



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DERCILIO JUNIOR VERLY LOPES

**EFICÁCIA DOS PARÂMETROS DO TRATAMENTO INDUSTRIAL NA
TRATABILIDADE E DURABILIDADE DE MADEIRAS DE EUCALIPTO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

DERCILIO JUNIOR VERLY LOPES

**EFICÁCIA DOS PARÂMETROS DO TRATAMENTO INDUSTRIAL NA
TRATABILIDADE E DURABILIDADE DE MADEIRAS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.
Orientador: D. Sc. Juarez B. Paes
Coorientadora: D.Sc. Graziela Baptista Vidaurre.

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Lopes, Dercilio Junior Verly, 1988-

L864e Eficácia dos parâmetros do tratamento industrial na tratabilidade e durabilidade de madeiras de Eucalipto spp. / Dercilio Junior Verly Lopes. – 2014.

92 f. : il.

Orientador: Juarez Benigno Paes.

Coorientador: Graziela Baptista Vidaurre.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Madeira - Conservação. 2. Testes microbiológicos. 3. Madeira - Química 4. Madeira - Qualidade. 5. Indústria madeireira. 6. Moirões. I. Paes, Juarez Benigno. II. Vidaurre, Graziela Baptista. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 630

**EFICÁCIA DOS PARÂMETROS DO TRATAMENTO INDUSTRIAL NA
TRATABILIDADE E DURABILIDADE DE MADEIRAS DE EUCALIPTO**

Dercilio Junior Verly Lopes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 27 de novembro de 2014.



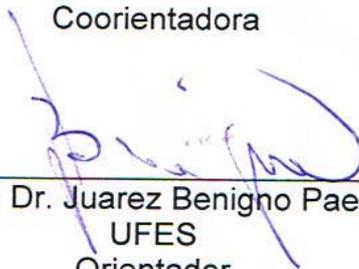
Prof. Dr.IVALDO PONTES JANKOWSKY
USP
Examinador Externo



Prof. Dr. PEDRO GUTENBERG DE ALCANTARA SEGUNDINHO
UFES
Examinador Externo



Prof.ª Dr.ª GRAZIELA BAPTISTA VIDAURRE
UFES
Coorientadora



Prof. Dr. JUARez BENIGNO PAES
UFES
Orientador

“... Seja quem você for, seja qualquer posição que tenha na vida, tenha sempre como meta, muita força, determinação, sempre fazendo tudo com amor e com fé em Deus, que um dia, de alguma maneira, você chegará lá.”

Ayrton Senna da Silva

A minha mãe, Sr.^a Ulda da Rocha Verly, por ser o meu porto seguro frente as adversidades, pelo incentivo incondicional quanto aos estudos e por sempre estar ao meu lado não importando a situação.

As minhas irmãs, Aline Nalu Verly Lopes Souza e Ariane Verly Lopes, pelo amor, carinho e compreensão, por eu estar sempre longe delas e não vê-las terem sucesso em suas realizações.

Ao meu pai, Sr. Dercilio Lopes, mesmo longe, sempre esteve em meu coração.

A minha prima Maynne Corradi Thomasini Verly (in memorian) e meu ilustre avô Emerson da Rocha Verly (in memorian). Saudade inimaginável, perdas indescritíveis e faltas insubstituíveis.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor dos Exércitos, Deus de Abraão, Isaac e Jacó, pelo dom da vida.

As famílias Verly e Lopes, avôs e avós, tios e tias, primos e primas, sobretudo, Cristina Verly Luciano, Delair Luciano, Thaís Verly Luciano, Vinícius Verly Barbosa e Marcos Verly Luciano.

A Gabrielly dos Santos Bobadilha, pelo carinho, compreensão, dedicação, sobretudo, paciência para comigo.

Este trabalho teve influência de muitas pessoas, das quais seria impossível a realização do mesmo, são estes:

O orientador, professor, conselheiro, sobretudo amigo, Juarez Benigno Paes. Na esperança de ter correspondido as suas expectativas.

A coorientadora, professora Graziela Baptista Vidaurre, pela energia, determinação e força passada em todos os momentos.

A comissão examinadora, pelas valiosas sugestões proferidas, transformando este trabalho mais completo.

A Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de cursar o mestrado, bem como as agências de fomento, na concessão da bolsa, professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, pelos valiosos conselhos e conhecimento transmitido nestes anos.

Ao Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) da Universidade Federal do Espírito Santo, pela realização das leituras de cobre e cromo.

Ambiental Madeiras S.A, pela doação da madeira, por toda a atenção e gentileza com que fui recebido no preparo e transporte da madeira nas pessoas do Sr. Fernando Colodetti, Sr. Moysés Covre, Carlos André Covre Junior e demais funcionários.

A prefeitura municipal de Boa Esperança - ES, nas pessoas de Romualdo Milanese, Doriédson Thomazini e Rosimary Thomazini Verly, pela logística de traslado das madeiras até Jerônimo Monteiro - ES.

A Pedro Nicó de Medeiros Neto, pela disponibilidade no trabalho de coleta, tabulação e análise de dados e Adriano Verly pelo descarregamento dos moirões.

As demais pessoas não seguem grau de importância ou de prioridade:

Aos colegas de laboratório de Biodeterioração e Proteção da Madeira, Victor F. Brocco, Laís G. Costa, Vinicius P. Tinti, Larissa Dudeck, Rafael de Oliveira, Ana

Paula Câmara, Ana Carolina Boa, Brunella P. Rodrigues, Suellen R. Martins, Lairó David Feuchard e Allan E. Rezende.

La família República Dim Terim Bebim: Flávio Cipriano de Assis do Carmo, Rafael Bridi Corteletti, Samuel Thierry Corradi Thomazini Verly e Rafael Andrade.

Aos amigos de hoje e sempre: Hefraim Eduardo Souza, Jhulian Pablo Rocha Faria, Neil A. Ribeiro, Natanael Brommenschenkel Júnior, Enéias Uhl, Valdomiro Marinho Neto e Josué Jann.

Aos que injustamente esqueci e aqui não se fizeram os nomes.

BIOGRAFIA

Dercilio Junior Verly Lopes, (Boa Esperança, Espírito Santo, 15 de maio de 1988), filho de Dercilio Lopes e Ulda da Rocha Verly. Em 2005 concluiu o ensino médio na Cooperativa Educacional de Pinheiros – ES. No ano de 2006 ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, *campus* de Alegre, onde se graduou no curso de Engenharia Industrial Madeireira em 2012. No segundo semestre de 2012 ingressou no Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo. Submeteu-se a defesa de dissertação em 27 de novembro de 2014.

RESUMO

LOPES, Dercilio Junior Verly. **Eficácia dos parâmetros do tratamento industrial na tratabilidade e durabilidade de madeiras de eucalipto**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Juarez Benigno Paes. Coorientadora: Graziela Baptista Vidaurre.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia do tratamento preservativo industrial com CCA tipo C, em moirões de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. A eficácia do tratamento preservativo foi estabelecida mediante os parâmetros utilizados no processo de célula cheia, como, vácuo inicial e final de 550 mmHg por 30 minutos, pressão da autoclave de 11 kgf.cm⁻² (1,07 MPa) durante uma hora, e 2% de ingrediente ativos de CCA. Os moirões de *Corymbia torelliana* foram provenientes de um plantio com idade de 11 anos, propagados por semente e os de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, de um plantio com idade de 9 anos. Ambas as madeiras foram provenientes de plantios comerciais localizado em Pinheiros, Espírito Santo. Foram avaliados 108 moirões, 54 de cada espécie, em intervalos de umidade compreendidos entre, 15 a 20%; 20 a 30% e acima de 30% e em três classes diamétrica, 8 a 10 cm, 10 a 12 cm e 12 a 14 cm. Destes 54 moirões, 36 de cada espécie foram separados para o tratamento preservativo e 18 não tratados para comparar as propriedades de durabilidade da madeira e massa específica básica. Foram analisadas a penetração, retenção e resistência aos fungos *Postia placenta*, *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* e ao térmita xilófago *Nasutitermes corniger* no ensaio de alimentação forçada e de preferência alimentar. Os resultados indicaram diferenças entre a massa específica básica e aparente, % cerne e alburno, relação cerne:alburno. De maneira geral a penetração de cobre mostrou-se profunda e regular, independente do teor de umidade e classe diamétrica. A retenção dos ingredientes ativos do CCA classifica a madeira para o contato com o solo. O efeito do tratamento preservativo conferiu aos moirões aumento de resistência contra o térmita xilófago *Nasutitermes corniger* em ambos os ensaios, sobretudo no ensaio de alimentação forçada em que a perda de massa foi menor. O desgaste atribuído aos corpos de prova registraram as melhores notas na classe diamétrica de 8 a 10 cm em ambas as profundidades radiais. Os parâmetros utilizados no tratamento preservativo proporcionaram à madeira a classificação de “altamente resistente” contra os três fungos testados. As madeiras não tratadas foram classificadas, como “moderadamente resistentes”. De modo geral, as espécies foram menos resistentes ao fungo de podridão branca, *Trametes versicolor*. A massa específica aparente, teor de umidade pelo método resistivo e volume tratável não demonstraram correlação com a retenção de CCA. Por outro lado, a perda de massa causada no ensaio de preferência alimentar apresentou correlação significativa e negativa para ambas as espécies.

Palavras-chave: Preservação de madeiras, ensaios biológicos, qualidade do tratamento preservativo, arseniato de cobre cromatado, madeira tratada, moirões.

ABSTRACT

LOPES, Dercilio Junior Verly. **Effectiveness of parameters of industrial treatment in the treatability and durability of Eucalypt woods.** 2014. Dissertation (Master of Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Juarez Benigno Paes. Coadvisor: Graziela Baptista Vidaurre.

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of industrial preservative treatment with CCA type C in fence posts of *Corymbia torelliana* and *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. The effectiveness of the preservative treatment has been established by the parameters used in the full-cell process, as initial and final vacuum of 550 mmHg for 30 minutes, the autoclave pressure of 11 kgf.cm⁻² (1.07 MPa) for one hour, and 2% of active ingredient CCA (oxic base). The pieces of *Corymbia torelliana* were from a plantation aged 11, propagated by seed and *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, a plantation aged 9 years. Both woods were from commercial plantations located in Pinheiros, Espírito Santo, Brazil. We evaluated 108 fence posts, 54 of each species in wet intervals between 15 to 20%; 20 to 30% and above 30% and three diameter classes, 8 to 10 cm, 10 to 12 and 12 cm to 14 cm. These fence posts 54, 36 of each species were separated for the preservative treatment and 18 untreated to compare the durability properties of the wood, and specific gravity. Were analyzed penetration, retention and resistance to fungi *Postia placenta*, *Gloeophyllum trabeum* and *Trametes versicolor* and termite *Nasutitermes corniger* the forced feeding test and food preference. The results indicated differences between basic and specific gravity, % heartwood and sapwood, heartwood ratio: sapwood. In general the copper penetration proved to be deep and regular, regardless of moisture content and diameter class. The retention of CCA active ingredients classifies the wood to ground contact. The effect of the preservative treatment conferred increased resistance to the fence post against termites *Nasutitermes corniger* in both tests, especially in the forced feeding test where the weight loss was less. The wear assigned to the specimens registered the best grades in diameter class 8-10 cm in both radial depths. The parameters used in the preservative treatment provided the wood classified as "highly resistant" against the three tested fungi. The untreated wood were classified as "moderately resistant". In general, species were less resistant to white-rot fungus, *Trametes versicolor*. The apparent density, moisture content by the resistive method and treatable volume showed no correlation with retention of CCA. On the other hand the weight loss caused on the feeding preference test showed significant negative correlation for both species.

