicolor*)**. 2015. 31 f. Completion of course work. (Undergraduate degree in Forest Engineering) - Federal Technology University – Parana. Dois Vizinhos, 2015.

Wood heat treatment can minimize damage by fungi, increasing the durability and dimensional stability of wood. These treatments consist in heating the wood to high temperatures, promoting chemical changes of the primary components, such as partial degradation of lignin, cellulose and mainly the hemicellulose, which is more heat sensitive. *Pinus* sp., a exotic species of rapid growth, is cultivated in forests plantation in order to obtain cellulose, reconstituted panels, blades for the production of plywood and sawn. The objective of this study was to evaluate the resistance of heat treated *Pinus taeda* wood to white rot fungus *Trametes versicolor*. Wood veneer with 30 x 15 x 2.5 cm were treated at temperatures of 140, 160 and 180°C. Specimens from these treated materials were submitted to the white rot fungus *T. versicolor*. The decay accelerated tests was conducted in accordance with ASTM D 2017. Mass loss was measured. The mass loss caused by the fungus was lower in heat treated wood. On the other hand, increasing the temperature did not confer higher resistance to the material. The *Pinus taeda* wood was classified as highly resistant, regardless of heat treatment.

Keys-Words: Heat treatment; Fungi; decay accelerated test; wood degradation; mass loss; conifers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corpo de prova nas dimensões 1x1x1 cm.....	18
--	----

LISTA DE FOTOGRAFIA

Fotografia 1: Corpo de prova nas dimensões 1x1x1 cm.	16
Fotografia 2: Amostras dispostas entre os pratos da prensa.....	17
Fotografia 3: Placa alimentadora com disquinho de fungo.	19
Fotografia 4: Placa alimentadora com corpo de prova.	20

LISTA TABELA

Tabela 1- Perda de massa final em <i>Pinus taeda</i> tratado termicamente em diferentes temperaturas submetido à degradação do fungo <i>Trametes versicolor</i> no ensaio de apodrecimento acelerado.	22
Tabela 2 - Classificação da madeira quanto à resistência ao ataque do fungo, segundo os critérios estabelecidos pela norma D 2017 (ASTM, 2005).	24

SUMÁRIO

agradecimentos	64
1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GERAL.....	7
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1 AGENTES BIODETERIORADORES	8
3.2 TRATAMENTO PRESERVATIVO DA MADEIRA	10
3.3 TRATAMENTO TÉRMICO.....	12
3.4 Pinus taeda.....	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 PREPARAÇÃO DAS LÂMINAS E TRATAMENTO TÉRMICO	16
4.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA.....	17
4.3 FUNGOS XILÓFAGOS E ENSAIO DE APODRECIMENTO.....	18
4.4 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MASSA	20
4.6 ANÁLISE DE DADOS	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A utilização de madeiras de florestas plantadas é uma alternativa promissora a fim de se evitar a utilização inadequada de florestas nativas. Para se obter uma melhor qualidade dessas madeiras, podem ser realizados tratamentos preservativos, o qual melhora as propriedades mecânicas da madeira e desta forma possibilitam uma maior gama de utilização e aceitação no mercado florestal.

As características climáticas do Brasil podem contribuir para que o ataque da madeira por fungos e insetos seja elevado. Sendo que a maioria das madeiras quando em contato com esses agentes sofrem deterioração e perda de suas propriedades mecânicas. Portanto, é importante fazer-se o uso de tratamentos que aumentem a durabilidade da mesma.

Em virtude de um mercado cada vez mais exigente em relação à qualidade dos produtos madeireiros, estratégias que minimizem ou eliminem fatores limitantes do uso destes materiais são importantes. Neste sentido, o tratamento térmico apresenta potencial de uso devido a durabilidade e a maior estabilidade dimensional dos materiais submetidos a essa técnica de preservação.

Para a realização do tratamento térmico podem ser utilizadas técnicas como oxigênio ou vácuo, tempo e temperatura, sendo que o padrão deste consiste na madeira aquecida à alta temperatura em atmosfera com reduzido oxigênio. A temperatura empregada no tratamento depende das propriedades físicas e mecânicas requeridas para o produto final.

O tratamento térmico da madeira é realizado através da exposição de peças de madeiras a temperaturas entre 100 e 250°C, de forma a alterar as propriedades químicas dos componentes primários, como degradação parcial das ligninas, celulose e principalmente a hemicelulose, mais sensível a atuação do calor. Com isso, obtém-se um produto mais resistente com características diferenciadas comparadas à madeira original. Este tratamento pode ser empregado, por exemplo, em madeira de pinus, pois apresenta algumas características indesejáveis como a baixa durabilidade, baixa estabilidade dimensional e cor pálida.

Se por um lado, a tecnologia do tratamento térmico está bem avançada em alguns países, devido às condições edafoclimáticas nas quais suas florestas plantadas estão submetidas e ampla demanda de produtos madeireiros, o uso dessa tecnologia ainda é incipiente no Brasil. Assim, isso gera a oportunidade de adaptação de tecnologias de forma a promover a inovação tecnológica visando à resistência de materiais aos agentes

biodeterioradores que retraem, em alguns casos, o consumo destes produtos no mercado brasileiro.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resistência da madeira de *Pinus* sp. tratada termicamente ao fungo de podridão branca *Trametes versicolor*.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a perda de massa das madeiras de *Pinus taeda* tratadas termicamente.
- b) Classificar a resistência das madeiras de *Pinus taeda* tratada termicamente a três temperaturas à degradação do fungo de podridão branca.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AGENTES BIODETERIORADORES

A madeira possui uma posição de destaque quando comparada a outros materiais, pois apresenta uma ampla gama de aplicações. Suas propriedades físicas, químicas e mecânicas estão associadas a sua versatilidade, possibilitando sua utilização desde aplicações em projetos arquitetônicos e de engenharia até a industrialização de móveis e instrumentos musicais (MORESCHI, 2013, p. 6).

