



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**GABRIEL PAURA ANTONIO**

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO DA MADEIRA DE QUATRO  
ESPÉCIES FLORESTAIS SOBRE A AÇÃO DE XILÓFAGOS MARINHOS**

Prof. Dr. HENRIQUE TREVISAN  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
JUNHO – 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**GABRIEL PAURA ANTONIO**

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO DA MADEIRA DE QUATRO  
ESPÉCIES FLORESTAIS SOBRE A AÇÃO DE XILÓFAGOS MARINHOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. HENRIQUE TREVISAN  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
JUNHO – 2018

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO DA MADEIRA DE QUATRO  
ESPÉCIES FLORESTAIS SOBRE A AÇÃO DE XILÓFAGOS MARINHOS**

**GABRIEL PAURA ANTONIO**

Monografia aprovada em 12 de Junho de 2018.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Henrique Trevisan – UFRRJ  
Orientador

---

Prof. Dr. Acacio Geraldo de Carvalho – UFRRJ  
Membro Titular

---

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho – UFRRJ  
Membro Titular

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda  
minha família e amigos queridos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me acompanhar nessa caminhada.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

Aos professores que compartilharam brilhantemente todo conhecimento.

Ao professor Henrique pela oportunidade de entrar no campo da pesquisa acadêmica, toda paciência e dedicação em ensinar e acrescentar inúmeros conhecimentos e experiências em minha vida acadêmica.

Ao CNPq pela bolsa concedida para a realização do trabalho.

A empresa BR Marinas por ter cedido o local para a realização de tal trabalho.

Aos membros da banca, professores Acácio Geraldo de Carvalho e Alexandre Monteiro de Carvalho, pela contribuição nesse trabalho e pelo tempo dedicado a enriquecê-lo.

Aos meus pais pelo apoio nessa nova graduação e colaboração em todas as minhas empreitadas.

Aos meus irmãos, verdadeiros parceiros de todas as horas.

Aos meus amigos de dentro e fora da UFRRJ, que estiveram comigo nas horas boas e nos momentos difíceis, sempre me motivando e incentivando a seguir em frente.

## RESUMO

Existem muitas razões pela qual a madeira é utilizada em larga escala mas, apesar de tantas qualidades, a madeira está sujeita à ação de organismos que deterioram esse substrato. Em ambientes marinhos, essa deterioração é proporcionada principalmente por moluscos e crustáceos. O tratamento preservativo é necessário para dificultar a ação desses organismos mas, em sua maioria, é composto por produtos químicos que causam danos ao homem e ao ambiente. Com o objetivo de minimizar esses efeitos negativos, tratamentos alternativos são incentivados, sendo o caso do tratamento térmico. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do tratamento térmico sobre a madeira de *Corymbia citriodora*, *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus urophylla* frente a ação de xilófagos marinhos. Para isso, amostras dessas madeiras sem tratamento e tratadas termicamente em temperaturas de 180°C e 220°C (por 2 e 4 horas) foram aclimatadas a 20±2°C e 65%±5% de umidade relativa, pesadas e levadas ao mar. As madeiras permaneceram submersas por cinco meses a uma profundidade média de 2,5 metros, presos a uma estrutura de PVC. Após esse tempo, foram levadas ao laboratório, limpas, realizada a contagem dos orifícios causados pelos xilófagos e novamente aclimatadas nas mesmas condições e pesadas. Durante os cinco meses na água do mar, o principal organismo registrado atuando nas amostras foi do gênero *Martesia*, sendo as madeiras mais densas, *C. citriodora* e *E. pellita* as menos deterioradas, enquanto a menos densa (*E. urophylla*), apresentou-se mais deteriorada, inclusive, com rompimento das amostras. Madeira de *C. citriodora* tratada termicamente também apresentou menor perda de massa, enquanto as outras não demonstraram o mesmo resultado. A madeira de *C. citriodora* mostrou-se mais resistente à ação de *Martesia* sp., tendo, o tratamento térmico, agregado resistência nesta madeira, em relação às madeiras de *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus urophylla*, natural ou tratada. A densidade da madeira mostra ter relação com a colonização de *Martesia* sp.

**Palavras-chaves:** termorretificação, preservação de madeira, *Martesia* sp., deterioração da madeira

## ABSTRACT

There are many reasons why wood is used on a large scale but, despite so many qualities, wood is subject to the action of organisms that deteriorate the substrate. In marine environments, this deterioration is mainly produced by mollusks and crustaceans. Wood treatment is necessary to hinder the action of these organisms, but many times it consists of chemicals that harm humans and the environment. In order to minimize these negative effects, alternative treatments are encouraged, such as heat treatment. In this context, the objective of this research was to evaluate the effect of heat treatment on the wood of *Corymbia citriodora*, *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla* against the action of marine xylophages. For this purpose, samples of these untreated and heat-treated woods at temperatures of 180° C and 220° C (for 2 and 4 hours) were acclimatized at  $20 \pm 2^\circ$  C and  $65\% \pm 5\%$  of relative humidity, weighed and taken to the sea. The wood remained submerged for five months at an average depth of 2,5 meters, attached to a PVC structure. After this time, they were taken to the laboratory, cleaned, the holes caused by xylophages counted and again acclimated under the same conditions and weighed. During the five months in seawater, the main organism registered in the wood samples was *Martesia* genus, with the most dense woods, *C. citriodora* and *E. pellita* being the least deteriorated, while the less dense wood (*E. urophylla*) more deteriorated, with rupture of the wood samples. *C. citriodora* wood treated also had lower mass loss, while the others did not show the same result. The wood of *C. citriodora* showed itself to be more resistant to the action of *Martesia* sp., the thermal treatment having added resistance in this wood, in comparison to the woods of *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla*, whether natural or treated. The density of the wood proves to be related to the colonization of *Martesia* sp.

**Keywords:** thermortification, wood preservation, *Martesia* sp., wood deterioration

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1. Xilófagos marinhos .....	2
2.1.1. Organismos incrustantes.....	2
2.1.2. Moluscos .....	3
2.1.2.1. <i>Teredo</i> sp.....	3
2.1.2.2. <i>Martesia</i> sp .....	5
2.1.3. Crustáceos .....	5
2.1.3.1 <i>Limnoria</i> sp .....	5
2.2. Preservação de madeira .....	6
2.2.1. Tratamento térmico da madeira .....	7
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	8
3.1. Obtenção da madeira e tratamento térmico.....	8
3.2. Tratamento térmico da madeira .....	9
3.3. Confeção dos corpos-de-prova e submissão aos organismos xilófagos .....	11
3.4. Análise da ação dos xilófagos marinhos .....	14
3.5. Análise estatística .....	15
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	15
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	20
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	20

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabela 1.</b> Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) da madeira de quatro espécies florestais, natural e tratada termicamente em três condições.....	16
<b>Tabela 2.</b> Número médio de orifícios ( $\pm$ desvio padrão), proporcionados pela ação de xilófagos marinhos, na madeira de quatro espécies florestais, natural e tratada termicamente em três condições e exposta em ambiente marinho por cinco meses.....	17

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Cracas. Fonte: <a href="http://cifonauta.cebimar.usp.br/photo/965/">cifonauta.cebimar.usp.br/photo/965/</a> .....	3
<b>Figura 2:</b> Madeira colonizada por <i>Teredo</i> sp.. Fonte: <a href="http://eol.org/data_objects/13238085...">eol.org/data_objects/13238085...</a>	4
<b>Figura 3:</b> <i>Martesia</i> sp. em madeira. Fonte: <a href="http://flickr.com/photos/jsjgeology/23750442343">flickr.com/photos/jsjgeology/23750442343</a> .....	5
<b>Figura 4:</b> <i>Limnoria</i> sp.. Fonte: <a href="http://cabi.org/isc/datasheet/109146">cabi.org/isc/datasheet/109146</a> .....	6
<b>Figura 5:</b> Esquema de um corte transversal na tora, demarcando regiões distintas do tronco, de onde foram retiradas tábuas para tratamento térmico e confecção dos corpos-de-prova para os ensaios. (1) Cerne interno; (2 e 3) Cerne externo e (4) Alburno.....	9
<b>Figura 6:</b> Programa de temperatura vs. tempo dos tratamentos térmicos a serem aplicados na madeira de 3 espécies de eucalipto e uma espécie de pinus. (a): aquecimento até 100°C. (b): aumento da temperatura de 100°C até a temperatura final de termorretificação (180; 220°C). (c;d): tratamento de termorretificação. (e): resfriamento.....	10
<b>Figura 7:</b> Madeira de <i>C. citriodora</i> termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.....	11
<b>Figura 8:</b> Madeira de <i>P. caribaea</i> termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.....	11
<b>Figura 9:</b> Madeira de <i>E. pellita</i> termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.....	11
<b>Figura 10:</b> Madeira de <i>E. urophylla</i> termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.....	11
<b>Figura 11:</b> Dimensões dos corpos-de-prova utilizados em ensaios com xilófagos marinhos.....	12
<b>Figura 12:</b> Estrutura de PVC portando as amostras de madeiras que foram submetidas à ação dos xilófagos marinhos .....	12
<b>Figura 13:</b> Arranjo experimental adotado para as distintas madeiras e condições de tratamento térmico .....	13
<b>Figura 14:</b> Procedimento de retirada das amostras após cinco meses de exposição em ambiente marinho .....	14
<b>Figura 15:</b> Orifícios proporcionados pela ação de <i>Martesia</i> sp., na madeira natural de quatro espécies florestais, durante cinco meses de exposição em ambiente marinho .....	17
<b>Figura 16:</b> Estrutura calcária do bivalve <i>Martesia</i> sp. em contato com a madeira .....	18