Keywords: Wood preservation, biological testing, quality of preservative treatment, chromated copper arsenate.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Processos industriais de proteção de madeiras	3
2.2 Fatores que influenciam o tratamento preservativo	4
2.2.1 Características do preservativo utilizado	6
2.2.2 Parâmetros do processo de tratamento industrial	7
2.3 Agentes biológicos deterioradores da madeira	7
2.3.1 Deterioração causada por fungos	7
2.3.2 Deterioração causada por térmitas ou cupins	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Coleta e preparo do material	12
3.2 Caracterização tecnológica da madeira	13
3.2.1 Teor de umidade e massa específica básica	13
3.2.2 Teor de cerne e alburno e massa específica aparente	14
3.3 Tratamento preservativo	14
3.4 Distribuição e penetração de cobre na madeira	15
3.5 Retenção do CCA nos moirões	16
3.6 Ensaio biológicos com organismos xilófagos	17
3.6.1 Ensaio com fungos xilófagos e condições de ensaio	18
3.6.2 Ensaio de alimentação forçada com térmitas	19
3.6.3 Ensaio de preferência alimentar com térmitas	21
3.7 Análise estatística dos resultados	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Características físicas dos moirões	28
4.2 Distribuição de cobre nos moirões tratados	31
4.2.1 Avaliação qualitativa da penetração de cobre	31
4.2.3 Avaliação quantitativa da penetração de cobre	33
4.3 Retenção dos ingredientes ativos de CCA	37
4.4 Deterioração causada por fungos apodrecedores	40

4.4.1 Deterioração causada pelo fungo <i>Postia placenta</i>	40
4.4.2 Deterioração causada pelo fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i>	42
4.4.3 Deterioração causada pelo fungo <i>Trametes versicolor</i>	45
4.5 Deterioração causada por térmitas subterrâneos.....	47
4.5.1 Ensaio de alimentação forçada.....	47
4.5.2 Ensaio de preferência alimentar.....	55
4.6 Correlação entre a retenção de CCA e as características da madeira....	59
5 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	71

1 INTRODUÇÃO

A madeira vem sendo utilizada para produção de ferramentas, armas, habitações, móveis e o fogo desde a pré-história. De acordo com Bolin e Smith (2011) algumas descobertas relacionadas à proteção de madeiras citam o fogo para tratamento de pontas de lanças, conferindo maior durabilidade, colaborando para o desenvolvimento e sobrevivência humana ao longo dos tempos.

A finalidade da proteção da madeira com produtos químicos, também chamados de tratamento da madeira é fornecer proteção em longo prazo contra os efeitos dos organismos xilófagos como fungos, insetos e brocas marinhas, estendendo desta forma a vida útil dos produtos a base de madeira.

A madeira tratada deveria ser considerada como um novo material estrutural e não como uma forma melhorada da madeira sem tratamento, uma vez que esta pode ser utilizada em circunstâncias totalmente diferentes e certamente em situações de exposição mais severas. A vantagem do uso da madeira tratada quando comparada a madeiras sem tratamento, são que tais madeiras podem ser utilizadas em ambientes que a madeira *in natura* irá degradar com facilidade.

Nas mais diversas utilizações que são propostas para a madeira, faz-se necessário a determinação de índices de qualidade a fim de ampliar o conhecimento e por consequência o uso. Em virtude do elevado consumo por árvores de durabilidade natural elevada estas estão em processo de extinção. Com isto espécies de rápido crescimento estão sendo utilizadas para suprir tais necessidades, entretanto naturalmente estas espécies são sujeitas a deterioração rápida e inevitável.

Geralmente, na área de tratamento industrial de madeiras no Brasil, o que se tem investigado cientificamente é a influência da concentração da solução, do tempo e pressão de tratamento, nas propriedades de tratabilidade, penetração, distribuição e retenção do produto preservativo na madeira.

Na literatura brasileira, são escassas as pesquisas que convergem para a vertente do tratamento preservativo e sua influência nas propriedades de resistência biológica da madeira. Entretanto, destaca-se a pesquisa realizada

por Vivian et al. (2012) que avaliaram a qualidade do tratamento preservativo industrial em autoclave para madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* na determinação dos parâmetros de tratabilidade e propriedades de resistência a organismos xilófagos.

Desta forma, ao final do conteúdo exposto e levando em consideração a importância do tema proposto, o objetivo geral desta pesquisa foi realizar estudos sobre a eficácia dos parâmetros utilizados no tratamento preservativo industrial nas propriedades físicas, de tratabilidade e resistência a organismos xilófagos em moirões de madeiras de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Com base no que foi analisado, os objetivos específicos foram:

- Quantificar a presença dos ingredientes ativos do produto preservativo no interior da madeira.
- Verificar se os moirões tratados atendem as especificações técnicas.
- Avaliar o teor de umidade pelo método resistivo e gravimétrico, massa específica básica e aparente, teor de cerne e alburno, volume de madeira e o volume tratável.
- Avaliar a resistência das madeiras por meio de ensaios biológicos com os fungos, *Postia placenta*, *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* e com o térmita xilófago *Nasutitermes corniger*, para verificar a durabilidade da madeira tratada.
- Comparar entre as espécies qual apresenta melhor característica de tratabilidade e durabilidade.
- Correlacionar a retenção de CCA com as propriedades de durabilidade das madeiras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processos industriais de proteção de madeiras

A madeira é um produto utilizado em todo o mundo para construção civil, móveis, dormentes e pontes (GOMES et al., 2005). Um dos fatores que limitam a utilização da madeira para suas diversas finalidades é a sua natural susceptibilidade ao ataque de organismos xilófagos, em virtude de ocasionarem maiores danos econômicos, o que se torna um requisito importante, para a utilização correta da madeira, principalmente em nível industrial (RICHARDSON, 1993).

Madeiras oriundas de plantios de rápido crescimento no Brasil como o *Eucalyptus* possuem baixa durabilidade natural quanto exposta em contato com o solo e umidade (TREVISAN et al., 2008; RODRIGUES; BRITO, 2011).

O tratamento preservativo pode ser realizado de duas formas, não industrial e industrial, sem pressão e com pressão artificial, célula vazia e célula cheia, sendo este último o mais eficiente, garantindo homogeneidade na impregnação e distribuição dos preservativos na madeira. O método de célula cheia conhecido como processo “Bethel” foi desenvolvido e patenteado por John Bethel, em 1838, na Inglaterra. Neste processo o objetivo é atingir a impregnação completa dos espaços vazios e da parede celular (RICHARDSON, 1993).

O método consiste em uma etapa inicial de vácuo, seguida de admissão do preservativo, sem a entrada de ar no cilindro da autoclave, seguida pela fase de pressão para impregnação do produto na madeira, por fim há o esvaziamento do preservativo no cilindro da autoclave e aplicação de um vácuo final para retirada do excesso de produto químico no interior da autoclave (HUNT; GARRAT, 1967; RICHARDSON, 1993).

De acordo com Lepage (1986), a eficiência do tratamento preservativo pode ser calculada pela determinação da retenção, penetração e distribuição do preservante na madeira, as quais são influenciados pelo tipo de tratamento efetuado.

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 9480, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009), a retenção é a quantidade de preservativo introduzido e retido na madeira, sendo expressa em massa de ingredientes ativos (i.a.) do produto por unidade de volume de madeira tratada, no sistema métrico decimal, a retenção é expressa por kg de i.a.m⁻³. A penetração é a profundidade que o preservativo alcança na madeira, sendo comumente avaliada por reações colorimétricas, permitindo a avaliação qualitativa da distribuição do preservativo na região tratável da madeira, a penetração pode ser avaliada quantitativamente, sendo medida a partir da sua seção externa, podendo ser expressa em milímetros (WHER, 1985; PAES et al., 2005).

De acordo com a NBR 9480 (ABNT, 2009), em função da exposição a qual os moirões de eucalipto tratados com preservativos hidrossolúveis estão sujeitos, a retenção mínima de ingredientes ativos seja de 6,5 kg de i.a.m⁻³ de madeira e que a penetração ocorra em todo o alburno e na porção penetrável do cerne.

2.2 Fatores que influenciam o tratamento preservativo

Durante o processo de tratamento preservativo da madeira, a penetração, retenção e distribuição do preservativo ao longo da seção de madeira são influenciadas pelas características da madeira, do preservativo e parâmetros do processo de tratamento industrial (HUNT; GARRAT, 1967)

As características da madeira que mais influenciam no tratamento preservativo são o teor de cerne e alburno, estrutura anatômica, teor de umidade e permeabilidade (RICHARDSON, 1993).

Duas regiões lenhosas formam a madeira: cerne e alburno. De acordo com a NBR 9480, ABNT (2009), o alburno corresponde à parte externa, funcional do xilema, geralmente clara, possuindo células vivas, tendo como função principal a condução ascendente de seiva bruta sendo este susceptível ao apodrecimento e ao ataque de insetos.

As células do alburno, que se tornam inativas para o transporte de fluídos, passam a constituir o cerne. Elas podem conter óleos, resinas, gomas e, ou, compostos fenólicos. Essas substâncias que são responsáveis pela

coloração mais escura e maior durabilidade do cerne (APPEZATO-DA-GLORIA; CARMELO-GUERREIRO, 2006).

De acordo com Botelho et al., (2000) a madeira de *Eucalyptus* spp. possui alburno com baixa resistência natural ao ataque de fungos e insetos e permeável a impregnação com produtos preservativos, e o cerne, tem maior resistência, mas é de difícil impregnação.

De acordo com Appezato-da-Gloria e Carmelo-Guerreiro (2006) os vasos podem corresponder de 20 a 60% do volume total do lenho de Angiospermas e são a principal via de penetração de fluídos na madeira, pois formam o caminho longitudinal de fluxo de menor resistência.

As extremidades desses elementos são perfuradas e se os mesmos não estiverem obstruídos por tiloses, promovem fluxos contínuos de líquidos em seu interior. Além das tiloses, o número, tamanho e distribuição dos vasos no lenho afetam a eficiência do fluxo de preservativos na madeira (HUNT; GARRAT, 1967).

Segundo Richardson (1993), nas folhosas, os raios não são importantes na penetração e difusão de preservativos, uma vez que tais estruturas estão frequentemente obstruídas por substâncias como: gomas, amido e taninos, dificultando o fluxo de preservativos no sentido transversal da madeira. De acordo com Sales-Campos et al. (2003), o raio e o parênquima axial não contribuíram de maneira efetiva para a difusão de preservativo no lenho.

A permeabilidade quando se trata de preservação de madeiras é uma das propriedades mais importantes, por permitir melhor compreensão dos mecanismos de penetração dos preservativos. De acordo com Lepage (1986) a permeabilidade da madeira correlaciona-se bem com sua respectiva tratabilidade.

De acordo com Siau (1984) a permeabilidade pode ser entendida como a facilidade com que os fluidos são transportados através de um material poroso sob a influência de um gradiente de pressão e pode ser expressa numericamente pela Lei de Darcy para líquidos.

Silva et al. (2010) ao avaliarem a permeabilidade da madeira de alburno e cerne de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis*, observaram que o alburno das madeiras de ambas as espécies é permeável a passagem de fluídos, com destaque para a madeira de *Eucalyptus grandis*, que também teve

permeabilidade para a madeira de cerne. Já na madeira de cerne de *Corymbia citriodora*, não se observou permeabilidade. As madeiras das espécies estudadas não tiveram permeabilidade por meio dos raios, em função da obstrução de tais células por substâncias de reserva.

O tratamento preservativo é afetado pela umidade, que por consequência influenciam a penetração e retenção de preservativos. De acordo com Santini (1988) o teor de umidade que a madeira deve ter para que a penetração e retenção sejam satisfatórias varia de acordo com o método de tratamento e o tipo de preservativo utilizado.

Usta (2004) ao avaliar o efeito do teor de umidade e da densidade em madeiras de *Abies nordmanniana* tratadas com arseniato de cobre cromatado (CCA), pelo método de célula cheia, verificou que valores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras proporcionam maior absorção do produto preservante, sendo a maior absorção observada no teor de umidade de 22%.