Segundo Cavalcante (1982) citado por Souza (2008, p. 13) em consequência da natureza orgânica dos seus constituintes poliméricos, a madeira pode ter sua durabilidade comprometida por agentes físicos, químicos e biológicos. Em razão de sua estrutura e constituição química, a madeira sofre ataque de organismos deterioradores, principalmente de fungos e térmitas.

A resistência da madeira à deterioração está relacionada com substâncias presentes no lenho, como taninos e substâncias fenólicas complexas que são tóxicas aos organismos xilófagos. A sua resistência pode ser esplanada como a capacidade que a mesma tem de suportar a ação dos agentes biodeterioradores, tanto biológicos quanto os físico-químicos (PAES, 2002, p.761).

De acordo com Findlay (1985), citado por Rodrigues (2011, p. 12), é importante salientar que a constituição química da madeira varia bastante entre espécies e partes de uma mesma planta. Isto pode determinar a sua resistência aos organismos xilófagos, sendo o cerne mais resistente que o alburno. No entanto, em geral há variação na resistência natural, até mesmo entre o cerne interno e o cerne externo, em que para espécies que possuem tal variação, a madeira proveniente da porção interna do cerne é formada quando a planta é jovem, apresentando menor resistência que a madeira do cerne externo, região fronteira com o alburno, formada pela planta mais madura.

Silva, Lopez e Oliveira (2004, p. 2) afirmam que a madeira é degradada biologicamente porque alguns organismos utilizam os polímeros naturais da sua parede celular, bem como substâncias de reserva que compõem a mesma como fonte de alimento,

possuindo sistemas específicos, com capacidade de metabolizá-los em unidade digeríveis. Desse modo o alburno é o elemento da madeira que possui material nutritivo armazenado, tornando este susceptível ao ataque de agentes biológicos, diferentemente do cerne que normalmente apresenta uma maior durabilidade natural devido à escassez de material nutritivo e especialmente a presença de extrativos.

Sgai (2000, p.40) e Batista et al (2013, p. 2) relatam que no processo de degradação ocorre o envolvimento de vários tipos de organismos porém, no geral, os fungos são os principais agentes deterioradores da madeira. Estes podem ocasionar alteração tanto nas propriedades físicas quanto nas propriedades químicas das paredes das células ou das cavidades celulares.

Santos (1992), citado por Teixeira (2012, p. 18), afirma que além dos fungos alterarem as propriedades físicas e químicas, a madeira atacada apresenta modificações em sua cor natural, redução da resistência mecânica, diminuição de massa, aumento da permeabilidade, redução da capacidade acústica, aumento da inflamabilidade, diminuição do poder calorífico, bem como maior propensão ao ataque de insetos, comprometendo assim sua qualidade e inviabilizando sua utilização para fins tecnológicos.

Conforme Barillari (2002, p. 32) os fungos são responsáveis pela destruição de uma grande diversidade de produtos à base de madeira como postes, dormentes, cercas, entre outros, causando grandes prejuízos econômicos. Magalhães (2005, p. 3) relata que os fungos apodrecedores podem ser divididos em três classes, os fungos de podridão mole, fungos de podridão parda e fungos podridão branca.

Worral, Anagnost e Zabel (1997, p.199) destacam que os fungos de podridão branca podem degradar a lignina seletivamente ou não seletivamente. Na degradação seletiva, a lignina e a hemicelulose degradam mais significativamente que a celulose. Já na degradação não-seletiva, todos os componentes lignocelulósicos são degradados em quantidades iguais.

As enzimas envolvidas na degradação da lignina em sua maioria são as oxidases. O ataque do fungo à lignina é um processo oxidativo aeróbio, em que são oxidados compostos fenólicos, metóxicos e alifáticos da lignina. Portanto, a mudança na estrutura da lignina ocasiona a produção de dióxido de carbono e sua despolimerização, resultando em afinamento da parede celular. Contudo, ocorre grande perda de massa e das resistências da peça atacada devido destruição dos componentes lignocelulósicos, apresentando-se mais clara e com superfície atacada mais macia do que a madeira em seu estado normal (ALMEIDA, 2010, p. 17).

Microscopicamente ocorrem várias mudanças na estrutura das células de madeira agredida por fungo de podridão branca. Este processo inicia-se no lúmen e avança em direção a lamela média e, ao mesmo tempo, pode haver aumento no diâmetro das pontuações, fissuras radiais na parede celular, separação entre células na região da lamela média, pontuações e perfurações na parede celular. Já na parede secundária podem ocorrer pequenas cavidades romboides (BORTOLUZZI, 2005, p.9).

De acordo com Almeida (2010, p. 19), *Trametes versicolor* pertence à classe dos basidiomicetos assim como todos os fungos causadores da podridão branca. Este pertence a ordem Polyporales, família Polyporaceae. Seu corpo frutífero (ou basidiocarpo) se apresenta em forma de “cauda de peru”.

O fungo *Trametes versicolor* é considerado um dos fungos mais eficientes na degradação da madeira, degradando simultaneamente a lignina, a celulose e a hemicelulose. Através de enzimas oxidativas extracelulares. Tal espécie lignolítica é considerada um fungo de podridão branca por conferir aspecto esbranquiçado na madeira quando esta é atacada pelo mesmo (ALVES, 2010, p. 10).

Devido à escassez de espécies madeireiras de qualidade e resistentes a esses fungos e a outros agentes que promovam a degradação biológica, o homem vem buscando alternativas em espécies menos duráveis, principalmente aquelas de rápido crescimento, provenientes de reflorestamento. Evidencia-se que o uso dessas espécies tornou-se uma prática comum entre os produtores, porém as mesmas necessitam de tratamento para melhorar sua vida útil (PAES et al., 2008, p.1).

3.2 TRATAMENTO PRESERVATIVO DA MADEIRA

Atualmente, a alta exploração de espécies madeireiras nativas, vem culminando na extinção das mesmas. Em virtude disso, há uma grande demanda e baixa oferta destas madeiras de alta resistência, tornado sua utilização inviável economicamente (ARAÚJO, MAGALHÃES E OLIVEIRA, 2012).