<b>Figura 17:</b> Corpos de prova rompidos de <i>E. urophylla</i> tratado termicamente e exposto à ação de xilófagos marinhos por cinco meses .....	18
<b>Figura 18:</b> Perda de massa percentual da madeira de quatro espécies florestais, natural e tratada termicamente em três condições, submetida ao ambiente marinho por cinco meses .....	19

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira – principal recurso florestal – é utilizada em larga escala, seja na produção energética ou até mesmo na construção civil, de forma temporária ou definitiva, como estruturas de cobertura, colunas e vigas (ZENID, 2009), devido sua alta resistência mecânica e estabilidade estrutural, sua beleza peculiar, durabilidade, fácil manuseio e usinagem (ARAÚJO, 2013).

No entanto, um dos fatores limitantes para utilização desse material é a deterioração biótica ou abiótica. Nesse sentido, segundo a ABNT NBR 16.143 (2013), as distintas condições de deterioração são classificadas em seis categorias, variando da condição 1, mais branda, onde a madeira é utilizada no interior de construções, protegidas de intempéries e de cupins subterrâneos ou arborícolas, até a categoria 6, mais severa, onde a madeira é exposta permanentemente ou temporariamente à água salgada ou salobra. Desse modo, a durabilidade da madeira está diretamente vinculada a espécie florestal fornecedora da madeira, bem como ao lugar onde está em serviço, uma vez que as condições apresentadas pelo local poderão favorecer ou não o à ação de organismos xilófagos (ZENID, 2009).

Do ponto de vista ecológico, a degradação da madeira em ambientes naturais proporciona um grande benefício ecossistêmico devido a ciclagem de nutrientes, formando um contínuo processo de transferência de nutrientes entre as plantas e o solo, contribuindo para o equilíbrio natural. Por outro lado, quando ocorre em madeiras destinadas a utilização humana, esse processo é caracterizado como a biodeterioração do material, acarretando em mudanças indesejáveis produzidas nesse substrato.

Em ambiente marinho, essa deterioração é provocada por dois principais grupos de xilófagos: moluscos e crustáceos. Entretanto, substâncias naturais presentes em madeiras de determinadas espécies, como materiais resinosos, taninos, alcalóides e fenóis podem proporcionar uma maior resistência a ação desses organismos (LOPEZ, 1982).

Segundo Silva (2005), nem mesmo as madeiras com comprovada resistência natural são capazes de resistir continuamente as condições ambientais, sejam elas bióticas ou abióticas, sendo o tratamento preservativo indispensável para o aumento de sua vida útil, proporcionando, assim, a redução da ameaça à florestas nativas e, conseqüentemente, possibilitando um aumento na conservação dos recursos florestais (IBAMA, 2017).

Registrados no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), os ingredientes ativos dos preservativos podem ser agrupados em três categorias segundo sua natureza: oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis (ABNT, 2013). Não obstante, a utilização de produtos preservativos de madeira abrange o uso de materiais químicos que, em sua grande maioria, são de alta toxicidade, elevando o risco de danos ao meio ambiente e a saúde daqueles que o manipulam (IBAMA, 2017).

Em busca do aumento da segurança do ambiente e, conseqüentemente do homem, se faz necessário desenvolver métodos alternativos aos químicos para aumentar a durabilidade dos produtos madeireiros. Com esse objetivo, o tratamento térmico da madeira, conhecido como termoretificação, foi criado no sentido de incorporar novas características desejáveis a esse material, aumentando sua qualidade e competitividade no mercado, de forma a melhorar sua resistência biológica, estabilidade dimensional e resistência aos raios UV (FREITAS et al., 2016), tendo como produto final algo de baixo custo e sem a adição de produtos químicos.

Nesse contexto, diversas pesquisas têm comprovado que esse processo agrega resistência à ação de fungos xilófagos, porém para térmitas os resultados não são conclusivos, tendo autores que afirmam que o tratamento térmico pode conferir propriedades antitermíticas, já outros informam o inverso, madeiras tratadas termicamente são mais susceptíveis a esses insetos. No que tange a ação de xilófagos marinhos, não se sabe a influência desse processo na ação desses organismos, sendo, portanto, necessárias pesquisas que procurem esclarecer essa questão. No Brasil, até o momento, não há nenhuma pesquisa que traga informações a esse respeito.

Baseado no exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do tratamento térmico da madeira de quatro espécies florestais de uso comercial: *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Pinus caribaea*, sobre a ação de xilófagos marinhos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Xilófagos marinhos**

Lopez (1982) define xilófagos marinhos como sendo invertebrados de hábitat marinho que causam danos a madeira e outros objetos sólidos devido a perfuração que provoca no substrato.

A descoberta e os estudos de tais organismos marinhos não é algo novo. Há relatos de ataques de xilófagos no mar com idades que chegam a 2.000 anos, sendo relatados também em viagens de grandes navegadores, incluindo Cristóvão Colombo, em 1503 (OLIVEIRA et al., 1986).

No Brasil, os ataques desses organismos se tornam mais preocupantes, pois sua intensidade e ocorrência é mais elevada na região tropical do planeta. Já em 1874, Camara (1874) destaca moluscos e crustáceos como causadores da deterioração de madeiras utilizadas em construções hidráulicas nos portos do Rio de Janeiro e na cidade de Santos. O próprio autor denomina tais organismos como nocivos e cita *Teredo* sp. e *Limnoria* sp. como sendo um dos principais responsáveis pela destruição da madeira em ambiente marinho, ficando os organismos incrustantes como responsáveis por uma deterioração bem menos intensa e muito mais lenta.

#### **2.1.1. Organismos incrustantes**

A incrustação biológica no mar (ou “biofouling”) é de grande complexidade pois envolve inúmeros grupos de organismos que colonizam superfícies sólidas submersas (WAHL, 1989) que se diferem filogeneticamente, possuem formas de vida, alimentação e hábitos competitivos diferentes, elevando a importância sobre a necessidade de conhecer seus aspectos ecológicos e métodos de prevenção de sua incrustação em superfícies de interesse humano, como embarcações, plataformas e embarcadouros (GAMA et al., 2009).

Tal colonização é resultante da dinâmica existente entre algas, animais e o ambiente (OLIVEIRA et al., 1986), sendo a incrustação essencial nesse meio turbulento, devido ao baixo peso específico dos organismos e a alta viscosidade da água salgada (GAMA et al., 2009).

Há uma gama de grupos de animais que possuem características de vida incrustante, entretanto, as cracas ocupam uma posição de destaque pois, quando em grande densidade, podem causar grandes prejuízos. Segundo Gama et al. (2009), é estimado um investimento global superior a 450 milhões de dólares anuais na prevenção da incrustação e, de acordo com o autor, se não houvessem esses investimentos, o prejuízo anual poderia ser superior a 7 bilhões de dólares.

Em uma escala menor, a incrustação prejudica as atividades de navegação, aumentando o consumo de combustível, desfavorecendo a realização de manobras e prejudicando na velocidade da embarcação, assim como favorece a corrosão de estações fixas, eleva seu peso e desconfigura a estética inicial da estrutura. Entretanto, segundo Junqueira et al. (1989), a presença, quantidade e a composição dos organismos incrustantes podem servir como um impedimento na colonização da madeira por larvas de perfuradores, como os teredos.

Com o propósito de prevenir o crescimento desses organismos, produtos como tintas anti-incrustantes são frequentemente aplicadas em superfícies de interesse do homem, aumentando a contaminação por metais em águas próximas a marinas e portos (PARADAS & FILHO, 2007).