Para tratamentos com a madeira de *Eucalyptus* spp. em autoclaves, a NBR 9480, ABNT (2009) recomenda que o teor de umidade seja igual ou inferior a 35%.

2.2.1 Características do preservativo utilizado

No campo da proteção ou tratamento de madeiras, quando se trata dos preservativos hidrossolúveis, a característica mais importante é a concentração de ingredientes ativos (i.a.), uma vez que maiores concentrações nem sempre estão atreladas a melhores índices de qualidade do tratamento, ou seja, retenção, penetração e distribuição, podendo gerar maiores custos na utilização dos produtos preservativo.

Evangelista (2011) ao avaliar a penetração e retenção de arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C), com concentrações de 1,5; 2; 2,5% de (i.a.), três tempos de pressão (60, 90 e 120 min), vácuo inicial de 560 mmHg por 30 min, seguido de pressão em autoclave a 12,5 kgf.cm⁻² (1,22 MPa), para cada tempo de pressão proposto nas madeiras de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* e de um híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*, com idade de 5,5 anos e concluiu que as menores e as maiores retenções foram observadas para tratamentos que

utilizaram solução preservativa de 1,5 e 2,5 % de ingredientes ativos, respectivamente, e que a concentração de 2% ingredientes ativos e tempo de pressão de 60 min mostraram-se suficientes para garantir a retenção mínima estabelecida de 6,5 kg de (i.a.).m⁻³ de madeira tratada.

2.2.2 Parâmetros do processo de tratamento industrial

A unidade de tratamento industrial da madeira consiste numa usina de tratamento de madeira, composta por uma autoclave, onde são colocadas as madeiras no sentido horizontal e pelo uso alternado de vácuo e pressão, o líquido é impregnado no lenho da madeira e ocorrem inúmeras ligações químicas para ser fixado no tecido lenhoso (MONTANA QUÍMICA, 2008).

De acordo com Hunt e Garrat (1967) três fatores estão ligados ao processo de tratamento industrial: pressão aplicada, tempo de pressão e a concentração da solução de tratamento. A pressão é responsável principalmente pela penetração do líquido na madeira e, quanto maior a pressão, maior a penetração; o tempo de pressão influencia na penetração e, quanto maior o tempo de pressão maior será a penetração e retenção do preservativo na madeira; e a concentração tem influencia diretamente proporcional na penetração, retenção e distribuição do preservativo.

2.3 Agentes biológicos deterioradores da madeira

Os agentes de origem biológica que degradam a madeira são algas, bactérias, fungos, insetos e xilófagos marinhos, entretanto os três últimos grupos são os principais degradadores, em virtude dos prejuízos econômicos a sociedade, que utiliza a madeira como produtos sólidos (CLAUSEN, 2010).

2.3.1 Deterioração causada por fungos

Dentre os fungos que atacam a madeira, destacam-se os fungos machadores e emboloradores que possui menor potencial degradador, e afetam as camadas superficiais da madeira, prejudicando principalmente o aspecto estético e tornam a madeira mais permeável, e os fungos

apodrecedores, que degradam profundamente a estrutura celular da madeira, causando redução na resistência mecânica (KIRK; COWLING, 1984; CLAUSEN, 2010).

Os fungos são degradadores da madeira em virtude de decompor os constituintes da parede celular, e não somente as substâncias nutritivas das células de parênquima. A lignina é o componente estrutural que determina a capacidade da madeira de ser mais susceptível à decomposição pelas enzimas fúngicas. Embora não se saiba a real relação entre os polissacarídeos da parede celular e a lignina, esta previne o acesso das enzimas dos fungos tanto às hemiceluloses quanto à celulose. Assim, o consumo fúngico da madeira e de outros materiais lignocelulósicos depende largamente do teor de lignina (KIRK; COWLING, 1984).

Ao atacar a madeira, os fungos xilófagos introduzem suas hifas nas cavidades celulares, alimentando-se de suas substâncias de reserva, presentes principalmente no parênquima radial, bem como dos componentes da parede celular, operação que realizam mediante a ação de enzimas. Uma vez dentro da madeira, as hifas movimentam-se pelas pontoações e lumes, ou fazem novas perfurações na parede celular (LEPAGE, 1986).

O fenômeno de biodeterioração da madeira, causado por fungos xilófagos, ocorre em etapas ou estágios graduais e contínuos, de acordo com o tipo de microrganismo em desenvolvimento na madeira. De modo geral, pode-se dividir o fenômeno de biodeterioração em três estágios: o primeiro, denominado de incipiente, ocorre a partir do momento em que ocorre a penetração superficial na madeira pelos microorganismos, resultando na liberação de enzimas que agem na colonização (KANEKO, 2004).

De acordo com o mesmo autor citado anteriormente, nesse primeiro momento, não há evidências macroscópicas que indiquem o ataque na madeira. Aos primeiros sinais visuais de ataque de microorganismos, classifica-se essa etapa de recente. A etapa seguinte, denominada de intermediária, é caracterizada pela alteração evidente da coloração, entretanto a estrutura permanece inalterada. No último estágio, denominado de avançado, ocorre a total destruição da estrutura da parede celular da madeira.

Os fungos apodrecedores consomem as paredes celulares da madeira pela secreção de enzimas, que possuem a capacidade de dissolver moléculas

orgânicas, transformando-as em formas reduzidas e capazes de serem assimiladas. Por isto e por possuírem a maior distribuição geográfica dentre os organismos xilófagos, os fungos apodrecedores possuem o maior potencial degradador da madeira e derivados (RAVEN et al., 2001).

Dois grupos principais de fungos apodrecedores são reconhecidos: fungos de podridão parda e de podridão branca, e a terminologia está relacionada com a aparência da madeira degradada. Os fungos de podridão parda consomem principalmente carboidratos (celulose e hemicelulose), sendo a lignina pouco degradada. Por isto, a madeira adquire coloração amarronzada e escura, podendo apresentar rachaduras longitudinais e transversais (semelhantes a carvão), contrair demasiadamente, exibir colapso ou ser facilmente desagregada e reduzida a pó (KANEKO, 2004)

Os fungos de podridão branca consomem tanto celulose e hemiceluloses quanto a lignina, porém a lignina é consumida de forma mais intensa e rápida. Desta forma, a madeira sofre descoloração e se parece mais clara do que o normal, não sofre rachaduras, e mesmo quando severamente atacada, mantém as suas dimensões externas, não contrai ou sofre colapso, e frequentemente adquire textura fibrosa ou esponjosa (CLAUSEN, 2010).

A durabilidade natural da madeira de *Eucalyptus grandis* foi avaliada em relação à deterioração pelos fungos *Trametes versicolor* (podridão branca) e *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda) na região intermediária entre cerne e alburno. A madeira foi classificada como “não resistente” ao primeiro fungo, e de “resistência moderada” ao segundo, em que as médias aproximadas de perda de massa foram de 60 e 40%, respectivamente (MODES, 2010).

Na literatura são escassos os trabalhos que testam a eficiência do CCA contra organismos xilófagos, comprovando-o de fato, entretanto destaca-se o trabalho realizado por Vivan (2011) em que a madeira de *Eucalyptus grandis* aos 16 anos, foi tratada sob pressão 12 kgf.cm^{-2} (1,17 MPa) em autoclave (processo célula cheia) com CCA, penetração vascular e retenção do preservante insatisfatória. Contudo o tratamento foi eficiente na redução da biodeterioração pelos fungos *Trametes versicolor* (podridão branca) e *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda) em ensaio laboratorial.

A perda de massa da madeira natural causada pelo primeiro fungo foi de 58,20%, caracterizando a madeira como “não resistente”, enquanto a perda

causada pelo segundo fungo foi de 33,45%, ou seja, “moderadamente resistente”. Para a madeira tratada a perda de massa causada pelo primeiro fungo foi de 37,73%, caracterizando-a como “moderadamente resistente”, enquanto a perda de massa causada pelo segundo fungo foi de 31,18%, obtendo a mesma classificação qualitativa (VIVAN, 2011).

2.3.2 Deterioração causada por térmitas ou cupins

Os insetos xilófagos são representados principalmente pelas ordens Isoptera e Coleóptera. Dentre estas, a primeira, composta pelos térmitas ou cupins, é a que representa o maior risco à utilização da madeira e derivados (CLAUSEN, 2010).

A ordem Isoptera reúne os insetos sociais conhecidos vulgarmente por térmitas, cupins, siriris ou aleluias, que vivem em colônias chamadas de termiteiros ou cupinzeiros, e têm aparelho bucal mastigador bem desenvolvido, principalmente na casta dos soldados (GALLO et al., 2002).

Os cupins são, dentre os insetos, os mais severos agentes destruidores da madeira, contudo, os de solos, ou subterrâneos, são responsáveis pelos maiores volumes de perda de madeira no mundo (HUNT; GARRAT, 1967; PANSHIN; DE ZEEUW, 1980; RICHARSON, 1993).

Nas espécies de vida social mais evoluída, a colônia é constituída de casal real, operários, soldados e das formas sexuais aladas. O casal real, o rei e a rainha, são os fundadores da comunidade cuidando da perpetuação da espécie, enquanto os operários executam todos os serviços e os soldados cuidam da proteção. Essas duas formas normalmente em atividades na colônia, são destituídas de asas. Finalmente existem as formas sexuais aladas, providas de asas, que podem ser vistas na época de revoada. As formas aladas irão formar as novas colônias (GALVÃO et al., 2004).

Os térmitas subterrâneos desenvolvem suas colônias e ninhos no solo ou próximos dele. Constroem túneis na terra e ao redor de obstáculos, até alcançarem a madeira, que é utilizada para alimentação (CLAUSEN, 2010).

Por causa da dependência da umidade, os térmitas subterrâneos não se estabelecem em construções isoladas do contato com o solo, nem mesmo são

transportados dentro de móveis, como os cupins de madeira seca. Atacam a madeira por acessos pelo solo, mantendo suas colônias em locais exteriores ao de ataque (LEPAGE, 1986). A madeira atacada por térmitas subterrâneos é caracterizada por galerias internas, que geralmente acompanham o sentido da grã, e camadas externas sãs, sem evidência de ataques ou orifícios na superfície da madeira (CLAUSEN, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e preparo do material

Os moirões utilizados neste trabalho foram oriundos de plantios comerciais de espécies de *Corymbia torelliana*, propagado por semente e do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, denominado de E. urograndis, de origem clonal, provenientes da empresa Ambiental Madeiras S.A, localizada no município de Pinheiros, região Norte do estado do Espírito Santo. Os dados referentes aos povoamentos florestais, que originaram os moirões, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados referentes ao plantio da espécie e híbrido.

Madeiras	Idade (anos)	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Espaçamento do Plantio (m)
<i>C. torelliana</i>	11	109	18°27'37"S	40°10'36"O	3,00 x 2,00
E. urograndis	9	101	18°28'21"S	40°09'00"O	3,00 x 2,00

Foram empregados 108 moirões de 2,20 m de comprimento escolhidos aleatoriamente, em três níveis de umidade; 15 a 20%; 20 a 30%; 30 a 40% e três níveis de diâmetro mais comercializado pela empresa compreendido entre; 8 a 10 cm; 10 a 12 cm; 12 a 14 cm. No total, foram utilizados 72 moirões tratados, correspondentes aos três níveis de umidade e de diâmetro, com quatro repetições para cada nível, e 36 moirões não tratados com as mesmas características daqueles tratados, entretanto, com duas repetições, para efeito comparativo entre as propriedades de durabilidade da madeira (ensaios biológicos) e determinação do teor de umidade pelo método gravimétrico e massa específica básica.