Com a finalidade de suprir a demanda crescente por madeiras resistentes a organismos xilófagos e diminuir a pressão sobre as florestas nativas, a utilização de tratamento preservativo em madeira de florestas plantadas, tem se tornado uma alternativa

bastante atraente. Apesar do tratamento preservativo aumentar o valor de custo inicial da madeira, ao longo do tempo sua utilização acaba se tornando mais vantajosa que a madeira que não é submetida a este método (MAGALHÃES E PEREIRA, 2003).

Calil Júnior e Dias (1997, p. 72) ressaltam que a ideia precipitada de que a madeira tem uma curta vida útil, negligenciou a mesma como material de construção. Ainda que seja susceptível ao ataque de organismos deterioradores sob condições específicas, ela é um material altamente durável quando submetida a tecnologias e tratamentos preservativos eficientes, podendo ser efetivamente protegida contra a deterioração por um período superior a 50 anos.

O tempo de vida útil da madeira depende das características da mesma e das condições do local onde esta será utilizada. A preservação da madeira é considerada como a adoção de técnicas com o objetivo de protegê-la contra a ação dos agentes físicos químicos e principalmente biológicos. Portanto, preservar a madeira é garantir que sua resistência seja superior àquela que teria naturalmente, tornando-a mais duradoura possível (SILVA, 2007, p.1).

Segundo Moraes (1996) citado por Amaral (2012, p.22) as técnicas de preservação são divididas em preservação natural, indireta, biológica em química. A preservação natural consiste na utilização da madeira de forma a evitar a ação de agentes deterioradores protegendo a mesma do contato com o solo e das fontes de umidade. Já a preservação indireta diz respeito aos cuidados a serem tomados no local de utilização da madeira, como o tratamento químico do solo. A preservação biológica envolve o uso de organismo vivos e agentes naturais na preservação e controle do ataque de organismos xilófagos. Por fim, a preservação química consiste na introdução de produtos químicos dentro da estrutura da madeira tornando-a tóxica aos organismos que a utilizam como fonte de alimento.

A preservação química da madeira é o método possivelmente mais antigo e, apesar dos possíveis riscos no manuseio e uso de biocidas, ainda é a forma mais utilizada na prevenção do ataque biológico (GOMES, SILVA e MELLO, 2005, p. 2).

De acordo com Brand, Anzaldo e Moreschi (2006, p. 3) os danos que os produtos tradicionais vem causando ao ambiente e a saúde das pessoas, está gerando preocupações e despertando o interesse por pesquisas que possibilitem desenvolver técnicas naturais para o tratamento térmico da madeira.

3.3 TRATAMENTO TÉRMICO

O tratamento térmico tem se destacando nos últimos anos, por ser um método alternativo que não faz uso de nenhum produto químico na sua prática. Este não gera poluição ambiental como contaminação dos solos, rios e lençóis freáticos, pois não se faz necessário o descarte adequado de resíduos da madeira tratada, como no caso dos preservativos químicos, tornando-se assim um método de baixo impacto ambiental (SILVA, 2012, p. 31).

Segundo Rodrigues (2009, p. 35) o tratamento térmico promove vantagens nas propriedades físico-mecânicas da madeira e por isso é um processo utilizado em vários países europeus, principalmente na Finlândia, França, Alemanha e Holanda.

Os tratamentos da madeira para melhorar sua estabilidade dimensional podem ser divididos em modificação química, térmica, de superfície e por impregnação. Devido ao baixo custo do processo, a modificação térmica é o método que tem sido mais utilizado comercialmente nos últimos anos (SORATTO, 2012, p. 14).

Silva (2012, p. 9) afirma que o tratamento térmico, também conhecido como termorretificação, é denominado como a exposição de peças de madeira a temperaturas elevadas, normalmente entre 120 a 280° C, faixa entre a temperatura de alta secagem e torrefação.

Conforme Borges (2005, p. 1), Moura e Brito (2011, p.1) a termorretificação é uma alternativa para alterar a aparência da madeira de menor valor econômico. A madeira que passa por este processo adquire coloração semelhante àquelas tropicais, de maior valor econômico, além de proporcionar melhoria na estabilidade dimensional e resistência aos fungos xilófagos. Possui ainda a capacidade de reduzir a permuta de água com o meio, minimizando assim problemas de contração e inchamento, aumentando sua estabilidade dimensional.

Com a realização do tratamento térmico, ocorre modificações em alguns componentes químicos da madeira como a celulose, hemicelulose e lignina. Elevadas temperaturas podem contribuir para a degradação parcial da hemicelulose, seguida pela celulose e por fim, pela lignina. Contudo a lignina, apesar de começar a se degradar em temperatura mais baixa, em torno de 150 ° C, é a que apresenta uma degradação mais lenta, comparada com a celulose e a hemicelulose. Já a hemicelulose degrada com maior facilidade devido a sua natureza amorfa e, portanto, menos estável (BORGES, 2005, p. 1).

Ao promover a degradação da hemicelulose, a termorretificação possibilita a madeira um aspecto de baixa higroscopicidade, quando comparada com peças não tratadas. Isso impede que a peça apresente grande quantidade de água.

A eficiência do tratamento térmico da madeira, depende de uma série de fatores, como temperatura máxima, taxa de aquecimento, duração da temperatura máxima, ambiente, tempo de tratamento total, espécie a ser utilizada, e geometria e tamanho das amostras (Pincelli, Brito e Corrente, 2002, p. 2). Essa observação também foi feita por SILVA, (2012, p.33) que afirma que a degradação dos componentes químicos presentes na parede celular podem ocasionar mudanças na estrutura molecular da madeira, podendo causar alterações nas suas propriedades de resistência e rigidez. No entanto, essas alterações nas propriedades mecânicas estão relacionadas com a espécie da madeira utilizada, a temperatura máxima alcançada no processo e do tempo de exposição ao calor, pois quanto maior a temperatura utilizada, maior será a variação nas propriedades da madeira e a maior a sua fragilidade

Conforme Majano, Hughes e Cabo (2012) citados por Silva (2012, p. 34) as mudanças decorrentes da degradação dos componentes químicos, acabam por limitar seu uso em aplicações estruturais. As principais espécies tratadas termicamente são do gênero pinus, para fins não estruturais, sendo que recentemente tem havido interesse no uso de madeira tratada termicamente para aplicações estruturais.