Figura 1. Cracas. Fonte: [cifonauta.cebimar.usp.br/photo/965](http://cifonauta.cebimar.usp.br/photo/965)

## 2.1.2. Moluscos

### 2.1.2.1. *Teredo* sp.

Classificados como perfuradores, os teredos – membros da família *Teredinidae* – são organismos de corpo vermiforme, bivalves e especialistas na degradação da celulose em ambiente marinho, sendo um dos grupos de moluscos bivalves mais difíceis de identificar (MALDONADO & SKINNER, 2016; TURNER, 1966).

Assim como qualquer outro bivalve, esses moluscos são desprovidos de cabeça, possuem dois pares de brânquias e dispõem de duas valvas compostas de carbonato de cálcio, sendo ela a principal diferença anatômica dos terenídeos devido a seu tamanho diminuto, juntamente com o formato alongado de seu corpo e a presença de uma estrutura calcária com função de bloquear o túnel perfurado em caso de condições

externas indesejáveis, no qual habitam por todo período de vida (BOGAN, 2008; OLIVEIRA et al., 1986).

De acordo com Turner (1966), esses organismos também podem ser encontrados em águas salobras e colonizam a madeira durante seu estágio larval, onde possuem habilidade de nado, sofrem metamorfose e iniciam o processo de perfuração da superfície madeireira, se alimentando de tal substrato e de plâncton, contribuindo para o processo de ciclagem de nutrientes nesses ambientes através da transformação do material vegetal em fontes de alimento para outras criaturas (OLIVEIRA et al., 1986).

Já em 1874, Camara (1874) descreve a espécie *Teredo navalis* como sendo um xilófago de ação surpreendente, pernicioso e rápida, onde evolui de um diâmetro insignificante no momento da colonização, para um aumento de tamanho conforme avança sua idade e o desenvolvimento de seu corpo.

A distribuição de suas espécies em ambientes marinhos ou em águas salobras e seu nível de infestação estão diretamente relacionados com alguns elementos, tais como a presença de madeira, o nível de incrustação biológica no substrato, salinidade, temperatura e poluição da água (Junqueira et al., 1989).

Após análise em cinco pontos da costa do Rio de Janeiro, Junqueira et al. (1989) verificou que, na Baía de Sepetiba (Mangaratiba, Itacuruçá e Barra de Guaratiba), a espécie *Bankia fimbriatula* Moll & Roch, 1931 predominou com média de 64,8%, sendo explicado pela baixa salinidade decorrente da existência de diversos rios que desembocam na região, fomentando a sua característica de espécie eurihalina.

A precariedade de estudos sistemáticos aprofundados sobre esses organismos perfuradores ao longo da costa brasileira coopera para a dificuldade na identificação dos mesmos em atividades de controle e prevenção. Além do mais, maiores esforços na busca do conhecimento a respeito de seu recrutamento, perfuração, resistência e preservação da madeira são cruciais para o controle dos danos causados por *Teredos* sp. (MÜLLER & LANA, 1986).



Figura 2. Madeira colonizada por *Teredo* sp.. Fonte: eol.org/data\_objects/13238085

### 2.1.2.2. *Martesia* sp.

Pertencentes a família *Pholadidae*, subfamília *Martesiinae*, o gênero *Martesia* é composto por organismos bivalves com conchas notavelmente variáveis dentro das espécies pertencentes ao gênero, de modo a dificultar uma identificação preliminar da espécie, sendo necessário uma análise mais profunda envolvendo outras características como as placas acessórias e os sífões (HOLMES et al., 2015; OLIVEIRA et al., 1986).

Diferentemente dos *Teredinidae*, os *Pholadidae* apresentam o corpo envolvido completamente pelas conchas, além da ausência das palhetas para a proteção dos sífões (LOPEZ, 1982).

Turner (1955) descreve suas conchas como sendo diminutas, de modo a não ultrapassar 50 mm de comprimento, de estrutura leve e com coloração clara. Segundo Holmes et al. (2015), suas duas conchas são fechadas por uma estrutura calcária chamada calo, cuja formação ocorre após o processo de perfuração da madeira (OLIVEIRA et al., 1986), independentemente do tamanho do organismo.

Assim como os *Teredos* sp., a *Martesia* sp. é um molusco perfurador que utiliza métodos mecânicos para sua penetração no substrato mas, por outro lado, diferente do molusco anteriormente citado, a *Martesia* sp. se alimenta unicamente de plâncton e utiliza a madeira como local de abrigo (TURNER, 1955).

Sendo uma das espécies que mais causam danos na madeira em ambiente marinho (TURNER, 1971), a presença de espécies como *Martesia striata* L. é controlada por fatores como a temperatura, turbidez, salinidade e pH da água e, mesmo assim, sua distribuição pelo globo terrestre é bastante ampla (SERPA, 1978).



Figura 3. *Martesia* sp. em madeira. Fonte: flickr.com/photos/jsjgeology/23750442343

### 2.1.3. Crustáceos

#### 2.1.3.1. *Limnoria* sp.

Dentre os organismos da classe *Crustacea*, os pertencentes ao gênero *Limnoria* são os que causam os maiores danos a madeira (SERPA, 1978).

Esses xilófagos podem ser encontrados tanto em água salgada quanto em água doce e deterioram a madeira através da construção de túneis que podem atingir até 2 mm de diâmetro na busca de alimentos e local de incubação (SANTINI, 1988). Seu corpo é composto por sete pares de patas e dificilmente ultrapassam poucos milímetros de comprimento (LOPEZ, 1982).

Ainda que tenha um tamanho diminuto, Lopez (1982) descreve a *Limnoria* sp. como sendo detentora de uma afiada e recurvada garra capaz de aderir fortemente a madeira e permanecer mesmo em condições de forte correnteza, além de conter fortes mandíbulas que possuem papel de lixa, perfurando o substrato.

Conforme exposto por Brito (2014), apesar do aparente dano irrisório causado pela *Limnoria* sp. na superfície da madeira, o constante choque da água com a superfície de tal material promove a remoção da camada enfraquecida e, conseqüentemente, a exposição de uma nova faixa passível de deterioração que, quando intensamente atacada, pode abrigar mais de 50 indivíduos de idades distintas por centímetro quadrado (MORESCHI, 2013).

Possuem dois pares de antenas sensitivas e o comportamento de enrolarem o corpo em formato de bola quando molestados, devido o seu esqueleto articulado. Sua alimentação é baseada em microrganismos que habitam a madeira, bactérias e hifas de fungos (OLIVEIRA, 1986).

Como destaque, Moreschi (2013) cita a espécie *Limnoria tripunctata* devido observar-se uma alta tolerância ao creosoto – um dos principais produtos utilizados na preservação da madeira que fica em contato com a água salgada.



Figura 4. *Limnoria* sp. Fonte: [cabi.org/isc/datasheet/109146](http://cabi.org/isc/datasheet/109146)

## 2.2. Preservação de madeira

Tendo em vista a vasta utilização da madeira em construções, é comum encontrarmos trabalhos nacionais e internacionais a respeito da resistência natural de diversas espécies de madeira (LOPEZ, 1982), entretanto, sabe-se que nem mesmo aquelas mais resistentes suportam ações de xilófagos por muito tempo. Além do mais, sua disponibilidade no mercado é reduzida, sendo atualmente substituídas por madeiras de espécies de rápido crescimento (VIDAL et al, 2015).

O tratamento preservativo da madeira tem por finalidade prolongar a vida útil do material enquanto estiver sendo utilizado pelo homem, de modo que o conjunto de medidas preventivas seja feito a partir de técnicas ou produtos que dificultam o ataque

de agentes deterioradores, sendo eles biológicos, físicos ou químicos (MORESCHI, 2013; ABNT, 2013).

Vidal et al. (2015) afirma que para atingir sucesso na preservação da madeira devemos levar em consideração alguns fatores como a espécie, o risco biológico que ela estará suscetível e os métodos de tratamento e componentes preservativos, bem como a retenção e penetração dos produtos preservativos.

No Brasil, a utilização de madeiras previamente tratadas ainda corresponde a um número pequeno se comparado com o uso de madeira em outros seguimentos, como celulose e carvão vegetal (CHAGAS, 2015) e teve seu começo a partir do aumento do desenvolvimento industrial, que acarretou na elevada demanda de madeiras com maior resistência a ação de organismos xilófagos. Nesse cenário, produtos como o borato de cobre cromatado (CCB) e o arseniato de cobre cromatado (CCA) tornaram-se componentes muito utilizados no tratamento de madeiras de eucalipto (FREITAS, 2002), sendo o CCA indicado para a proteção da madeira contra agentes marinhos (BRAND et al., 2006), sejam eles perfuradores, fungos apodrecedor, embolorador ou manchador, desde que obedeçam a norma de retenção mínima e atinjam uma penetração de 100% do alburno e a porção permeável do cerne (ABNT, 2013).