3.2 Caracterização tecnológica da madeira

3.2.1 Teor de umidade e massa específica básica

Para todos os moirões a umidade foi determinada pelo método do medidor elétrico de umidade do tipo resistivo, modelo Nicawe HDI 3.10, antes do tratamento preservativo na direção longitudinal do moirão. A região em que foram realizadas as leituras de umidade coincidiu com aquelas de retirada dos discos para a análise de penetração de cobre na madeira (Figura 1). Para os moirões tratados foram retirados três discos com dois centímetros de espessura na zona de afloramento (0,50 m), um para a análise de perda de massa causada por fungos apodrecedores, um para perda de massa causada pelo térmita subterrâneo e o outro para análise de retenção e massa específica aparente.

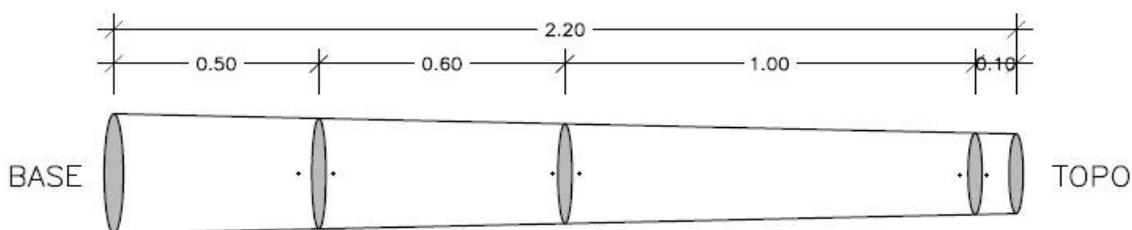


Figura 1. Posições em que foram medidas os teores de umidade, pelo método resistivo (pontos) e gravimétrico (discos).

Para os moirões não tratados retiraram-se discos de dois centímetros de espessura, na zona de afloramento (0,50 m), região mais susceptível ao desenvolvimento de agentes xilófagos, meio do moirão e a 10 cm do topo, para a determinação da umidade pelo método gravimétrico e massa específica básica. Os discos foram retirados com auxílio de motosserra, posteriormente pesados em balança de precisão de 0,01 g, registrando-se a massa úmida. Em seguida foram imersos em água.

Após a saturação dos mesmos, o volume foi determinado pelo método de deslocamento em água, em balança de precisão de 0,1g e posteriormente realizado à secagem em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura, até massa constante, obtendo-se a massa seca. Com base no volume saturado, massas

úmida e seca foram determinadas o teor de umidade base seca e massa específica básica de cada disco, conforme a NBR 7190 da ABNT (1997).

3.2.2 Teor de cerne e alburno e massa específica aparente

O teor de cerne e alburno foi determinado nos moirões tratados, na base, zona de afloramento (0,50 m), 1,1 m, 2,1 m e no topo. Nestas posições foram mensurados os perímetros externos e também demarcados e mensurados os limites do cerne e do alburno em cada disco, para determinação da sua área, utilizando uma régua de precisão de 0,1 cm. Desta forma, determinaram-se o volume total de madeira, (m^3), e o volume tratável, (m^3).

A massa específica aparente da madeira tratada foi determinada a partir de corpos de prova obtidos dos discos retirados na zona de afloramento, com dimensões de 1,5 x 1,0 x 2,0 cm (Radial x Tangencial x Longitudinal) das madeiras tratadas e determinado com base na massa e volume das amostras após estabilização em sala climatizada a $25 \pm 3^\circ\text{C}$ de temperatura e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa.

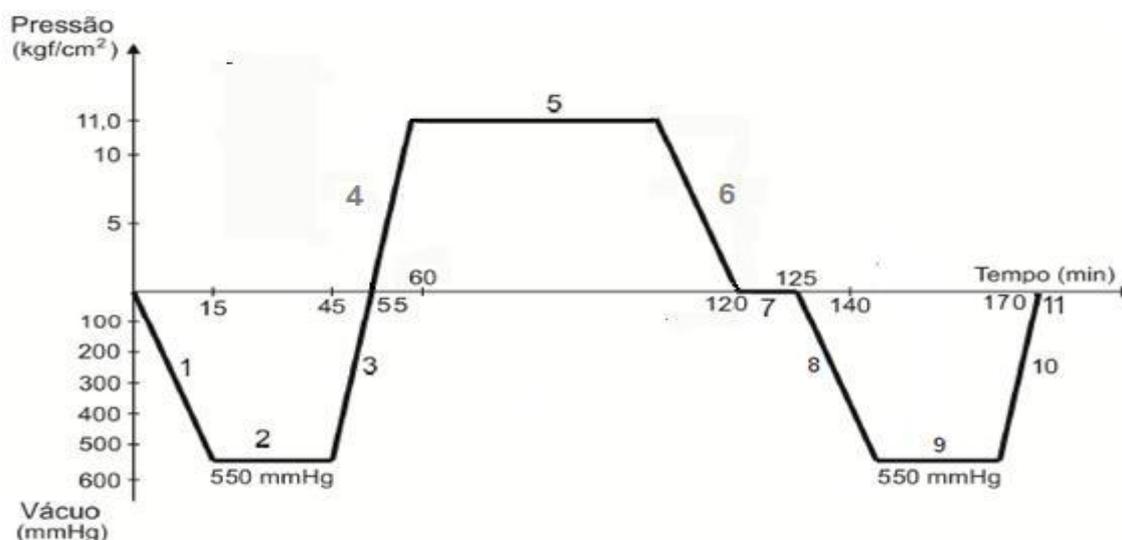
3.3 Tratamento preservativo

Os moirões a serem tratados foram introduzidos na autoclave industrial (1,60 m de diâmetro e 12,00 m de comprimento), e empregados os parâmetros estabelecidos pela empresa quanto à pressão, vácuo inicial, vácuo final e esvaziamento, observados na Figura 2. Para o tratamento preservativo industrial foi utilizado o arseniato de cobre cromado (CCA) tipo C, com concentração de 2,0% de ingredientes ativos.

Posteriormente os moirões foram empilhados em local seco, coberto e arejado para fixação dos sais na madeira por 90 dias e transportados para o Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), situado em Jerônimo Monteiro, Espírito Santo para a realização dos ensaios de distribuição, penetração de cobre, retenção de CCA e ensaios biológicos com as madeiras.

Figura 2. Etapas e parâmetros utilizados no tratamento preservativo industrial.

1 = Aplicação do vácuo inicial; 2 = Manutenção do vácuo inicial; 3 = Preenchimento da autoclave com a solução preservativa; 4 = Aplicação da pressão; 5 = Manutenção da pressão exercida; 6 = Alívio da pressão aplicada; 7 = Remoção da solução do interior da autoclave; 8 = Aplicação do vácuo final; 9 = Manutenção do vácuo; 10 = Alívio do vácuo final; 11 = Descarregamento da autoclave.



3.4 Distribuição e penetração de cobre na madeira

A determinação da distribuição e penetração do CCA teve como base o elemento cobre presente na madeira tratada. Portanto, foi realizada a análise colorimétrica, seguindo as recomendações da NBR 6232, ABNT (2013). Os discos foram retirados com auxílio de uma serra circular destopadeira em três posições; zona de afloramento (0,50 m); meio do moirão; a 10 cm do topo do moirão (Figura 1). Os discos foram pincelados com solução de cromo-azurol S, revelando uma coloração azul escuro intensa na presença de cobre.

Para a determinação da penetração de cobre foram demarcados dois diâmetros perpendiculares entre si. O valor médio das medições foi utilizado para avaliar a penetração dos elementos em cada posição nos moirões, totalizando quatro medições por disco. A distribuição foi avaliada com base nas médias das medidas de penetração ao longo do comprimento de cada moirão.

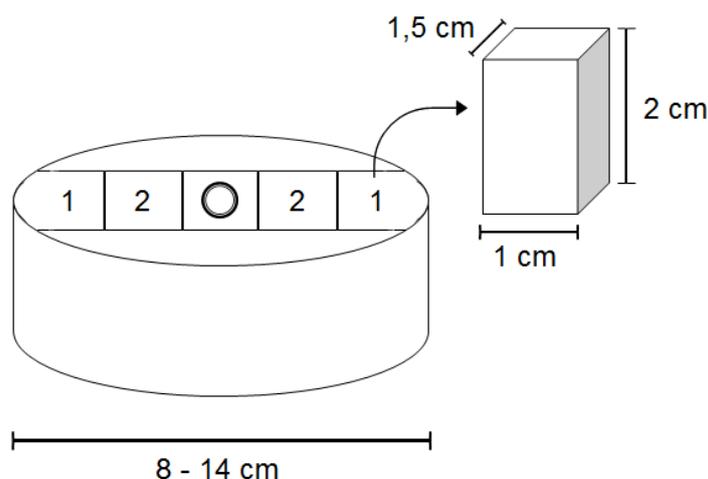
3.5 Retenção do CCA nos moirões

A retenção do preservativo foi avaliada por meio da digestão úmida das amostras retiradas no disco correspondente a zona de afloramento, seguindo a metodologia descrita por Wischer (1976, citada por Paes 1991). A escolha da retirada do disco na zona de afloramento ocorre por ser a região mais susceptível ao ataque de agentes xilófagos.

A metodologia constou da determinação do volume das amostras de madeira e incineração para obtenção das cinzas e sais metálicos, a 500 – 550 °C, e posterior adição de 3 mL da mistura dos ácidos sulfúrico, perclórico e nítrico, todos concentrados, nas proporções de 7:2:1, às cinzas obtidas pela incineração.

Foi realizada a digestão acelerada das amostras pelo aquecimento da mistura dos ácidos e cinzas, em chapas aquecidas, até a mistura ficar límpida, e realizada à diluição das soluções ácidas com água destilada a volumes fixos de 50 mL e armazenadas em frascos plásticos devidamente identificados. As amostras diametralmente opostas de cada profundidade radial foram analisadas em conjunto. Na Figura 3 consta a exemplificado a retirada dos corpos de prova para a análise de retenção.

Figura 3. Posições no disco onde foram retiradas as amostras para a análise de retenção de CCA.



A quantificação dos sais presentes da madeira foi realizada por meio de espectrofotometria de absorção atômica. A leitura das amostras diluídas foi constituída de duas etapas. A primeira foi a realização da leitura dos elementos

cobre e cromo no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) da Universidade Federal do Espírito Santo e a segunda no Laboratório de Espectrometria Atômica, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, para o arsênio.

Com os dados obtidos pela espectrofotometria e com os volumes das amostras de madeira, os cálculos de retenção foram efetuados de acordo com a Equação 1, proposta por Paes (1991).

$$R = \frac{F \times L \times Fd \times 10^{-3}}{V} \quad (1)$$

em que:

R = Retenção do elemento na madeira (kg i.a.m⁻³);

F = Fator estequiométrico empregado para transformação dos elementos químicos para óxidos (Cu x 1,2518 = CuO; Cr x 1,923 = CrO₃; As₂ x 1,5339 = As₂O₅);

L = Leitura obtida no espectrofotômetro (mg.L⁻¹);

Fd = Fator de diluição necessário para as leituras no espectrofotômetro;

V = Volume das amostras utilizadas nas análises (cm³).

3.6 Ensaios biológicos com organismos xilófagos

Para testar a eficiência do tratamento preservativo industrial, foram realizados ensaios biológicos com fungos e térmitas. Para os fungos foram empregadas às recomendações da *American Society For Testing And Materials* - ASTM D – 1413 (2005), e para os térmitas subterrâneos da ASTM D – 3345 (2005).

Os corpos de prova dos ensaios biológicos foram retirados nas mesmas posições e dimensões dos corpos de prova para a análise de retenção. Os ensaios biológicos, fungos apodrecedores e térmitas xilófagos foram analisados de forma separada, ou seja, uma amostra na posição 1 (profundidade de 0 a 1,5 cm) e posição 2 (profundidade de 1,5 a 3,0 cm).