As madeiras tratadas termicamente podem ser utilizadas como revestimentos à prova de som, assoalhos, terraços, móveis para jardim, batentes de porta e janela, parquet, móveis residenciais, decorações, e inclusive na fabricação de instrumentos musicais, onde a estabilidade adquirida pelo tratamento garante propriedades acústicas consistentes (Brito et AL, 2006, pg. 2).

3.4 *Pinus taeda*

O gênero pinus compreende cerca de 90 espécies, nativas do hemisfério norte. Este chegou ao Brasil a mais de um século pelas mãos de imigrantes europeus que plantavam a espécie para fins ornamentais. O objetivo mais importante da introdução do pinus no Brasil foi de suprir a alta demanda de madeira para fins industriais, destinada a produção de madeira serrada, madeira laminada para confecção de painéis e também de celulose e papel. Sendo que

por volta de 1950, a espécie começou a ser cultivada em escala comercial para produção de madeira (BRACELPA, 2010, p.1).

Nas últimas três décadas a utilização e aplicação do gênero *pinus* tem aumentado consideravelmente, transformando este em matéria prima fundamental para movimentar um setor produtivo com relevante importância para a econômica brasileira (BATISTA, GÓIZ E GÓIZ, 2009, p. 1).

De acordo com Serpe e Watzlavick (2009, p. 77) o gênero *pinus*, pertence à família Pinaceae, em que é composto por plantas lenhosas, normalmente arbóreas, com altura variando de 3 a 50 m. As plantas possuem tronco reto mais ou menos cilíndrico com copa em forma de cone, as folhas são em forma de acículas, agrupada em fascículos. Sua madeira apresenta massa específica aparente a 15% de umidade variando de 400 a 520 kg/m³, sendo que a cor da madeira do cerne varia do amarelo-claro ao alaranjado ou castanho-avermelhado. Já quanto a composição química das madeiras de coníferas de 42% destas são constituídas de celulose, 27% de hemicelulose, 28% de lignina e 3% de extrativos, sendo que a proporção e o teor desses componentes variam de árvore para árvore (BUFALINO, 2010, p. 7).

De acordo ABRAF (2013), citado por SNIF (2014, p. 1), estima-se que o Brasil possua cerca de 7,1 milhões de hectares de florestas plantadas principalmente com espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, representando cerca de 0,8% do território nacional. O *pinus* tem sido utilizado principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais, com uma área de 1.562.782 há correspondendo a 21,75 % das florestas plantadas no Brasil.

No Brasil a utilização de *Pinus* sp. na indústria madeireira tem sido crescente nos últimos anos. Estimativas indicam que do volume de madeira serrada produzida no país, aproximadamente 18 milhões de m³, mais de 35% é composto de madeira de *Pinus* sp. (BALLARIN e PALMA, 2003, p. 3).

O *pinus* é um grande produtor de madeira utilizado como matéria-prima para a produção de celulose de fibra longa e papel de qualidade superior, chapas, MDS, OSB, compensado, laminados, móveis, tábuas, caixotes, pellets e resina. Sendo que a casca também pode ser utilizada como substrato (CIFLORESTAS, 2008, p.1).

Segundo Vitalle e Miranda (2010, p.2), com o desenvolvimento de tecnologias de utilização da madeira de *pinus* e a ampliação as alternativas de uso tornaram as espécies desse gênero cada vez mais demandadas no setor florestal. Com isso o número de produtores interessados no plantio e manejo de *pinus* vem aumentando no país, em especial os pequenos e médios proprietários rurais.

Ainda de acordo com o autor, quando comparada com outras espécies, o gênero *Pinus*, apresenta grande versatilidade para crescer e produzir madeira em diversos tipos de ambientes, bem como esta apresenta uma multiplicidade de usos da sua madeira.

O *Pinus taeda* assim como a maioria das espécies de *Pinus* possui taxa de retratibilidade moderadamente alta, bem como boa estabilidade dimensional quando devidamente seco. No entanto, o cerne possui resistência moderada a baixa ao apodrecimento, já o alburno é mais facilmente impregnado com preservativos, pois ambos são susceptíveis ao ataque de agentes biodeterioradores (HASSEGAWA, 2003, p.5).

De acordo com Mendes et al. (2014 p.1) que submeteu painéis da espécie de *Pinus taeda*, sem tratamento preservativo ao apodrecimento acelerado com dois tipos de fungos, sendo estes o *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. Constatou que a espécie é resistente a biodeterioração do fungo *Gloeophyllum trabeum* e moderadamente resistente ao *Trametes versicolor*.

A madeira de *Pinus* sp. vem sendo uma das mais estudadas no processo de termorreificação, com o objetivo de agregar maior valor ao produto final, haja visto que a mesma apresenta algumas características indesejáveis como a baixa durabilidade, baixa estabilidade dimensional e cor pálida (Poubel et al., 2013, p. 1).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada foi da espécie *Pinus taeda* adquirida na cidade de Quedas do Iguaçu. O município de Quedas do Iguaçu está localizado no terceiro Planalto Paranaense, na região centro-oeste do Estado do Paraná a uma latitude de 25° 27' 0" Sul, Longitude 52° 54' 28" Oeste e altitude de 630 metros. O clima do município segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa subtropical úmido mesotérmico, com verão quente (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2000, p. 1).

4.1 PREPARAÇÃO DAS LÂMINAS E TRATAMENTO TÉRMICO

As tábuas de madeiras de *Pinus taeda* foram desdobradas na marcenaria da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, e convertidas em peças de madeira de dimensões 30 x 15 x 2,5 cm (Fotografia 1). Classificou-se as lâminas, eliminando-se aquelas que apresentaram defeitos como empenos, rachaduras e incidência de ataque de insetos.