Outro preservativo largamente utilizado é o óleo creosoto, sendo ele também eficiente no bloqueio do ataque de *Teredo* sp.. Ainda assim, tais substâncias possuem muitas restrições em diversos locais do mundo devido ao impacto causado no ambiente e na saúde dos seres humanos e animais (SINGH & SINGH, 2012; KLÜPPEL et al., 2015)

Métodos alternativos como a modificação química ou térmica da madeira vêm ganhando espaço nas pesquisas. Hill (2009) expõe que o início dos processos de modificação térmica teve origem na Finlândia na década de 1990 e consiste no aquecimento da madeira em temperaturas que podem variar de 100°C a 280°C.

### **2.2.1. Tratamento térmico da madeira**

Segundo Hill (2009), de forma geral, o tratamento térmico – também conhecido como termorretificação – envolve a degradação controlada da madeira, de modo a agregar novas características ao material. Esse procedimento confere melhorias na capacidade de repelência à água, estabilidade dimensional e incremento na resistência biológica da madeira e ao intemperismo (MOHEBBY & SANAEI, 2005; MOURA et al., 2012), sendo um método bastante comum em países europeus e nos Estados Unidos em razão de seus aspectos pouco poluentes, entretanto, no Brasil, apesar dessa técnica agregar valor a madeira e possibilitar a ampliação de sua utilização, ela é pouco utilizada em madeiras comerciais (ZANUNCIO et al., 2014).

Do ponto de vista negativo, Moura et al. (2012) relata que há redução da resistência mecânica em madeiras que passaram por processos de modificação térmica e que há evidências que isso ocorre devido a eliminação dos carboidratos durante o tratamento.

De modo geral, segundo Kamdem et al. (2002), o período de tratamento pode variar de 15 minutos a 24 horas e chegar a temperaturas de até 280°C. Esses métodos irão variar de acordo com a característica final desejada, o teor de umidade da madeira e da espécie que for passar pelo tratamento.

Sendo um dos pioneiros no estudo da termorretificação, Brito (1993) tratou termicamente a madeira de *Eucalyptus saligna* e estudou a influência desse processo na redução da massa e da densidade, na composição química e na retração volumétrica.

O material após termorretificado apresenta uma coloração consideravelmente escurecida por causa do efeito da degradação térmica e, do ponto de vista biológico, ocorre o aumento da resistência à deterioração quando comparada com madeiras não modificadas (HILL, 2009). Tal resistência também foi observada por Militz&Tjeerdsma (2001) na ação fungos xilófagos, bem como estudos realizados por Rapp&Sailer (2001) e Trevisan et al. (2014), podendo esse fenômeno ser explicado pela mudança da composição química do material, tornando a hemicelulose indisponível para esses organismos.

Em contrapartida, apesar da resistência contra fungos xilófagos, Pessoa et al. (2006) relata resultados insatisfatórios em madeira termorretificada frente a ação de cupins de madeira seca ou, até mesmo, resultando na transformação para um material mais vulnerável para esses organismos (TREVISAN et al., 2014), sugerindo a inviabilidade do tratamento para controle de térmitas.

É evidente na literatura a necessidade de maiores pesquisas sobre a termorretificação sem que haja a perda de propriedades mecânicas da madeira (Moura et al., 2012), bem como o aumento no número de estudos visando os benefícios do tratamento térmico contra o ataque de organismos xilófagos. No que tange a resistência da madeira contra brocas marinhas, esses estudos são ainda mais escassos (WESTIN et al., 2006), principalmente na utilização da termorretificação como medida de prevenção, onde não foram encontradas pesquisas científicas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Obtenção da madeira**

Para execução deste experimento foram abatidas quatro árvores de *E. pellita*, *E. urophylla*, *C. citriodora* e *P. caribaea* cultivadas no campus da UFRRJ. Destas, foram retiradas quatro toras de 2,40 metros de comprimento, a partir do DAP (diâmetro à altura do peito).

Na marcenaria, utilizando-se uma serra de fita, foram retiradas duas costaneiras de cada tora, transformando-as em blocos de aproximadamente 24x24 cm. Estes foram processados em uma serra visando a obtenção de tábuas com espessura nominal de 4 cm. Desta forma, foram realizados cortes no bloco, sendo este desdobrado em tábuas tangenciais. Estas foram identificadas por árvore e porção, conforme a cor impressa no topo das peças (Figura 5). Esse material foi entabicado e submetido a um programa de secagem suave em estufa, que resultou em uma umidade média final de 12% na madeira.

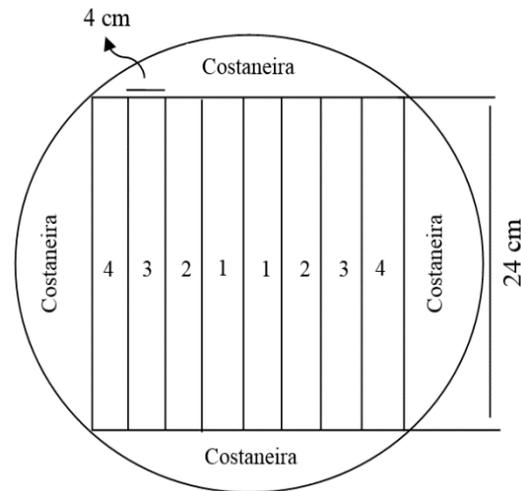


Figura 5. Esquema de um corte transversal na tórax, demarcando regiões distintas do tronco, de onde foram retiradas tábuas para tratamento térmico e confecção dos corpos-de-prova para os ensaios. (1) Cerne interno; (2 e 3) Cerne externo e (4) Albúrnio.

Neste experimento foi considerado a madeira procedente das regiões 2 e 3 das tórax, ou seja, madeira com características de cerne externo. Esse procedimento foi adotado em função de que a madeira procedente do cerne externo das árvores comumente apresenta-se como sendo mais durável.

### 3.2. Tratamento térmico da madeira

As tábuas foram dimensionadas em tamanho adequado para tratamento térmico na Mufla elétrica modelo Linn Eletro Therm, em quantidade suficiente para fornecer matéria prima para a confecção de todos os corpos-de-prova utilizados nos ensaios com os xilófagos marinhos.

Para proceder ao tratamento térmico, a madeira foi aquecida até 100°C por um período de 2 horas (Figura 6a), aumentando-se a temperatura de 100°C até as temperaturas de termorretificação em período correspondente a 30 minutos (Figura 6b), permanecendo nestas condições por 2 e 4 horas, conforme o tratamento (180°C; 220°C) (Figura 6c;d) e, por fim, procedendo-se o resfriamento (Figura 6e). As temperaturas de 220°C e 240°C, segundo Paes et al. (2015), conferiram aumento significativo à ação de térmitas na madeira de *C. Citriodora*, em ensaios de laboratório. Diante deste relato, a temperatura de 220°C foi adotada na proposta deste experimento, sendo acrescido o tratamento de 180°C.

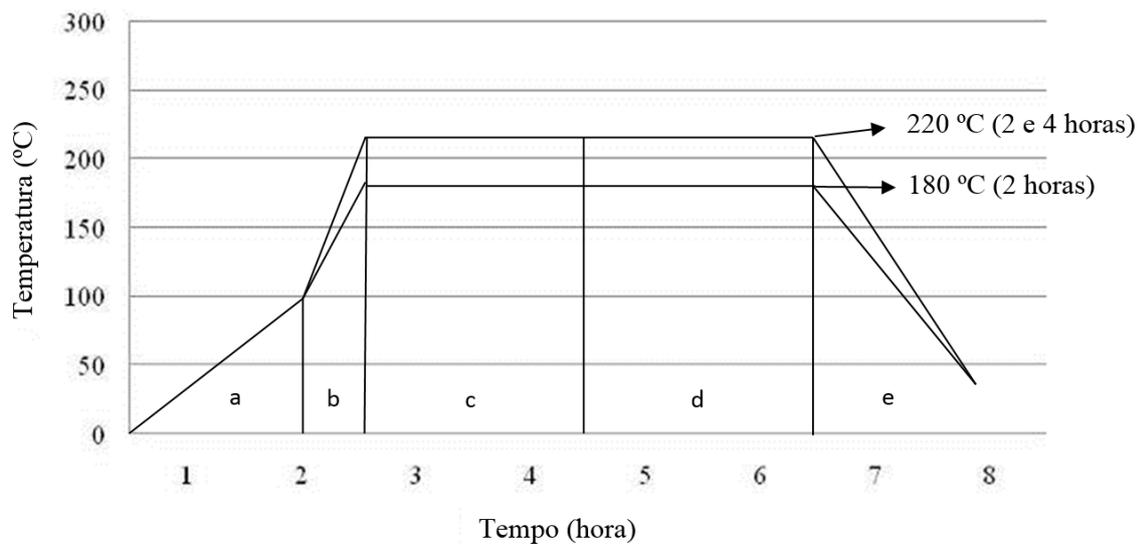


Figura 6. Programa de temperatura vs. tempo dos tratamentos térmicos a serem aplicados na madeira de 3 espécies de eucalipto e uma espécie de pinus. (a): aquecimento até 100°C. (b): aumento da temperatura de 100°C até a temperatura final do tratamento térmico (180; 220°C). (c;d): tratamento térmico. (e): resfriamento.