3.6.1 Ensaio com fungos xilófagos e condições de ensaio

Os ensaios utilizaram amostras com dimensões de 1,5 x 1,0 x 2,0 cm (Radial x Tangencial x Longitudinal) das madeiras tratadas e não tratadas, das posições 1 e 2 (Figura 3), submetidos à ação dos fungos *Postia placenta* (Fr.) M. Larsen et Lombard, *Gloeophyllum trabeum* (Pers. ex. Fr.), espécies causadoras da podridão parda e tolerantes a compostos de cobre e arsênio, respectivamente, e *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilat, espécie causadora da podridão branca, predominante em madeiras de folhosas. Todo o manuseio dos fungos foi realizado em condições assépticas.

No total foram utilizados 648 corpos de prova, 216 por fungo, 108 por posição, 54 por espécie de madeira. Os mesmos foram previamente secos em estufa ($103 \pm 2^{\circ}\text{C}$), até atingirem massa constante, e pesados em balança analítica (0,001g) para a mensuração da massa anidra inicial.

Este ensaio foi montado em frasco com tampa metálica rosqueável com capacidade de 600 mL. O solo utilizado no preenchimento dos frascos foi proveniente de encosta, no município de Jerônimo Monteiro – ES, e preparado conforme a ASTM D 1413 (2005). Cada frasco foi preenchido com 300 g do solo de pH 7,2 e capacidade de retenção de água de 25,71%.

O solo foi umedecido com 74 mL de água destilada e foram adicionadas duas placas alimentadoras de madeira de *Pinus* sp. por frasco, com dimensões de 3 x 29 x 35 mm (Radial x Tangencial x Longitudinal). Os frascos foram esterilizados em autoclave a $121 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos. Após o resfriamento, as placas alimentadoras receberam um inóculo proveniente da cultura pura do respectivo fungo. Na Figura 4 encontra-se exemplificado um frasco preparado com o inóculo presente na placa alimentadora.

Após a colonização do fungo, os corpos de prova foram acomodados nas placas alimentadoras e mantidos em sala climatizada ($28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $75 \pm 5\%$ de umidade relativa) por 12 semanas. Decorrido tal período, os corpos de prova foram removidos dos frascos e cuidadosamente lavados em água corrente com o auxílio de uma escova macia, com a finalidade de remoção do micélio do fungo e frações de solo aderidas aos mesmos. Os corpos de prova foram secos em estufa ($103 \pm 2^{\circ}\text{C}$), até atingirem massa constante, e pesados em balança analítica (0,001g) para determinação da massa anidra final

Figura 4. Aspecto do inoculo sobre a placa alimentadora para o crescimento e colonização do fungo. A = Detalhe do inoculo; B = Frascos montados.



A resistência à deterioração pelos fungos xilófagos de cada corpo de prova foi mensurada em termos de perda de massa, de acordo com a ASTM D 2017 (2005) e avaliada qualitativamente de acordo com classes de resistência como descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Classes de resistência da madeira degradada por fungos apodrecedores.

Classe de resistência	Perda de massa média (%)
Altamente resistente	0-10
Resistente	11-24
Moderadamente resistente	25-44
Pouco resistente ou não resistente	≥45

Fonte: ASTM D 2017 (2005).

3.6.2 Ensaio de alimentação forçada com térmitas

O ensaio biológico foi realizado com o térmita subterrâneo *Nasutitermes corniger* Motsch., conforme o método descrito pela ASTM D - 3345 (2005), com algumas modificações sugeridas por Paes (1997). Foram utilizados 96 corpos de prova de 1,5 x 1,0 x 2,0 cm (Radial x Tangencial x Longitudinal) (Figura 3), sendo 72 destes tratados (36 de cada espécie, 18 da posição 1 e 18 da

posição 2) com CCA e 24 não tratados (12 de cada espécie, 6 da posição 1 e 6 da posição 2). Os corpos de prova foram secos em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante, mensurados em balança analítica (0,001g de precisão).

Para a realização do ensaio foram coletadas colônias de cupins, ou térmitas nas proximidades do município de Jerônimo Monteiro, ES. Depois de coletada, a mesma foi depositada numa caixa de 500 L de capacidade, contendo camada de 10 cm de areia umedecida recoberta por papelão umedecido para facilitar a captura dos cupins.

A caixa foi suportada por quatro tijolos, imersos em recipientes com água para evitar a fuga dos térmitas. A colônia foi acomodada sobre uma grelha, apoiada sob dois tijolos.

O ensaio de alimentação forçada foi montado em frascos de 600 mL, com tampa metálica rosqueável. Em seguida, foi realizado o teste de capacidade de retenção de água, conforme a ASTM D 3345 (2005). Os frascos foram preenchidos com 200 g de areia lavada, esterilizada em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas, com adição de 36 mL de água destilada, um corpo de prova soterrado até a metade de seu comprimento encostado em uma das paredes do frasco e $1 \pm 0,05$ g do térmita subterrâneo (média de 350 térmitas: 80% operários e 20% soldados).

Depois de preparados os frascos para este ensaio permaneceram em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 4\%$ de umidade relativa) durante 28 dias. Decorrido o período do ensaio, os corpos de prova foram removidos dos frascos e lavados com água corrente com auxílio de escova macia, e tiveram a massa anidra final determinada.

A resistência à deterioração pelos térmitas subterrâneos foi avaliada em termos de perda de massa dos corpos de prova, mortalidade dos térmitas, e pela análise visual do ataque (Tabela 3).

Tabela 3. Avaliação do desgaste da madeira e da mortalidade dos térmitas

Tipo de Desgaste	Nota
Sadio, permitindo escarificações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0
Mortalidade	(%)
Baixa	0 - 33
Moderada	34 - 66
Alta	67 - 99
Total	100

Fonte: ASTM D 3345 (2005).

3.6.3 Ensaio de preferência alimentar com térmitas

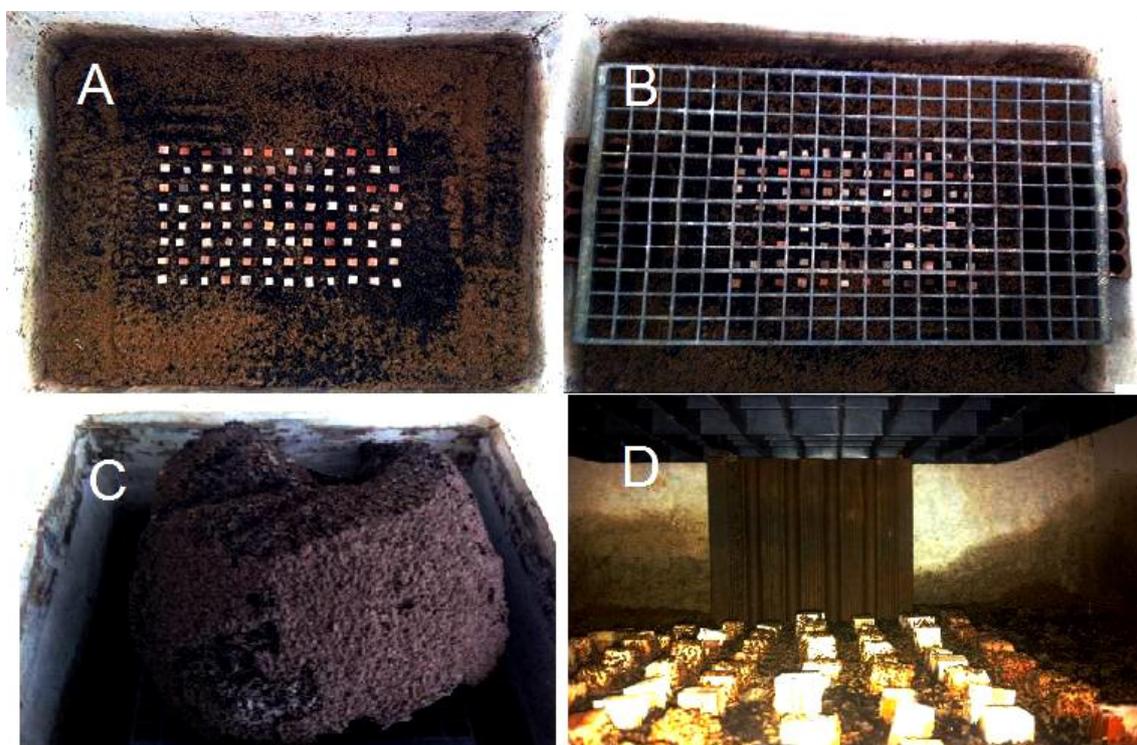
Este ensaio utilizou 96 corpos de prova de 1,5 x 1,0 x 2,0 cm (Radial x Tangencial x Longitudinal) (Figura 3), em que 72 destes foram tratados com CCA (36 de cada espécie, 18 da posição 1 e 18 da posição 2) e 24 não tratados (12 de cada espécie, 6 da posição 1 e 6 da posição 2). Os corpos de prova foram secos em estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até obterem massa constante, mensurados em balança analítica (0,001g de precisão).

Para a realização do ensaio foi coletada uma colônia do térmita *Nasutitermes corniger* Motsch., nas proximidades do município de Jerônimo Monteiro, ES. Após a coleta, a mesma foi depositada numa caixa de 500 L de capacidade, contendo areia umedecida a uma altura de aproximadamente 10 cm do fundo. A caixa foi suportada por quatro tijolos, imersos em recipientes com água, para evitar a fuga dos térmitas. A colônia foi acomodada sobre uma grelha, apoiada sob dois tijolos.

Os corpos de prova ficaram expostos à ação dos térmitas durante 45 dias, decorrido o período do ensaio, os mesmos foram removidos da caixa d'água e lavados com água corrente com auxílio de escova macia, e tiveram a massa anidra final determinada.

A resistência à deterioração pelos térmitas subterrâneos foi avaliada em termos de perda de massa dos corpos de prova, de acordo com a ASTM 2017 (2005) e pela análise visual do ataque, (Tabela 3). As etapas de montagem deste ensaio estão na Figura 5.

Figura 5. Etapas da montagem do ensaio de preferência alimentar com o térmita *Nasutitermes corniger*. A = Arranjo dos corpos de prova na caixa. B = Sobreposição da grelha nos tijolos para suporte da colônia. C = Ensaio completo. D = Ação dos térmitas nos corpos de prova.



3.7 Análise estatística dos resultados

Para a porcentagem de cerne e alburno, relação cerne-alburno, massa específica básica e aparente, volume de madeira e volume tratável foram realizados o teste t de Student para amostras independentes ($p \leq 0,05$), considerando o efeito madeira e a variável resposta em questão.