Fotografia 1: Madeira nas dimensões 30x15x2,5 cm.

Fonte: O autor (2014).

Após a classificação das lâminas, estas foram tratadas termicamente em uma prensa hidráulica na Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. As amostras foram dispostas entre os pratos da prensa (Fotografia 2), com controle de temperatura, durante uma hora. Os tratamentos térmicos são descritos abaixo:

T₀= 9 repetições não tratadas termicamente;

T₁= 9 repetições tratadas termicamente a 140 °C;

T₂= 9 repetições tratadas termicamente a 160 °C;

T₃= 9 repetições tratadas termicamente a 180 °C.



Fotografia 2: Amostras dispostas entre os pratos da prensa.

Fonte: O autor (2015).

4.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

As lâminas termo-tratadas foram reduzidas em corpos-de-prova com dimensões de 1,0 x 1,0 x 1,0 cm (Figura 1), utilizando-se para isto uma serra. Os corpos de prova foram lixados para que os mesmos apresentassem superfície lisa, lados paralelos e ausência de fendas. Em seguida foram identificados quanto ao tratamento térmico e repetição.

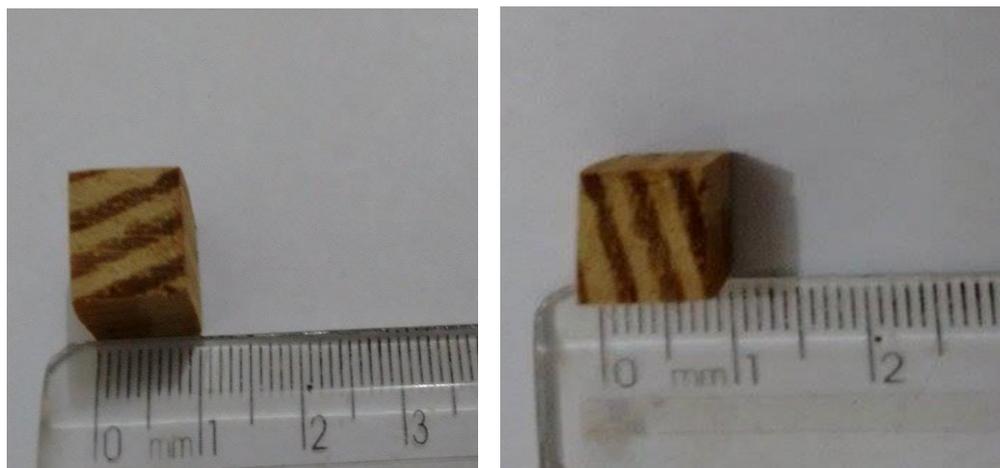


Figura 1: Corpo de prova nas dimensões 1x1x1 cm.

Fonte: O autor (2015).

Os corpos de prova foram alocados em estufas com ventilação forçada a $50 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante, antes da realização do ensaio de apodrecimento acelerado, bem como ao final deste. Após a estabilização, estes foram pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g para posterior determinação de perda de massa.

4.3 FUNGOS XILÓFAGOS E ENSAIO DE APODRECIMENTO

O ensaio de apodrecimento acelerado foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira e no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Câmpus Dois Vizinhos, em conformidade com a norma ASTM D 2017 (2005) adaptada a metodologia de Alves et al. (2006).

O fungo empregado foi de podridão branca, *Trametes versicolor*. Este foi repicado em meio de cultura malte líquido a 3%, e levado à incubadora a $26 \pm 1^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa, até o micélio recobrir totalmente a superfície do meio.

O ensaio foi montado em frascos de vidro com tampa metálica rosqueável, de 500 mL. O solo utilizado como substrato para os meios de cultura (frascos) foi coletado do horizonte B na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cada frasco foi preenchido com 207 g de solo devidamente peneirados e com pH 6,0 sendo que as características do solo encontravam-se dentro do recomendado pela ASTM D 2017 (2005). O solo foi umedecido

com 81 mL de água destilada e sendo adicionada uma placa alimentadora de madeira de *Pinus taeda* por frasco, com dimensões de 29 x 35 x 3 mm, e em seguida os frascos foram esterilizados em autoclave a $121 \pm 2^\circ\text{C}$ por 50 minutos.

Depois do resfriamento, as placas alimentadoras receberam um disco oriundo de uma cultura pura do respectivo fungo (Fotografia 3) e inoculados em uma câmara de fluxo laminar, afim de evitar contaminação. Em seguida, os frascos com os inóculos dos fungos foram condicionados em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 4\%$ de umidade relativa), sob fotoperíodo por 21 dias, período suficiente para que os mesmos colonizassem completamente as placas alimentadoras.



Fotografia 3: Placa alimentadora com disquinho de fungo.

Fonte: O autor (2015).

Enquanto isso, os corpos de prova foram autoclavados a $121 \pm 2^\circ\text{C}$ por 50 minutos. Cada frasco recebeu um único corpo de prova (Fotografia 4). Este procedimento também foi realizado em câmara de fluxo laminar.

Os frascos foram condicionados em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 4\%$ de umidade relativa), sob fotoperíodo por 6 semanas.



Fotografia 4: Placa alimentadora com corpo de prova.
Fonte: O autor (2015).

Ao final do ensaio de apodrecimento, os corpos de prova foram removidos dos frascos e cuidadosamente com o auxílio de uma escova macia removeu-se todo o micélio uma e porções de solo aderidas aos mesmos.

4.4 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MASSA

Os corpos de prova foram dispostos em estufa de ventilação forçada à temperatura de $50 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingirem peso constante e, em seguida, pesados em balança analítica com 0,0001 g de precisão para a determinação da massa final.

Através dos valores obtidos da massa inicial, antes da inoculação do fungo, e final após o ensaio de apodrecimento, calculou-se a perda de massa dos corpos-de-prova, conforme a equação abaixo:

$$PM_i(\%) = (M_i - M_f) / M_i \times 100 \quad (1)$$

Onde:

PM_t = perda de massa total;

M_i = peso inicial;

M_f = peso final.