Após o tratamento térmico as madeiras apresentaram alteração de cor, conforme ilustrado nas figuras 7; 8; 9 e 10.



Figura 7. Madeira de *C. citriodora* termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.



Figura 8 Madeira de *P. caribaea* termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.



Figura 9. Madeira de *E. pellita* termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.



Figura 10. Madeira de *E. urophylla* termorretificada em três condições distintas e sem tratamento térmico.

### 3.3. Confecção dos corpos-de-prova e submissão aos organismos xilófagos

Os corpos-de-prova foram confeccionados medindo 24x4x4 cm (Figura 11) e realizado os parâmetros conforme expressos na Figura 6. Posteriormente, foram climatizados à  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $65\%\pm 5\%$  de umidade relativa, até atingirem um teor de umidade de aproximadamente 12%. Nesta condição sua massa foi registrada e a densidade aparente calculada.

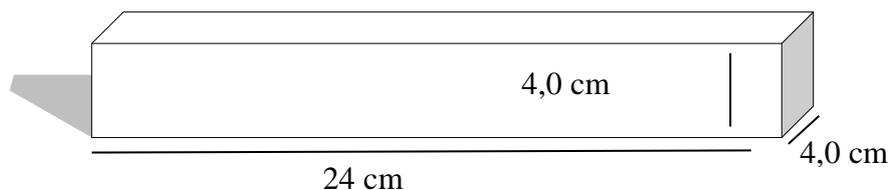


Figura 11. Dimensões dos corpos-de-prova utilizados em ensaios com xilófagos marinhos.

A metodologia de exposição dos corpos-de-prova da madeira de *E.urophylla*, *P.caribaea*, *C.citriodora* e *E.pellita*, à ação dos xilófagos marinhos, foi baseado no método utilizado por Milano & Lopez (1978), quando avaliaram a resistência natural de 10 espécies de madeiras à ação desses organismos, no litoral de São Paulo. Para tanto, foi construída uma estrutura feita com tubos de PVC de 60x90x100 cm, sendo os corpos-de-prova confeccionados com madeira tratada termicamente e natural dispostos em fileiras horizontais.

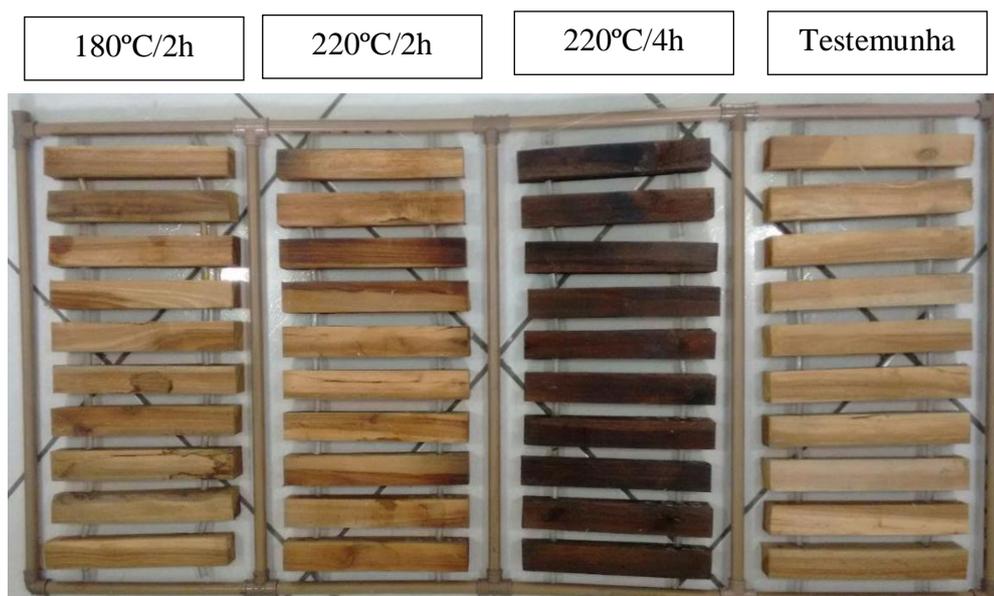


Figura 12. Estrutura de PVC portando as amostras de madeiras que foram submetidas à ação dos xilófagos marinhos.

Para cada madeira e condição de tratamento térmico, adotou-se dez repetições, dispostas em blocos inteiramente casualizados, onde cada amostra recebeu um número de identificação (Figura 13).

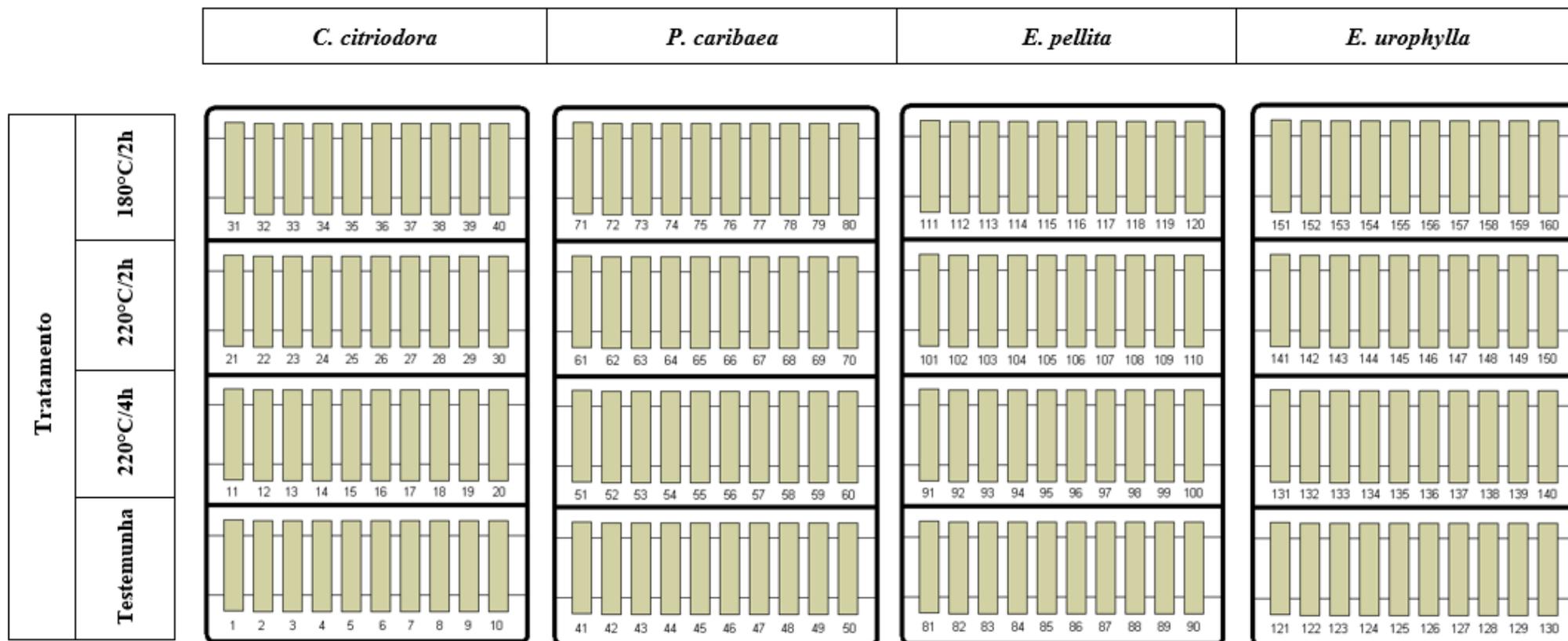


Figura 13. Arranjo experimental adotado para as distintas madeiras e condições de tratamento térmico.