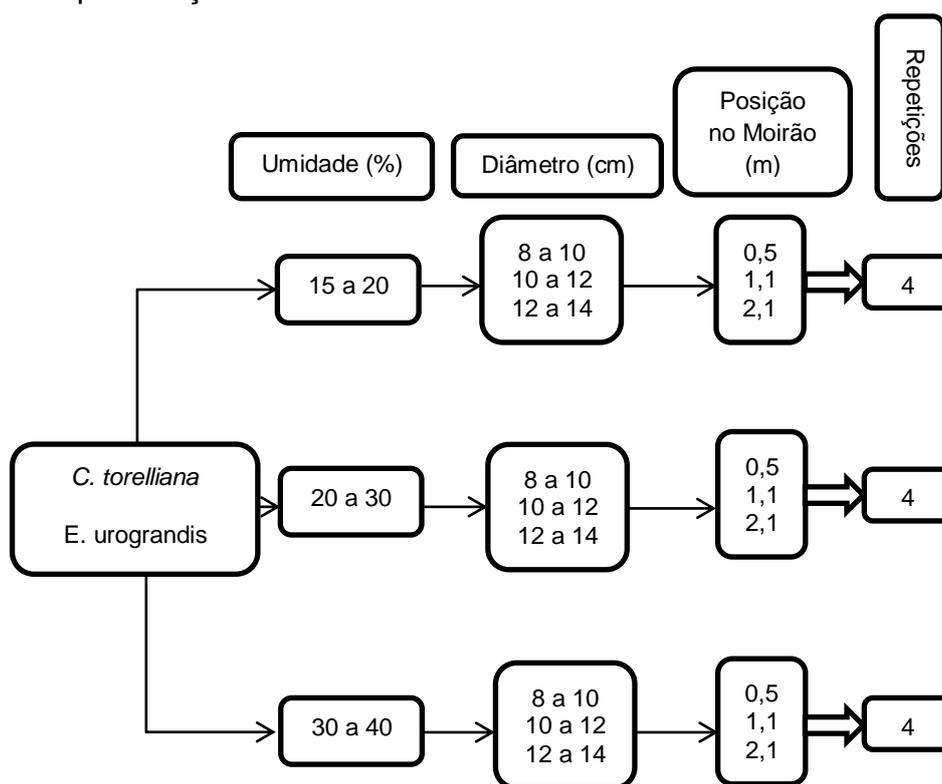
Para a avaliação da efetividade da medição do teor de umidade usando o medidor portátil do tipo resistivo, empregou-se a análise de regressão linear simples ($Y = aX + b$), em que se utilizou o teor de umidade pelo medidor

resistivo (Y) em função do método gravimétrico (X). Este modelo de regressão também foi utilizado para analisar a correlação entre a retenção e as propriedades da madeira.

Para a penetração, retenção do preservativo e ensaios biológicos com fungos apodrecedores e com o térmita (alimentação forçada) foram empregados um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial, discriminados individualmente nas Figuras (7, 8, 9 e 10).

Nas comparações estatísticas, os resultados de penetração foram analisados de acordo com a madeira (dois níveis), com quatro moirões, em função da umidade (três níveis), diâmetro (três níveis) e posição (três níveis) com 16 repetições. Na Figura 6 está representado o arranjo para análise estatística de penetração do cobre nas amostras tratadas.

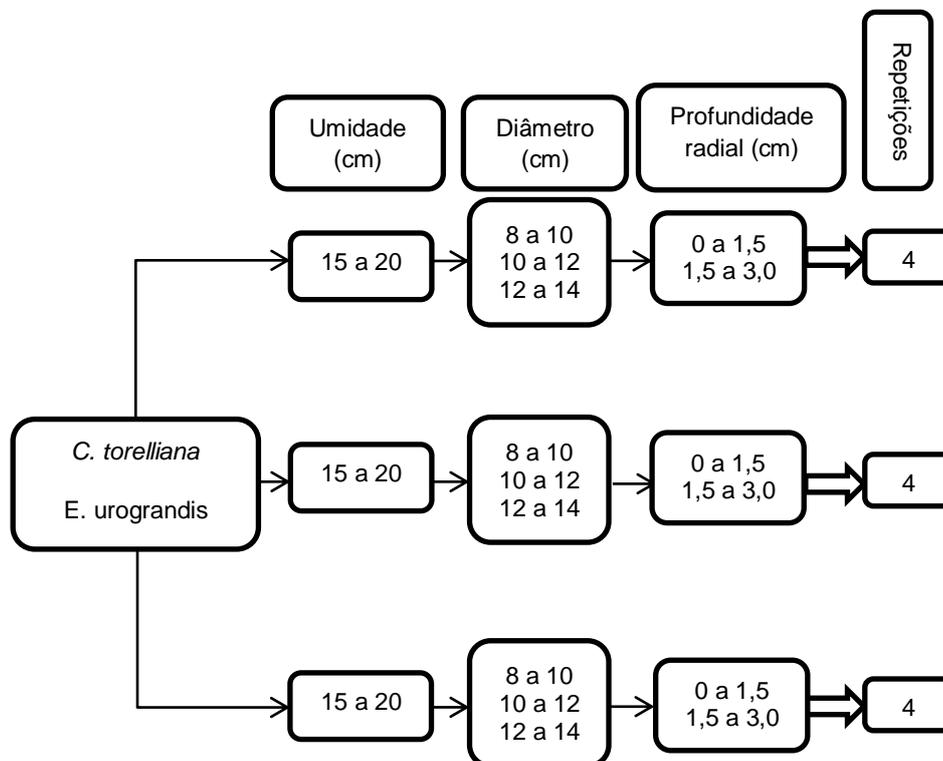
Figura 6. Arranjo fatorial para análises estatísticas dos resultados de penetração de i.a.



A retenção foi analisada para a madeira (dois níveis), com quatro moirões, em função da umidade (três níveis), diâmetro (três níveis) e

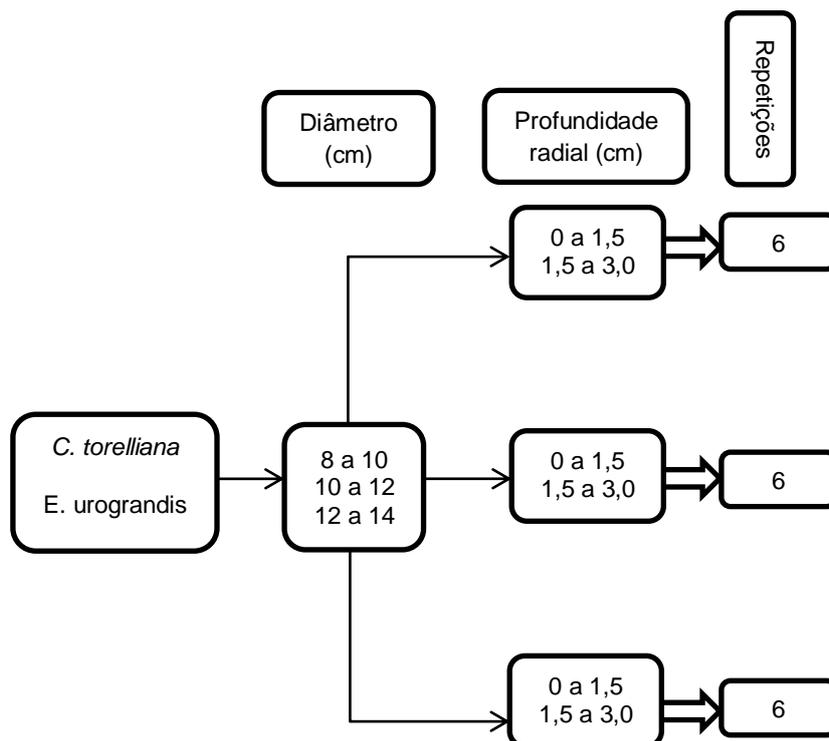
profundidade radial (dois níveis). Na Figura 7 consta o arranjo em fatorial para esta análise.

Figura 7. Arranjo fatorial para análise estatística dos resultados de retenção.



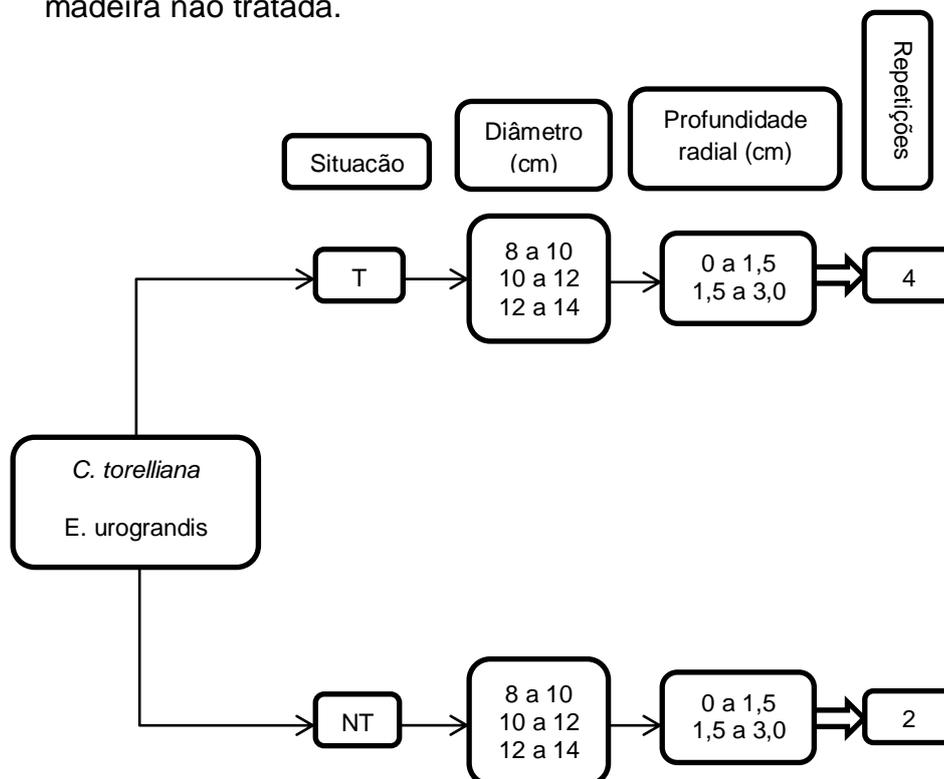
Para a análise estatística dos fungos apodrecedores avaliou-se a madeira (dois níveis) com seis repetições, em função do diâmetro (três níveis) e profundidade radial (dois níveis) para cada fungo (Figura 8).

Figura 8. Arranjo fatorial para análise dos fungos apodrecedores.



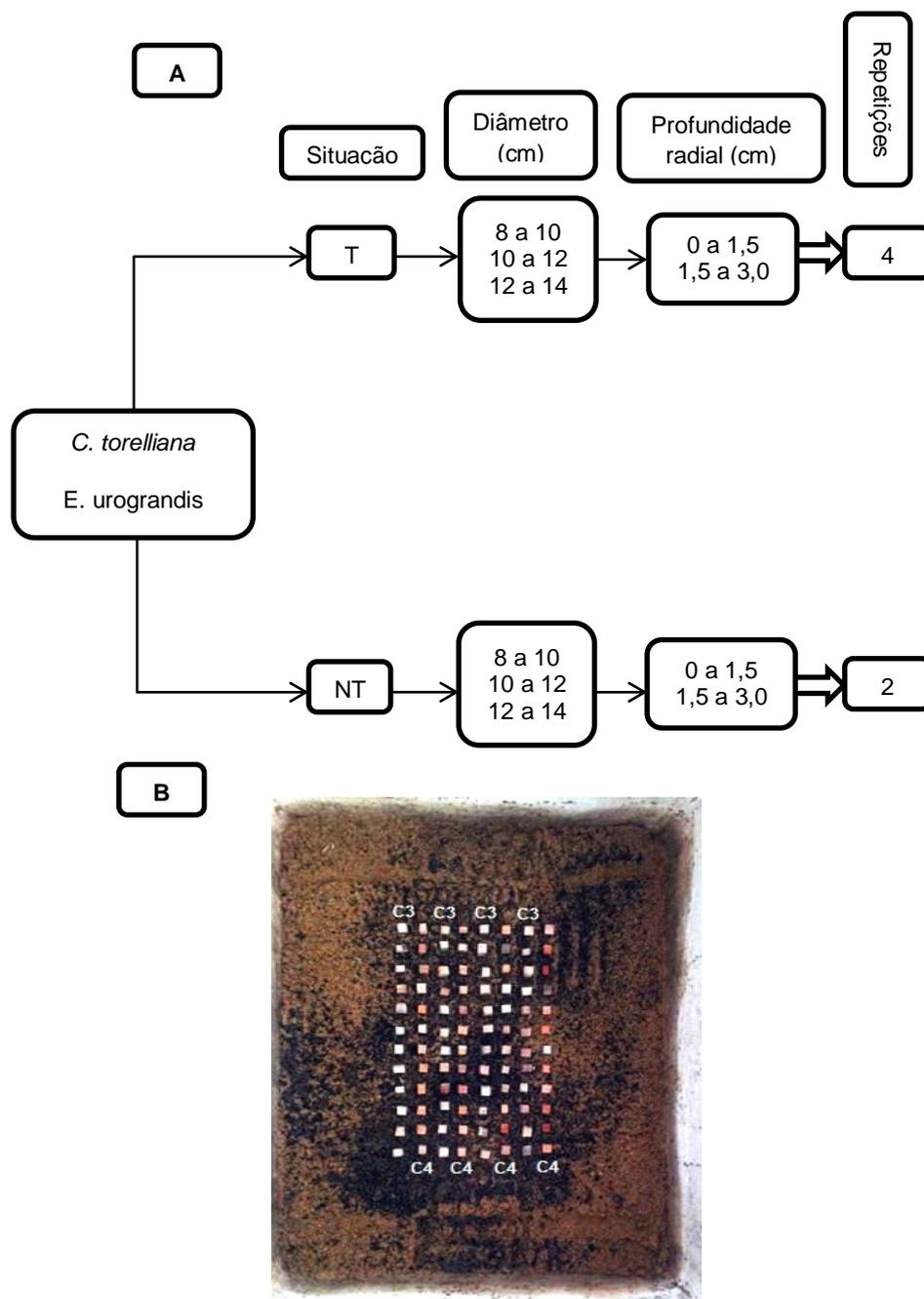
No ensaio de alimentação forçada com o térmita xilófago, primeiramente sortearam-se 48 moirões, 24 para a madeira de *Corymbia torelliana* e 24 para a madeira de *E. urograndis*, a fim de abranger os três diâmetros estudados. Para os moirões tratados, foram utilizados quatro repetições, por diâmetro, e duas profundidades radiais (0 a 1,5 e 1,5 a 3,0 cm), para os moirões não tratados foram empregadas duas repetições, por diâmetro, e duas profundidades radiais (0 a 1,5 e 1,5 a 3,0 cm). No total, desta forma, houve 96 repetições, em que 72 destas foram tratadas com CCA e 24 sem tratamento preservativo a fim de comparação entre as propriedades de durabilidade. O arranjo desta análise está esquematizado na Figura 9.