De acordo com a perda de massa final, os tratamentos foram classificados quanto à resistência ao ataque dos fungos, segundo os critérios estabelecidos pela norma D 2017 (ASTM, 2005), sendo:

Altamente resistente (AR): quando a perda de massa encontrada estiver no intervalo de 0-10%;

Resistente (R): quando a perda de massa encontrada estiver no intervalo de 11-24%;

Moderadamente Resistente (MR): quando a perda de massa encontrada estiver no intervalo de 25-44%;

Não-Resistente (NR): quando a perda de massa encontrada estiver > 45%.

4.6 ANÁLISE DE DADOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos (140, 160 e 180° C). Cada tratamento contou com nove repetições, assim como a testemunha, totalizando 36 corpos de prova.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando constatada significância dos tratamentos, realizou-se a comparação de médias através do teste Tukey a 5% de probabilidade de erro pelo software Sisvar 5.1. O Microsoft Office Excel[®] também foi utilizado para aperfeiçoar a apresentação dos resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento térmico diminuiu a degradação causada pelo fungo de podridão branca e, conseqüentemente, perda de massa da madeira de *Pinus taeda* durante o ensaio de apodrecimento acelerado (Tabela 1). Resultado semelhante foi observado por MODES (2010, p.69) em experimento com madeiras de *Pinus taeda* tratadas termicamente em autoclave e em estufa e submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado com o fungo de podridão branca, *Trametes versicolor*. Esta autora verificou que a 160°C, a perda de massa foi 17,19% menor. Possivelmente, isso se deve à degradação parcial dos componentes primários da madeira e fonte de alimento dos fungos de podridão.

Tabela 1- Perda de massa final em *Pinus taeda* tratado termicamente em diferentes temperaturas submetido à degradação do fungo *Trametes versicolor* no ensaio de apodrecimento acelerado.

Temperatura de tratamento	Perda de massa (%)
Testemunha	3,78 b
140°C	2,27 a
160°C	2,13 a
180°C	2,23 a

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2015).

Calonego (2013, p. 420) evidencia que a repelência causada pela madeira termicamente tratada em relação ao fungo, corresponde as alterações na composição química da madeira, principalmente no que diz respeito a indisponibilidade de alimentos (hemiceluloses) para os fungos, pois com o tratamento ocorre a produção de novas moléculas que atuam como fungicidas, além de haver ligação cruzada entre a lignina e o polímero de celulose termicamente degradada.

Pereira (2013, p. 8) afirma que a celulose é esterificada pelo ácido acético durante o tratamento térmico, ocorrendo ligação do furfural às cadeias aromáticas da lignina, formando

desta forma, novos compostos e degradação das pentosanas, que são a base nutritiva para o desenvolvimento de colônia de fungos, fazendo que os mesmos fiquem impedidos de se desenvolver.

As perdas de massa causadas pelo fungo de podridão branca foram menores nas madeiras tratadas com calor, entretanto, os tratamentos a 140, 160 e 180°C foram semelhantes entre si.

O tratamento T2, a 140° C é o mais indicado para conferir maior durabilidade às madeiras de *Pinus taeda*, quando em contato com fungos de podridão branca, pois como não houve diferenças significativas entre os tratamentos, foi o que requereu menor consumo de energia.

Salienta-se que os tratamentos térmicos podem ser utilizados para conferir maior resistência a agentes biodeterioradores em madeira de outras espécies florestais e outros agentes biodeterioradores. Przybysz et al. (2013, p.3), comprovou a melhoria nas propriedades preservantes da madeira de *Pinus oocarpa* tratadas a 220 °C quando em contato com fungos xilófagos. Já Calonego (2013, p. 421) realizou o ensaio de apodrecimento acelerado com madeira de *Eucalyptus grandis* termo-tratadas em contato com fungo *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda) e *Pycnoporus sanguineus* (podridão branca). Este autor constatou que o tratamento térmico contribuiu para que as madeiras fossem menos degradadas pelos fungos estudados.

Euflosino (2012, p. 33) comprovou a eficiência do tratamento térmico, ao realizá-lo em madeira de *Pinus taeda*. Sendo que as temperaturas de 160 e 200°C foram as que apresentaram menor perda de massa sob o ataque de cupim *Nasutitermes* sp. Já Silva (2012 p. 203) constatou que as temperaturas que obtiveram menor perda de massa ao testar a mesma espécie de cupim com *Pinus taeda*, foi a de 160 e 260 °C. Teixeira (2012 p. 20) obteve os resultados desejados com temperatura de 170 °C constando, que temperaturas elevadas utilizadas no tratamento térmico em madeira de *Pinus caribaeae*, propiciaram maior durabilidade biológica da madeira.

As madeiras de *Pinus taeda* foram classificadas quanto à resistência ao ataque do fungo de podridão branca, segundo os critérios estabelecidos pela norma D 2017 (ASTM, 2005) (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação da madeira tratada quanto à resistência ao ataque do fungo, segundo os critérios estabelecidos pela norma D 2017 (ASTM, 2005).

Tratamentos	Perda de massa (%)	Classificação
T1/Testemunha	3,78	Altamente resistente
T2/Termorreificação a 140° C	2,27	Altamente resistente
T3/Termorreificação a 160° C	2,13	Altamente resistente
T4/Termorreificação a 180° C	2,23	Altamente resistente

Onde: T1 = Testemunha; T2 = Termorreificação a 140° C; T3 = Termorreificação a 160° C; T4 = Termorreificação a 180° C.

Fonte: O autor (2015).

Todos os tratamentos foram classificados como altamente resistentes. Segundo a norma, as madeiras consideradas altamente resistentes têm perda de massa inferiores a 10%. Mendes (2013, p. 555) realizou o ensaio de apodrecimento acelerado em painéis OSB de *Pinus taeda* termicamente tratados, em contato com o fungo *Trametes versicolor* e também obteve resultados semelhantes, em que todos os tratamentos, inclusive a testemunha apresentaram alta resistência ao ataque do fungo.