Os corpos de prova foram unidos e fixados à estrutura de PVC utilizando-se fios de nylon, tendo um espaçador de 2 cm entre as amostras, fabricado com uma mangueira de borracha.

As quatro estruturas foram instaladas em ambiente marítimo, no Distrito de Itacuruça, município de Mangaratiba, Rio de Janeiro, em um píer antropizado pertencente a empresa BR-Marinhas, onde ficaram submersas por cinco meses.

Tais estruturas foram fixadas com cordas nas colunas de sustentação do píer, ficando submersas a uma profundidade média que variou de dois a três metros da linha d'água, sendo realizadas inspeções mensais para avaliação da colonização por parte dos organismos. Ao final desse período, as amostras foram retiradas do ambiente aquático e trazidas para o laboratório, onde avaliou-se a ação dos xilófagos marinhos nas diferentes madeiras e condições de tratamento térmico (Figura 14).



Figura 14. Procedimento de retirada das amostras após cinco meses de exposição em ambiente marinho.

### 3.4. Análise da ação dos xilófagos marinhos

No laboratório, as amostras passaram por um processo de limpeza, no qual retirou-se limo, algas e organismos incrustantes.

Com os corpos-de-prova devidamente limpos e organizados de acordo com a espécie e o tratamento térmico, foi efetuado a contagem dos orifícios proporcionados pela ação dos xilófagos marinhos. Posteriormente, procedeu-se a aclimação dos corpos-de-prova em local com as mesmas condições de umidade e temperatura da primeira aclimação, sendo elas  $65\% \pm 5\%$  e  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , respectivamente, até atingirem peso constante, sendo o indicativa estabilização do teor de umidade em 12%.

Feito a aclimação das amostras, a massa foi novamente registrada a fim de calcular-se a diferença com o valor mensurado anteriormente à ação dos xilófagos.

### **3.5. Análise Estatística**

A análise estatística dos dados foi realizada no programa BioEstat versão 5.0. Para isso a normalidade dos dados foi conferida pelo teste de Lillefors a 5% de significância. Constatada a normalidade, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância para as comparações provindas de mais de dois grupos amostrais. No caso das comparações oriundas de dois grupos amostrais, aplicou-se o teste t nas análises de variâncias, com o mesmo nível de significância. Procedimentos estatísticos sugeridos por AYRES et al. (2007).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A densidade da madeira é uma variável que comumente afeta a ação de organismos xilófagos, sendo que madeiras mais densas costumam ser mais resistentes à deterioração em relação às menos densas (Paes et al., 2015), sem levar em conta os extrativos que agreguem resistência aos xilófagos. Nesse sentido observou-se que os maiores valores de densidade aparente foram registrados em *C. citriodora*, sucedida por *E. pellita*, *E. urophylla* e *P. caribaea*, seja na forma natural ou após tratamento térmico (Tabela 1).

Tabela 1. Densidade aparente média ( $\pm$  desvio padrão) da madeira de quatro espécies florestais, natural e tratada termicamente em três condições.

Madeira	Tratamento	Densidade Aparente Média (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	
			Máxima	Mínima
<i>C. citriodora</i>	Natural	0,97 $\pm$ 0,0370	1,02	0,90
	180°C/2h	0,92 $\pm$ 0,0182	0,96	0,90
	220°C/2h	0,92 $\pm$ 0,0302	0,98	0,89
	220°C/4h	0,88 $\pm$ 0,0243	0,90	0,83
<i>P. caribaea</i>	Natural	0,60 $\pm$ 0,0770	0,70	0,50
	180°C/2h	0,57 $\pm$ 0,0723	0,68	0,46
	220°C/2h	0,56 $\pm$ 0,0854	0,67	0,45
	220°C/4h	0,56 $\pm$ 0,0819	0,64	0,42
<i>E. pellita</i>	Natural	0,82 $\pm$ 0,0436	0,87	0,73
	180°C/2h	0,76 $\pm$ 0,0266	0,79	0,70
	220°C/2h	0,72 $\pm$ 0,0390	0,76	0,65
	220°C/4h	0,64 $\pm$ 0,0410	0,72	0,57
<i>E. urophylla</i>	Natural	0,61 $\pm$ 0,0588	0,69	0,52
	180°C/2h	0,64 $\pm$ 0,1807	1,13	0,47
	220°C/2h	0,56 $\pm$ 0,0539	0,62	0,46
	220°C/4h	0,53 $\pm$ 0,0653	0,65	0,42

Também foi possível observar que, após o tratamento térmico, houve a diminuição no valor da densidade em todas as madeiras (com exceção do *E. urophylla* tratado a 180°C/2h) de modo que os menores valores foram observados na madeira tratada termicamente de *P. caribaea*. De forma geral, quanto maior a temperatura e maior o tempo de exposição, menores foram os valores médios de densidade registrados, sendo o tratamento de 220°C, pelo período de 4 horas, aquele que proporcionou corpos-de-prova menos densos. Resultados reportando a redução da densidade de madeiras após tratamento térmico também foram descritos por Soratto (2012).

Nesse contexto, madeiras mais densas utilizadas na construção naval possuem resiliência quando submetidas a cargas repentinas e são razoavelmente resistentes à abrasão, sendo caracterizado como um material de características desejáveis. O grande problema está na exposição à ação de organismos xilófagos, entre esses os moluscos e crustáceos, tornando a proteção efetiva contra esses organismos um fator importante a ser estudado (CRAGG et al., 1999).

Portanto, durante os cinco meses de exposição no ambiente marinho, o principal agente atuante nas madeiras foi um Pholadidae do gênero *Martesia*, que proporcionou uma grande quantidade de orifícios circulares (Figura 15).



Figura 15. Orifícios proporcionados pela ação de *Martesia* sp., na madeira natural de quatro espécies florestais, durante cinco meses de exposição em ambiente marinho.

Ao retirar o experimento que ficou submerso, constatou-se a perda das amostras de *P. caribaea* submetidas aos tratamentos de 220°C/2h e 220°C/4h e as amostras de *E. pellita* tratadas a 220°C/4h, impossibilitando a utilização de seus dados para análises.

Em relação a densidade da madeira e a ação de *Martesia* sp., constatou-se que as madeiras mais densas, *C. citriodora* e *E. pellita*, apresentaram número médio de orifícios significativamente inferior quando comparado com *P. caribaea* e *E. urophylla*, que são madeiras menos densas (Tabela 2). Esse registro sugere que a densidade é uma variável que agregou resistência à ação de xilófagos marinhos, sobretudo em *Martesia* sp., organismo que proporcionou todos os orifícios mensurados neste experimento.

Tabela 2. Número médio de orifícios ( $\pm$  desvio padrão), proporcionados pela ação de xilófagos marinhos, na madeira de quatro espécies florestais, natural e tratada termicamente em três condições e exposta em ambiente marinho por cinco meses.

Madeira	Condição da madeira			
	Natural	180°C/2h	220°C/2h	220°C/4h*
<i>C. citriodora</i>	139 $\pm$ 29 B a	106 $\pm$ 16 C a	117 $\pm$ 31 C a	120 $\pm$ 33 B a
<i>P. caribaea</i> *	440 $\pm$ 160 Aa	394 $\pm$ 55 Aa	-----	-----
<i>E. pellita</i>	185 $\pm$ 54 B a	204 $\pm$ 68 B a	236 $\pm$ 65 B a	-----
<i>E. urophylla</i>	348 $\pm$ 85 Aa	440 $\pm$ 70 Aa	345 $\pm$ 87 Aa	371 $\pm$ 118 Aa

Letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem estatisticamente (Tukey 5% de significância). \*As comparações provindas de dois grupos amostrais foram realizadas pelo teste t a 5% de significância.

A essa hipótese convém informar que *Martesia* sp. é um organismo que, embora promova quantidade significativa de orifícios em madeiras expostas no mar, ele não se alimenta dela, somente a utiliza como abrigo (TURNER, 1955). Portanto, diante desse fato, pode-se supor que a maior resistência à *Martesia* sp., registrada em *C. citriodora* e *E. pellita*, seja mesmo atribuída à superior densidade destas madeiras em relação às demais, pois seria improvável que algum atributo químico deletério, como extrativos tóxicos, estivesse atuando no ciclo biológico desse organismo, já que ele não se alimenta desse substrato. Por outro lado, essa suposta intoxicação poderia ocorrer por contato do tecido do organismo com a madeira, hipótese improvável já que *Martesia* sp. é protegida por duas estruturas calcárias, sendo estas que permanecem em contato permanente com a madeira (Figura 16).