Figura 9. Arranjo fatorial para análise do ensaio de alimentação forçada. Situação: T = Madeira tratada com o respectivo preservativo; NT = madeira não tratada.



Na análise do ensaio de preferência alimentar empregou-se um delineamento em blocos casualizados, em que as profundidades no disco foram os blocos. Neste ensaio, seguiu-se o mesmo esquema de distribuição da situação, diâmetro, profundidade radial, repetições e no sorteio dos moirões do ensaio de alimentação forçada (Figura 10).

Figura 10. Esquema (A) e Figura (B) em delineamento em blocos (profundidade no disco) casualizado para o ensaio de preferência alimentar. C3 = profundidade radial de 0 a 1,5 cm. C4 = profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm



Quando necessário os dados foram transformados em $\text{Arcsen}\left(\sqrt{\frac{\text{Perda de massa}}{100}}\right)$ e $\sqrt{\text{Desgaste} + 0,5}$ como sugerido por Steel e Torrie (1980). Esta transformação tem como finalidade normalizar a distribuição dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físicas dos moirões

Os moirões da madeira de *Corymbia torelliana* apresentaram massa específica básica e aparente maior que o de *E. urograndis*, (Tabela 4), isto pode ter ocorrido provavelmente pela diferença de idade entre árvores, uma vez que resultados semelhantes para a massa específica básica de *E. urograndis*, com oito e sete anos, foram encontrados por Alzate et al. (2005) e Bassa et al. (2007), respectivamente.

Tabela 4. Valores médios das características dos moirões.

Massa específica (g.cm ⁻³)	Posição no moirão	Madeiras	
		<i>Corymbia torelliana</i>	<i>E. urograndis</i>
Básica	base	0,54 aA (5,55)	0,51 bA (5,81)
	meio	0,54 aA (5,54)	0,51 bA (3,91)
	topo	0,53 aA (7,47)	0,51 aA (5,85)
Aparente	base	0,70 a (10,00)	0,65 b (9,23)

Parâmetro Avaliado	Madeiras	
	<i>Corymbia torelliana</i>	<i>E. urograndis</i>
% Cerne	67,87 a (19,74)	56,53 b (22,89)
% Alburno	32,13 a (41,33)	43,47 b (29,74)
Relação Cerne-Alburno	2,65 a (55,47)	1,51 b (53,78)
Volume total (m ³)	0,019357 a (34,92)	0,019592 a (32,97)
Volume tratável (m ³)	0,009418 a (9,38)	0,012275 b (25,36)

Médias seguidas por letra minúscula, na horizontal, e maiúscula na vertical, no mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste t para amostras independentes ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Observou-se tanto para a espécie quanto para o híbrido, baixa variação da massa específica básica, avaliados em função do coeficiente de variação,

observa-se também que entre espécies ocorreu diferença na massa específica básica na base e no meio do moirão, não diferindo estatisticamente no topo. Ao analisar dentro da espécie e híbrido não ocorreu diferença entre as posições estudadas.

Ao analisar a espécie e híbrido, o *Corymbia torelliana* obteve a maior porcentagem de cerne, menor porcentagem de alburno, maior relação cerne:alburno e menor volume de madeira tratável diferindo estatisticamente, em relação ao *E. urograndis*. Em termos de preservação de madeiras estes fatores são primordiais na escolha da matéria prima, haja vista que maiores porcentagens de cerne tornam a madeira menos permeável a fluídos.

A perda de permeabilidade no cerne está associada à presença de extrativos e pela formação de tiloses que obstruem o fluxo de fluído dentro na madeira (SIAU, 1984). Ressalta-se que a NBR 9480 (ABNT, 2009) regulamenta que o alburno tem que ser 100% tratável. O volume tratável de madeira maior no *E. urograndis* está associada a menor relação cerne:alburno que esta madeira possui.

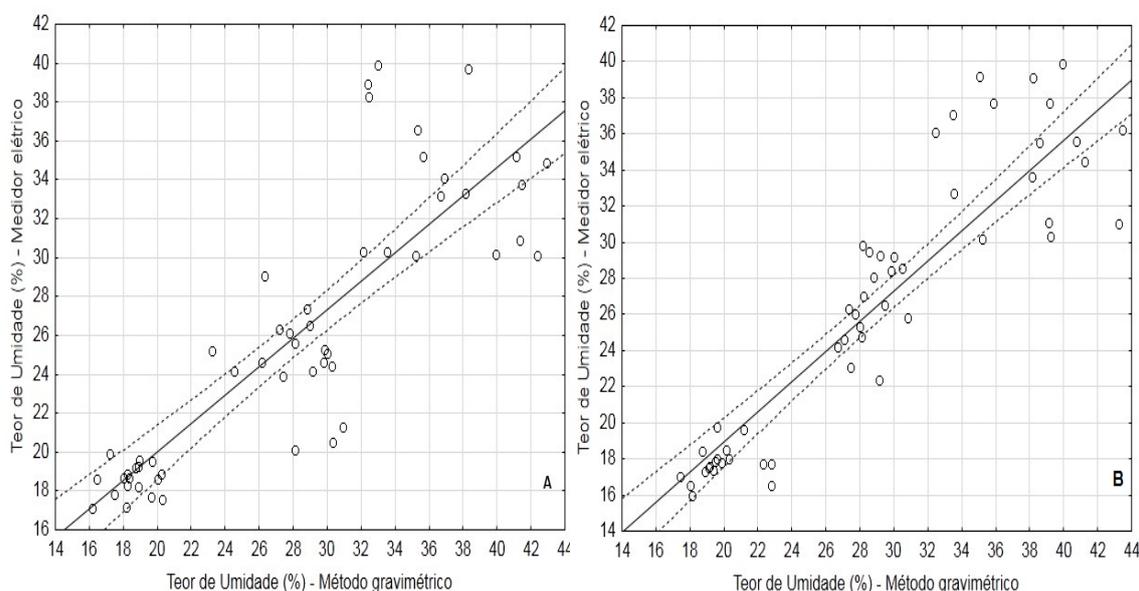
A relação cerne:alburno afeta as características de tratabilidade (penetração e retenção do preservativo). Ao considerar o tratamento preservativo industrial, menores relações cerne/alburno seriam mais adequadas. Apesar de ser mais durável que o alburno o cerne de madeiras de reflorestamento não confere total resistência em períodos longos à madeira contra organismos xilófagos, tanto quanto a madeira preservada, corroborando a necessidade de maiores teores de alburno. Isto pode ser alcançado principalmente utilizando árvores de idades menores, ou espécies com menores proporções de cerne.

Valle et al. (2013) ao estudarem a penetração e retenção de CCA tipo C, em madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* de 5 anos e 2 meses encontraram resultados de relação cerne:alburno média de 0,70, e que menores relações cerne:alburno resultaram em maior retenção de CCA na madeira, utilizando 2% de ingredientes ativos.

Ao analisar a Figura 11, observa-se que a faixa de umidade que melhor se ajustou para o *Corymbia torelliana* e *E. urograndis* correspondeu ao teor de umidade abaixo de 32%. Alguns fatores podem ter exercido influência na medição do teor de umidade pelo medidor elétrico de umidade, destacando-se

a espécie, orientação da grã, massa específica básica, temperatura, profundidade de aplicação das agulhas do aparelho, teor de extrativos (condutividade elétrica) e constituição química da madeira (SKAAR, 1972; CANOLEGO, et al., 2006; CRUZ et al., 2009).

Figura 11. Regressão linear simples ajustada para estimar o teor de umidade da madeira de *Corymbia torelliana* (A) e *E. urograndis* (B). Linha contínua: linha de tendência, linha pontilhada: intervalo de confiança 95%.



De acordo com a Tabela 5, a associação entre o teor de umidade pelo medidor elétrico e método gravimétrico, $r(x,y)$, tanto para a espécie quanto para o híbrido, é positiva, e de acordo com Larson e Farber (2010), o grau desta relação é entendida como “forte”. Para o *Corymbia torelliana* e *E. urograndis*, os modelos ajustados apresentaram que o coeficiente de determinação (R^2) indicou que os mesmos são adequados para estimar o teor de umidade pelo medidor elétrico resistivo.

De acordo com Panshim e De Zeeuw (1980); James (1988); Hartley e Marchant (1995); Derome (1999) a dispersão dos dados obtidos neste trabalho pode ser explicado pelo intervalo em que os medidores elétricos resistivos atuam, estimando com confiabilidade o teor de umidade. Este intervalo é compreendido entre 6% de umidade até o ponto de saturação das fibras, ou

seja, valores fora deste intervalo apresentarão fraca correlação entre a resistência elétrica e o teor de umidade.

Tabela 5. Análise estatística referente à regressão linear simples de *Corymbia torelliana* e *E. urograndis*.

Espécie e Híbrido	Equação da Reta de Regressão	r(x,y)	R²	Syx	F
<i>C. torelliana</i>	$Y = 5,355 + 0,731 * X$	0,85	72,98	3,62	140,4**
<i>E. urograndis</i>	$Y = 2,182 + 0,836 * X$	0,89	80,86	3,28	219,7**

**Significativo ($p \leq 0,01$); r(x,y) coeficiente de correlação de Pearson. R² coeficiente de determinação de Pearson. Syx erro padrão da estimativa.