A alta resistência da madeira de *Pinus taeda*, de acordo com Magalhães (2005, p. 3) se explica, devido ao fato de que os fungos de podridão branca atacam preferencialmente as madeiras de folhosas, embora os mesmos possam decompor também as coníferas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

a) O tratamento térmico diminuiu a degradação causada pelo fungo de podridão branca *Trametes versicolor*.

b) A perda de massa das madeiras de *Pinus taeda* submetidas aos tratamentos térmicos foi menor, independente da temperatura utilizada.

c) Todos os tratamentos foram classificados como altamente resistentes, de acordo com a norma D2017 (ASTM 2005), sugerindo que o fungo da podridão não é um fator-chave para a degradação de madeira de *Pinus taeda*, uma vez que as perdas de massa foram inferiores a 10%.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Natália Amarante. **Biodegradação de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. Var. *australis*)**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-Graduação em Processos, Análises e Controle de Processos Industriais, Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, SP. 2010.

ALVES, Marcus Vinicius da Silva et al. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, V. 16, n. 1, p. 17-26, 2006.

ALVES, Fabiano. **Modelagem e Simulação de Biorreator Operando com Fungo *Trametes versicolor* para Produção de Enzima Lacase**. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D-2017. Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. **Annual Book of ASTM Standards**. Philadelphia, v.0410, p.5, 2005.

AMARAL, Lucas Soares. **Penetração e Retenção do Preservante em *Eucalyptus* com Diferentes Diâmetros**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2012.

ARAÚJO, Henrique José Borges; MAGALHÃES, Washington Luiz Esteves; OLIVEIRA, Luis Cláudio de. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook. K. D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Revista Acta Amazônica**. Manaus, AM. V. 42, n. 1, p. 49-58, 2012.

BALLARIN, Adriano Wagner; PALMA, Hernando Afonso Lara. Propriedades de Resistência e Rigidez da Madeira Juvenil e Adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BARILLARI, Cristiane Tabarelli. **Durabilidade da madeira do Gênero *Pinus* Tratada com preservantes: Avaliação em Campo de Apodrecimento**. 2002. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

BATISTA, Alan Ferreira, GÓIZ, Breno Ricardo Bonin; GÓIZ, Tauan Bonin. Relatório Técnico de Quantificação da biomassa e volume do talhão número 5 do horto-florestal localizado na cidade de Tupi-SP. **Trabalho Semestral**. Piracicaba, 2009.

BATISTA, Josimar Ferreira et al. Relação entre o Teor de Umidade e a Proliferação de Fungos em Madeira de Espécies Florestais. **Revista Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 9, n. 17, p. 831, dez. 2013.

BORGES, Livia Marques; QUIRINO, Waldir Ferreira. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* tratado termicamente. **Revista da Madeira**. Caxias do Sul, RS. Edição Nº 89, Abr, 2005. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1472&subject=Mercado%20Pinus&title=Atividades%20industriais%20com%20madeira%20de%20Pinus:%20atualidade%20e%20desafios>. Acesso em: 15 jul. 2014.

BORTOLUZZI, Rodolfo Lucas. Proposta de um Sistema de Automação para Tratamento de Madeiras pela Administração de Arseniato de Cobre Cromado com Aquisição Potenciométrica de dados. 2005, 148 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Programa de Pós-Graduação em Química Analítica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Pinus**. 2010. Disponível em: <http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/137>. Acesso em 18 de jul. 2014.

BRITO, José Otávio et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termoretificação. **Revista Cerne**. Lavras, v. 12, n. 2, p. 182-188, abr./jun. 2006.

BRAND, Martha Andreia; ANZMALDO, José; MORESCHI, João Carlos. Novos Produtos para o Tratamento Preservante da Madeira. “Perspectivas da Pesquisa de Utilização”. **Revista Floresta**. Curitiba, PR. V. 36, n. 1, 11p. Jan/abr. 2006.

BUFALINO, Bufalino. **Avaliação da Permeabilidade e sua Influência sobre Propriedades Físicas e de Colagem em Painéis Aglomerados**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2010.

CALIL JÚNIOR, Carlito; DIAS, Antonio Alves. Utilização da Madeira em Construções Rurais. **Revista Agriambi**. Campina Grande, V. 1, p. 71-77, 1997.

CALONEGO, Fred Willians et al. Behavior of the Brown-rot Fungus *Gloeophyllum trabeum* on Thermally- modified *Eucalyptus grandis* Wood. **Revista Floram**. Seropédica, RJ, V.20, n. 3, 2013.

EUFLOSINO, Allan Ewerton Rezende. **Eficiência da Termorreificação na Resistência das Madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* a Térmitas Xilófagos**. 2012. 51 f. Mobografia (Engenheiro Industrial Madeireiro) – Programa de Graduação Ciências Florestais e da Madeira. Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2012.

GOMES, Joaquim Ivanir; SILVA, Eike Micheline Anijar da; MELO, Ana Telma Souza de. Durabilidade de 15 Espécies de Madeiras Amazônicas em Contato com o solo em ambiente Sombreado. **Comunicado Técnico 148**. Belém, PA, 2005. 4 p.

HASSEGAWA, Mariana. **Qualidade da Madeira de *Pinus taeda* L. de Procedência da África do Sul**. 2003. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná (Londrina). João Henrique Caviglone et al. Cartas Climáticas do Paraná: Classificação climática. 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 26 jul. 2014.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 384 p, 2008.

MAGALHÃES, Washington Luiz Esteves; PEREIRA José Carlos Duarte. Método de Substituição de Seiva para preservação de Mourões. **Comunicado Técnico 97**. Colombo, PR, 2003. 5 p.

MAGALHÃES, Washington Luiz Esteves. Controle de Manchadores e Apodrecedores da Madeira de Pinus. **II Seminário de Atualidades em Proteção Florestal**. Blumenau, SC, 2005. 10 p.