Figura 16. Estrutura calcária do bivalve *Martesiasp* em contato com a madeira.

Ainda levando em consideração a relação entre a densidade e o dano causado nas amostras, observou-se que as madeiras de *E. urophylla* tratadas termicamente à 220°C, por duas e quatro horas e, portanto, com menores valores de densidade, foram as únicas que tiveram os corpos-de-prova rompidos, corroborando com a hipótese de que a densidade proporcionou maior resistência contra à ação dos organismos. Ainda, pode-se inferir que o tratamento térmico nessa madeira é um processo que confere, de forma mais evidente, alterações nos constituintes poliméricos que facilitam seu rompimento, já que as amostras desta madeira foram as únicas a apresentarem rompimento durante a exposição em ambiente marinho (Figura 17).

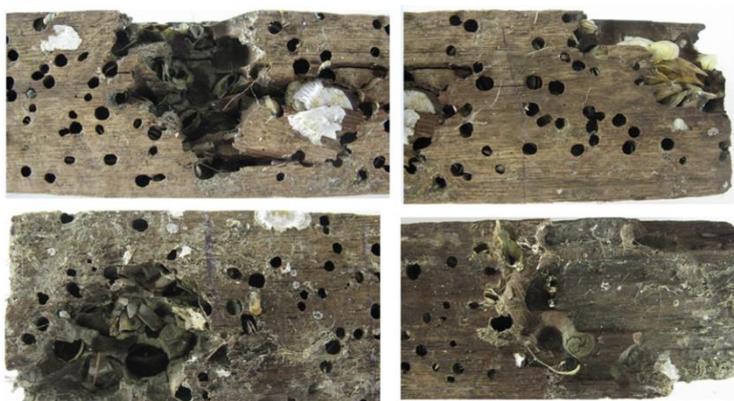


Figura 17. Corpos de prova rompidos de *E. urophylla* tratado termicamente e exposto à ação de xilófagos marinhos por cinco meses.

Os poucos trabalhos sobre a agregação de resistência à xilófagos marinhos por modificação térmica da madeira são estrangeiros, sendo que a totalidade dessas investigações expõem que esses tratamentos geralmente não forneceram proteção eficiente contra a deterioração por xilófagos marinhos, como o tratamento térmico na presença de gás N<sub>2</sub>, por exemplo (KLÜPPEL et al., 2015; WESTIN et al., 2006). Westin et al. (2006) também relata que madeiras modificadas por derivados de óleo reativo de linhaça apresentaram, inclusive, ataques mais severos quando comparadas com os corpos-de-prova de controle. Além do mais, o crescimento de organismos incrustantes, como cracas, não foi interferido em madeiras modificadas.

No entanto, apesar de não ter ocorrido agregação significativa de resistência, em relação a madeira natural, em nenhuma das madeiras tratadas termicamente, convém relatar que as amostras de *C. citriodora* e *P. caribaea*, submetidas ao tratamento térmico, em todas as condições, apresentaram – embora sem diferença estatística – número médio menor de orifícios em relação aos corpos-de-prova das suas respectivas testemunhas (Tabela 2). Por outro lado, nas madeiras de *E. pellita* e *E. urophylla*, esse padrão foi inverso, podendo sugerir que o processo de modificação térmica nas madeiras, sobretudo em *C. citriodora*, tenha agregado alguma característica que dificultou a ação de *Martesia* sp.. Vale ressaltar que essas observações sugerem a oportunidade para novas investigações, onde possa ser esclarecida a causa dessas constatações, cujo experimental aqui abordado não objetiva-se.

Essa menor ação de *Martesia* sp. na madeira de *C. citriodora*, principalmente nas madeiras tratadas termicamente, resultou em uma perda de massa acentuadamente menor em relação às demais madeiras, resultado que corrobora a hipótese acima mencionada. Por outro lado, as madeiras oriundas das demais espécies não apresentaram o mesmo comportamento em relação à perda de massa (Figura 18).

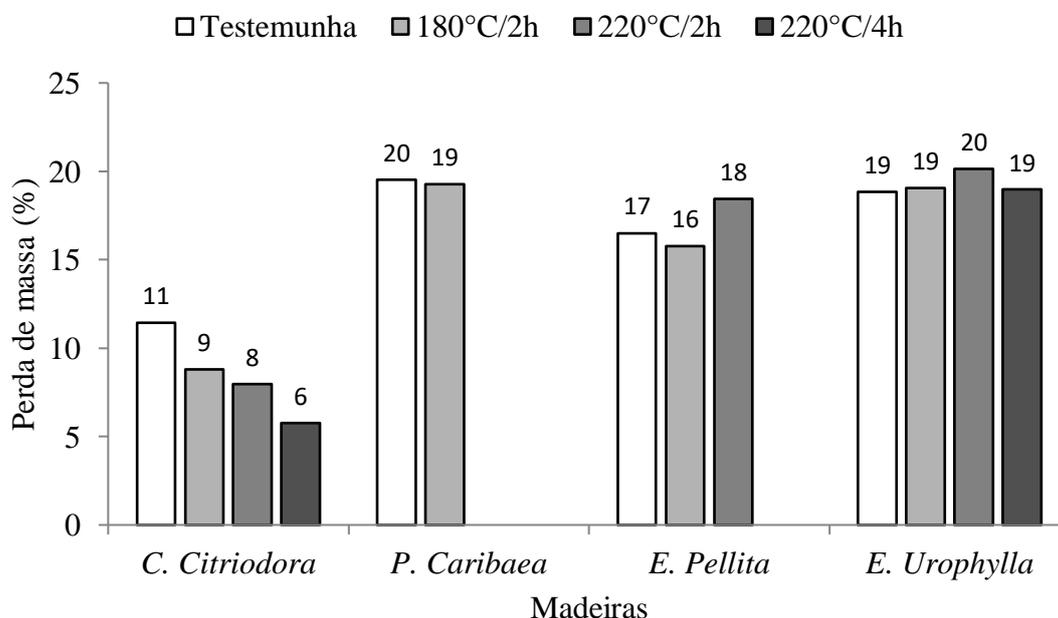


Figura 18. Perda de massa percentual da madeira de quatro espécies florestais, natural e tratada termicamente em três condições, submetida ao ambiente marinho por cinco meses.

Ainda, também é possível observar que, apesar da madeira de *C. citriodora* tratada termicamente não ter apresentado número médio de orifícios significativamente

menor em comparação com sua testemunha, como relatado anteriormente, verificou-se, no entanto, que essa madeira, após tratamento térmico, apresentou-se com quantidade significativamente menor de orifícios em relação às demais madeiras, em todas as comparações (Tabela 2). Desse modo, pôde-se dizer, portanto, que o tratamento térmico em *C. citriodora* agregou resistência em relação às demais madeiras.

## 5. CONCLUSÕES

- A madeira de *Corymbia citriodora* é mais resistente à ação de *Martesia* sp. em relação a madeira de *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus urophylla*.
- O tratamento térmico da madeira de *Corymbia citriodora*, *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus urophylla* propicia efeitos diferenciados quanto à ação de *Martesia* sp..
- O tratamento térmico da madeira de *Corymbia citriodora* à 180°C/2; 220°C/2 e 4h aumenta a resistência à ação de *Martesia* sp. em relação a madeira natural.
- A perda de massa da madeira de *Corymbia citriodora*, submetida ao ambiente marinho por cinco meses, é reduzida em relação a madeira natural, quando submetida à tratamento térmico, já para às madeiras de *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita*, tratadas termicamente, a perda de massa é equivalente à da madeira natural, para *Eucalyptus urophylla* esse tratamento aumenta a perda de massa em relação a madeira natural.
- O tratamento térmico de *Eucalyptus urophylla* à 220°C por 2 e 4 horas promove rompimento da madeira quando submetida por cinco meses em ambiente marinho.
- A densidade da madeira demonstra ter influência na colonização da madeira por *Martesia* sp..

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 16142**: Preservação de madeiras – Sistema de categorias de uso. Rio de Janeiro, 2013. 19p.

AMÂNCIO, J. M.; TREVISAN, H.; MARTINS, M. V. DE C.; CARVALHO, A. G. Madeirastermorretificadas são mais resistentes à ação de xilófagos em condições de campo?. **III Reunião Anual de Iniciação Científica**. Seropédica, UFRRJ-RAIC, 2015.