MENDES, Rafael Farinassi et al. Resistência ao Ataque de Fungos Apodrecedores em Painéis OSB Termicamente tratados. **Revista Cerne**. Lavras, v. 19, n. 4, 2013.

MENDES, Rafel Farinassi et al. Resistência de Painéis Compensados de *Pinus taeda* tratados com Preservantes ao Ataque de Fungos Xilófagos. **Revista Cerne**. Lavras, V. 20, n. 1, 2014.

MODES, Karina Soares. **Efeito da Retificação Térmica nas Propriedades Físico-Mecânicas e Biológica das Madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis***. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

MORESCHI, João Carlos. **Biodegradação e Preservação da Madeira**. 4. Edição. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 54 p. 2013.

MOURA, Luiz Fernando de; BRITO, José Otávio. Efeito da termorretificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Florestalis**. Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 069-076, mar. 2011.

NAHUZ, Márcio Augusto Rabelo. Atividade Industriais com madeira de Pinus: atualidade e desafios. **Revista da Madeira**. Caxias do Sul, RS. Edição Nº 124, jul, 2010. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1472&subject=Mercado%20Pinus&title=Atividades%20industriais%20com%20madeira%20de%20Pinus:%20atualidade%20e%20desafios>. Acesso em: 16 jul. 2014

PAES, Juarez Benigno et al. Eficiência do Tratamento preservativo na resistência da madeira de leucina (*Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit.) e organismos xilófagos. **Revista Floresta Venezuela**. Mérida, v. 52, n. 1, set. 2008.

PAES, Juarez Benigno. 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, v.26, n.6, p. 761-767, 2002.

PAGLARINI, Camila de Souza et al. Análise da Histerese em Isotermas de Equilíbrio de Amêndoas de Cumbaru (*Dipteryx alata* Vogel). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v. 15, n.1, p. 1-6, 2013.

PEREIRA, Flávia Alves. **Propriedades de Painéis Tipo OSB, Fabricados com flocos de *Eucalyptus grandis* Tratados Termicamente**. 2013. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural de Viçosa. Viçosa, 2013.

PINCELLI, Ana Lúcia Piedade Sodero Martins; BRITO, José Otávio; CORRENTE, José Eduardo. Avaliação da termorretificação sobre a colagem na madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Florestalis**. Piracicaba, n. 61, p. 122-132, jun. 2002.

POUBEL, Dallyene da Silva et al. Efeito da termorreificação nas propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea*. **Revista Cerne**. Lavras, v. 19, n. 3. Set. 2013.

PRZYBTSZ, Marina et al. Resistência Biológica a Fungos Xilófagos da Madeira de *Pinus oocarpa* Termorreificada. **Revista Madeira: Arquitetura e Engenharia**. São Carlos, V. 14, p.37-46, 2013.

RODRIGUES, Rodrigo Bastos. **Eficiência de preservativos e durabilidade Natural de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* a organismos xilófagos**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

RODRIGUES, Rodrigo Bastos. **Resistência Natural da Madeira de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* a *Coptotermes gestroi* (Isoptera; Rhinotermitidae)**. 2008. 25 f. Monografia – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

RODRIGUES, Thiago Oliveira. **Efeitos da Torrefação no condicionamento de Biomassa para fins energéticos**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SERPE, Edson Luis; WATSLAWICK, Luciano Farinha. Avaliação de Incremento Diâ métrico Inicial em diferentes Espécies de Pinus na região de Santa Maria do Oeste (PR). **Revista Unicentro**. v. 2, n. 3, p. 77-87, set/dez 2009.

SGAI, Rosemary Diogo. **Fatores que Afetam o Tratamento para Preservação de Madeiras**. 2000. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.

SILVA, José de Castro; LOPEZ, Antônio Gonzalo Caballeira; OLIVEIRA, José Tarcisio da Silva. Influência da Idade na Resistência Natural da Madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden ao Ataque de cupim de Madeira Seca (*Cryptotermes brevis*). **Revista Árvore**. Viçosa, v. 28, n. 4, p. 583-587, ago. 2004.

SILVA, José de Castro. Madeira preservada e seus conceitos. **Revista da Madeira**. Caxias do Sul, RS, 2007. Edição N° 103. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1061&subject=Preservantes&title=Madeira%20preservada%20e%20seus%20conceitos. Acesso em: 04 jul. 2014.

SILVA, Marcio Rogério da. **Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de *Eucalypto citriodora* e *Pinus taeda***. 2012.

223 f. Dissertação (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS (SNIF). Recursos Florestais: As florestas Plantadas. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

SOARES, Andrey Coatrini et al. Molhabilidade em Amostras de *Araucaria angustifolia* e *Pinus elliottii* após tratamento térmico e envelhecimento. **Revista Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 447-456, dez. 2011.

SORATTO, Débora Nava. **Efeito das variáveis do Tratamento Térmico Nas propriedades da Madeira de *Eucalyptus* sp.** 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SOUZA, José Hildefonso de. **Susceptibilidade de Cinco essências Florestais (Quatro Nativas e Uma Exótica) a ação do Cupim subterrâneo Asiático, *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1986) (Isoptera: Rhinotermitidae).** 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

TEIXEIRA, Juliana Grilo. **Efeito preservativo de produtos químicos naturais e do tratamento térmico na biodeterioração da madeira de *Pinus caribaea* Morelet.** 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2012.

TRUGILHO, Paulo Fernando et al. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta Amazonica**. Manaus, 20 (único): 307-319. 1990.

VITALE, Vinicius; MIRANDA, Gabriel de Magalhães. Análise Comparativa da Viabilidade Econômica de plantios de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* na região Centro-sul do Paraná. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 40, n. 3, p. 469-476. Set. 2010.

WORRAL, James J.; ANAGNOST, Susan E.; ZABEL, Robert A. Comparison of Wood decay Among Diverse Lignicolous fungi. **Mycologia**. 89 (2), p. 199-219, 1997.