ARAÚJO, Rosanne Teixeira. Alternativas sustentáveis de uso da madeira na construção civil. **Revista Especialize On-line IPOG**, Ed. 4, p. 1-15, 2013. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online-busca/?autor=Rosanne%20Teixeira%20de%20Ara%FAjo>>. Acesso em: 13/04/2018.

AYRES, M.; AYRES Jr, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. A. **BioEstat 5.0 – Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas**. Sociedade Civil Mamirauá, Tefé, 2007. 380p.

BOGAN, A. E. Global diversity of fresh water mussels (Mollusca, Bivalvia) in fresh water. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 139–147, 2008.

BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. “perspectivas da pesquisa e utilização”. **Floresta**, v. 36, n. 1, p. 129-138, 2006.

BRITO, J.O. Estudo preliminar de retificação térmica da madeira de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO,7, **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. 774 p.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. 502 f. Tese - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

CAMARA, J. E. **Notícia sobre os molluscos e crustaceos que atacam a madeira nos portos do Brazil**: vertida para o francez e acompanhada de desenhos e amostras enviadas á exposição de setembro de 1874, da Sociedade de InsectologiaAgricola de Paris. p.233-241, 1874.

CHAGAS, S. F. Estudo da retenção e penetração de CCA na madeira de teca, visando uso como mourões tratados. **Scientia Forestalis**. V. 43, n. 105, p. 155-165, 2015.

CRAGG, S. M. et al. Developments in the understanding of the biology of marinewood boring crustaceans and in methods of controlling them. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 43, 1999, p. 197-205.

FREITAS, A. S.; CONÇALEZ, J.C.; DEL MENEZZI, C. H. Tratamento Termomecânico e seus Efeitos nas Propriedades da Simarouba amara (Aubl.). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 565-572, 2016.

FREITAS, V. P. **Variações na retenção de CCA-A em estacas de Pinus após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento**. 2002. 64 p. (Dissertação) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GAMA, B.A.P.; PEREIRA, R.C.; COUTINHO, R. Bioincrustação marinha. In: PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (orgs.) **Biologia Marinha**. 2ª ed., editor Interciência, Rio de Janeiro, p. 299-318, 2009.

HILL, C. A. S. The Potential for the Use of Modified Wood Products in the Built Environment. In.: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES, 11., Bath, United Kingston. **Anais...** Bath, United Kingston, 2009.

HOLMES, A. et al. *Martesia fragilis* Verrill & Bush, 1898 in the North-East Atlantic. Overlooked and a recent new discovery. **Journal of Conchology**, v.42, n.2, p.183-187, 2015.

IBAMA. **Sobre os produtos preservativos de madeiras**, 2017. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/preservativos-de-madeiras/sobre-os-produtos-preservativos-de-madeiras/337-quimicos-e-biologicos/quimicos-e-biologicos/preservativos-de-madeira/989-produtos-preservativos-de-madeiras>>. Acesso em: 17/04/2018.

JUNQUEIRA, A. O. R.; SILVA, S. H. G.; MARTINS-SILVA, M. J. Avaliação da infestação de Teredinidae (Mollusca - Bivalvia) ao longo da costa do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v. 84, n. Supl IV, p. 275–280, 1989.

KAMDEM, D. P.; PIZZI, A.; JERMANNAUD, A. Durability of heat-treated wood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 60, p. 1-6, 2002.

KLÜPPEL, A. et al. Resistance of modified wood to marine borers. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 104, p. 8-14, 2015.

LOPEZ, G. A. C. Resistência natural de madeiras nacionais a xilófagos marinhos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRA, I., São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, 1982. p. 167-175.

MALDONADO, G. C.; SKINNER, L. F. Differences in the distribution and abundance of Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) along the coast of Rio de Janeiro state, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. 4, p. 375-386, 2016.

MILANO, S.; LOPEZ, G.A.C. Resistência natural de madeira a xilófagos marinhos: resultado da primeira avaliação após três meses de instalação do ensaio. **Preservação de madeiras**, São Paulo, v.8/9, n.1, p.31-42, 1978.

MILITZ, H.; TJEERDSMA, B. Heat treatment of wood by the plato - process. In: RAPP, A.O. Review on heat treatments of wood. In: **SPECIAL SEMINAR: ENVIRONMENTAL OPTIMISATION OF WOOD PROTECTION**, 2001. p. 27-38.

MOHEBBY, B.; SANAEI, I. Influences of the hydro-thermal treatment on physical properties of beech Wood (*Fagus orientalis*). In: **ANNUAL MEETING BANGALORE**, 36. India. Anais eletrônicos. India: Tarbiat Modarress University, 2005.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira - Volume I**. 4 ed. Paraná: UFPR, 2013. p. 1-49.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira - Volume III**. 4 ed. Paraná: UFPR, 2013. p. 79-129.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; BORTOLETTO, G. Jr. Efeitos da termorreificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, v. 42, n. 02, p. 305-314, 2012.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; SILVA, F. G. Jr. Effect of thermal treatment on the chemical characteristics of wood from *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden under different atmospheric conditions. **Cerne**, v. 18, n. 03, p. 449-455, 2012.

MÜLLER, A.C.P.; LANA, P.C. Teredinidae (Mollusca, Bivalvia) do litoral do Paraná, Brasil. **Nerítica**, v.1, n.3, p. 27-48, 1986.

OLIVEIRA, A.M.F. et al. **Manual de preservação de madeiras**. V. 1. São Paulo: IPT, 1986. p. 165-185.

PAES, B. J. et al. Efeitos dos extrativos e da densidade na resistência natural de madeiras ao térmita *Nasutitermes corniger*. **Cerne**, v. 21, n. 4, 2015, p. 569-577.

PARADAS, W. C.; FILHO, G. M. A. Are metals of antifouling paints transferred to marine biota? **Brazil Journal Oceanography**, São Paulo, v. 55, n. 1, 2007.

PESSOA, A. M. C. et al. Avaliação da madeira termorreificada de *Eucalyptus grandis*, submetida ao ataque de cupim de madeira seca, *Cryptotermes brevis*. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 11-16, 2006.

RAPP, A. O.; SAILER, M. **Oil heat treatment of wood in Germany: state of the art**. In: RAPP, A. O. Review on heat treatments of wood. Antibes, France. 2001. p.47-64.

SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1988. 125 p.

SERPA, F. G. **Resistência natural de oito espécies de madeiras do norte e nordeste do Brasil aos xilófagos marinhos**. 1978. 69 f. Tese (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, J.C. **Deterioração, durabilidade madeiras e preservação**. Viçosa: UFV, 2005. 146p.

SINGH, T.; SINGH, A. P. A review on natural products as wood protectant. **Wood SciTechnol**, v. 46, p. 851-870, 2012.

SORATTO, D. N. **Efeito das variáveis do tratamento térmico nas propriedades da madeira de *Eucalyptus sp.***. 2012. 62 f. Dissertação - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TREVISAN, H.; LATORRACA, J. V. F., SANTOS, A. L. P. S., TEIXEIRA, J. G.; CARVALHO, A. G. Analysis of rigidity loss and deterioration from exposure in a decay test field of thermorectified *Eucalyptus grandis* wood. **Maderas: Ciencia y tecnología**. Concepción, v. 16, n. 2, p. 217-226, 2014.

TURNER, R.D. Australian shipworms. **Australian Natural History**, v. 17, n. 04, p. 139-145, 1971.

TURNER, R. D. **A survey and illustrated catalogue of the Teredinidae (Mollusca-Bivalvia)**. Cambridge, The Museum of Comparative Zoology, 1966. 265p.

TURNER, R.D. The family Pholadidae in the Western Atlantic and the Eastern Pacific Part II – Martesiinae, Jouannetiinae and Xylophaginae. In: CLENCH, W. J. **Johnsonia: Monographs of the marine mollusks of the Western Atlantic**, Vol 3. Cambridge: Department of Mollusks, Museum of Comparative Zoology, 1955. Cap. 34, p.65-160.

VIDAL, J. M. et al. Preservação de madeiras no brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 01, p. 257-271, 2015.

WAHL, M. Marine epibiosis: I. Fouling and antifouling: some basic aspects. **Marine Ecology Progress Series**, v. 58, p. 175-189, 1989.

WESTIN, M. et al.; Field test of resistance of modified wood to marine borers. **Wood Material Science & Engineering**, v. 01, n. 01, 2006, p. 34-38.

ZANUNCIO, A. J. V.; FARIAS, E. S.; SILVEIRA, T. A. Termorretificação e Colorimetria da Madeira de Eucalyptusgrandis. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 01, p. 85-90, 2014.

ZENID, G. J. Madeira: **uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo : IPT, 2009. 99p.