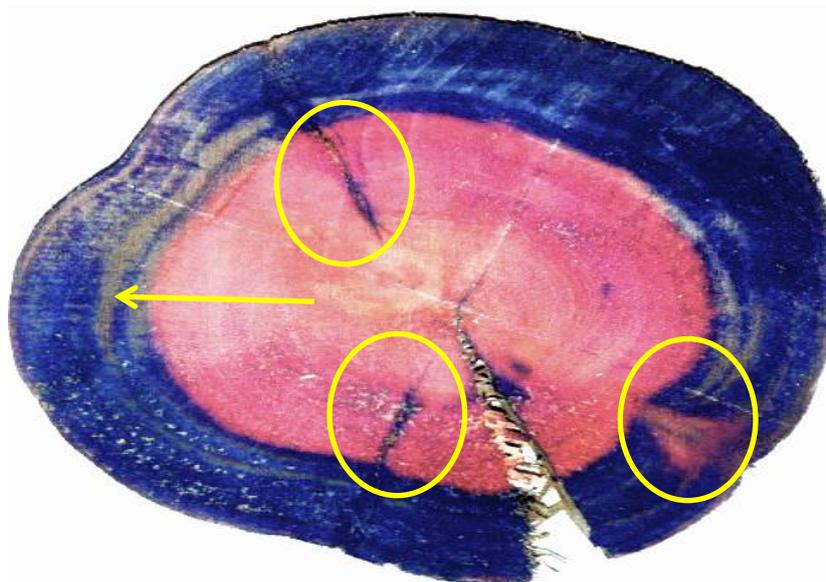
Ressalta-se que o medidor elétrico resistivo em usinas de preservação de madeiras é uma ferramenta de tomada de decisões importante, uma vez que este tipo de análise é de fácil operacionalidade e de resultados rápidos quando comparado ao método gravimétrico, o que confere agilidade na produção e evita tempo ocioso da autoclave.

4.2 Distribuição de cobre nos moirões tratados

4.2.1 Avaliação qualitativa da penetração de cobre

Independente da espécie e híbrido estudados, umidade, diâmetro e posição, os parâmetros no tratamento dos moirões proporcionaram penetração de toda a seção do alburno. A penetração profunda foi indicada pela coloração azul intensa desde a periferia da região do alburno até a região de transição entre cerne e alburno. A Figura 12 exemplifica os tipos de penetrações resultantes neste trabalho.

Figura 12. Penetração avaliada pela aplicação de cromoazurol-S na madeira tratada.



A penetração regular foi correspondente a toda região do alburno tratado como preconiza (SALES-CAMPOS et al., 2003; NBR 6232 ABNT, 2013; SCHNEID et al., 2013; VALLE et al., 2013). De acordo com Valle et al. (2013), madeiras susceptíveis ao recebimento de soluções preservativas, em função da permeabilidade do alburno, são descritas como não refratárias, denominação aplicável a espécie e híbrido estudados neste trabalho.

A penetração total do alburno confere a madeira elevada durabilidade contra agentes xilófagos, e é considerada um parâmetro relevante na escolha da espécie para o tratamento preservativo industrial, entretanto, este tipo de penetração pode torna-lo inviável economicamente, uma vez que maiores quantidades de produto preservativo serão fixados na madeira, aumentando o custo do processo de tratamento industrial. Observou-se pela seta amarela que em virtude de alguma modificação química ou anatômica da madeira não ocorreu penetração de cobre.

Ressalta-se que regiões de defeitos, como nós em todos os discos amostrados, não apresentaram penetração na extensão da seção do alburno, autores como Evangelista (2011), Lima (2012), Amaral (2012) encontraram relações semelhantes a este trabalho.

De acordo com Burger e Ritcher (1991), o nó é a porção basal de um ramo que se encontra no tronco ou peças de madeira, provocando alterações

no tecido lenhoso, e, ao morrerem podem causar alterações como acúmulo de resinas ou outros materiais que lhes conferem acentuada dureza, ocasionando diminuição na permeabilidade da madeira a passagem de fluídos, afetando a penetração de preservativos.

Em casos específicos de rachaduras ao longo dos raios ocorreu a penetração superficial do cerne. Evangelista (2011) destacou que a técnica de incisão pode ocasionar penetração no cerne. Kartal e Lebow (2004) e Lebow (2010) observaram aumento nas características de tratabilidade da madeira por meio da aplicação desta técnica. Silva (2010) observou que a madeira de cerne de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora* apresentou pequena penetração de fluídos no cerne o que poderia apresentar tratamento satisfatório da região impermeável, pela técnica da incisão.

4.2.3 Avaliação quantitativa da penetração de cobre

Para a penetração de cobre na madeira tratada, foram significativos os efeitos da espécie e híbrido, umidade, diâmetro, posição e as interações entre espécie e híbrido x umidade, espécie e híbrido x diâmetro, umidade x diâmetro, diâmetro x posição, e espécie e híbrido x umidade x diâmetro. A análise de variância referente à penetração da seção transversal consta no Apêndice A. Para as interações de primeira ordem que foram significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$) foi realizado o teste de média de Tukey ($p \leq 0,05$).

De acordo com a Tabela 6, ao analisar a interação dupla entre espécie e umidade, pode-se observar que o teor de umidade de 15 a 20% obteve-se as maiores penetrações e que as maiores penetrações ocorreram para o *E. urograndis*. Destaca-se nesta mesma interação o antagonismo em relação à penetração na umidade compreendida entre 30 e 40%, em que se obteve penetração maior que a umidade no intervalo 20 a 30%.

De acordo com a Tabela 6, ao analisar a interação dupla entre espécie e umidade, pode-se observar que o teor de umidade de 15 a 20% obteve-se as maiores penetrações e que as maiores penetrações ocorreram para o *E. urograndis*. Destaca-se nesta mesma interação o antagonismo em relação à penetração na umidade compreendida entre 30 e 40%, em que se obteve penetração maior que a umidade no intervalo 20 a 30%.

Tabela 6. Valores médios da penetração de cobre da espécie e híbrido em função do teor de umidade e classe diamétrica.

Espécie e Híbrido	Penetração Radial (mm) / Teor de Umidade (%)		
	15 a 20	20 a 30	30 a 40
<i>C. torelliana</i>	17,87 bA (29,26)	14,41 bC (25,05)	16,25 bB (38,83)
<i>E. urograndis</i>	21,73 aA (20,80)	20,79 aB (23,28)	21,19 aA (22,44)

Espécie e Híbrido	Penetração Radial (mm) / Classe Diamétrica (cm)		
	8 a 10	10 a 12	12 a 14
<i>C. torelliana</i>	18,65 bA (35,49)	16,45 bB (28,14)	13,42 aC (18,37)
<i>E. urograndis</i>	22,47 aA (20,73)	19,80 aB (25,30)	12,43 aC (18,18)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de uma coluna, e maiúsculas, dentro de uma mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

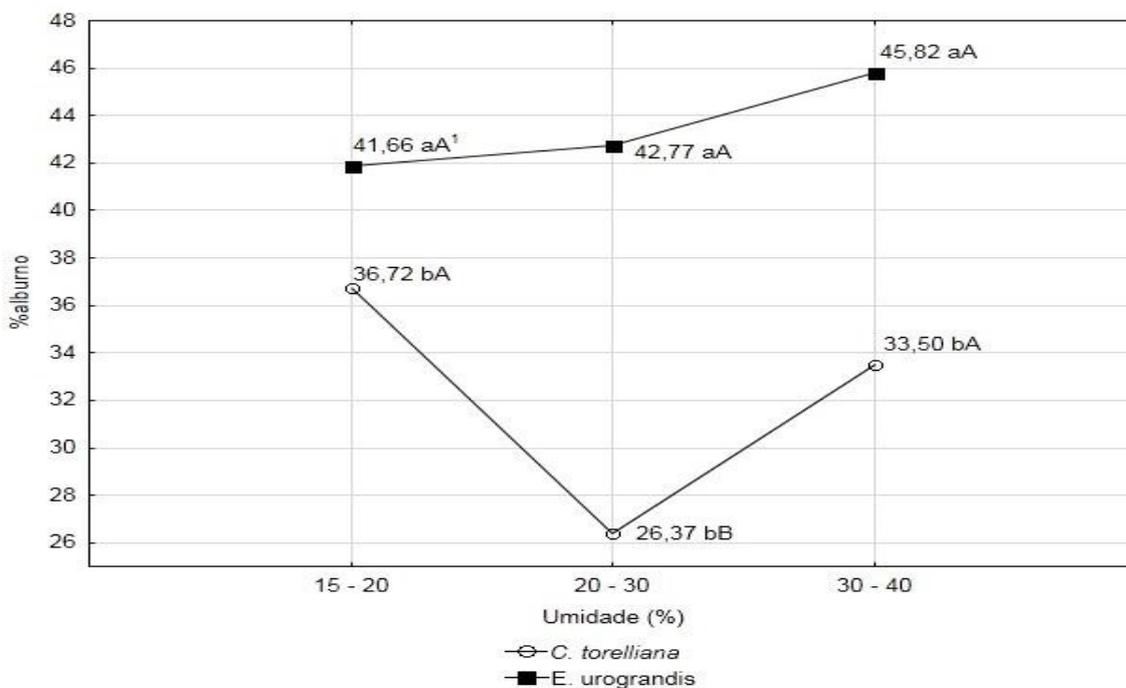
De acordo com Lepage (1986) acima do ponto de saturação das fibras, o aumento da umidade diminui a fração de vazios da madeira, diminuindo as características de tratabilidade. Isto se deve provavelmente aos moirões amostrados na umidade de 30 a 40% serem provenientes de madeiras mais jovens ou com maior porcentagem de alburno, fato constatado na Figura 13.

Com base na Figura 13 nota-se que tanto para o *C. torelliana* quanto para o *E. urograndis*, em virtude da maior porcentagem de alburno na classe de umidade de 30 a 40%, obteve-se maior penetração de cobre. Entretanto, observa-se que para o híbrido *E. urograndis* não houve diferença significativa em nenhum dos intervalos do teor de umidade estudados, e para a espécie *Corymbia torelliana* o teor de umidade de 20 a 30% diferiu dos demais, obtendo a menor média.

Ainda ao analisar a Tabela 6, na interação entre espécie e híbrido e diâmetro, nota-se que para o *C. torelliana* e para o *E. urograndis* que as maiores penetrações foram observadas nos menores diâmetros, com diminuição desta característica de tratabilidade concomitantemente com o aumento do diâmetro. A porcentagem de alburno possivelmente contribuiu para este comportamento da penetração (mm) observado na Figura 13. Com isto, ressalta-se a importância da avaliação desta característica, pois, maiores

diâmetros podem desclassificar a madeira, quanto ao seu uso, principalmente em contato com o solo, no caso dos moirões.

Figura 13. Porcentagem de alburno por teor de umidade pelo método resistivo de acordo com a espécie e híbrido estudados.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula, entre espécie e híbrido, e por letra maiúscula na mesma espécie e híbrido, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 7, as maiores médias observadas ocorreram na classe diamétrica de 8 a 10 cm, não diferindo estatisticamente ao analisar a classe diamétrica de 10 a 12 cm e o teor de umidade compreendido entre 15 a 20%, em que o valor da média foi de 21,02 mm. O menor valor médio da penetração ocorreu na classe diamétrica de 10 a 12 cm no teor de umidade de 20 a 30%, contudo não ocorreu diferença com a classe diamétrica de 12 a 14 cm. As penetrações do diâmetro de 12 a 14 cm não diferiram entre si ao analisar as classes de umidade empregadas neste trabalho.

Tabela 7. Valores médios observados para a penetração (mm) ao analisar o Teor de umidade e a classe diamétrica

Teor de Umidade (%)	Penetração Radial (mm) / Classe Diamétrica (cm)		
	8 a 10	10 a 12	12 a 14
15 a 20	19,95 aA (26,06)	21,02 aA (21,5)	18,42 aB (30,89)
20 a 30	20,29 aA (27,89)	15,42 cB (25,94)	17,08 aB (29,44)
Acima de 30	21,44 aA (32,83)	17,95 bB (28,57)	18,27 aB (34,92)

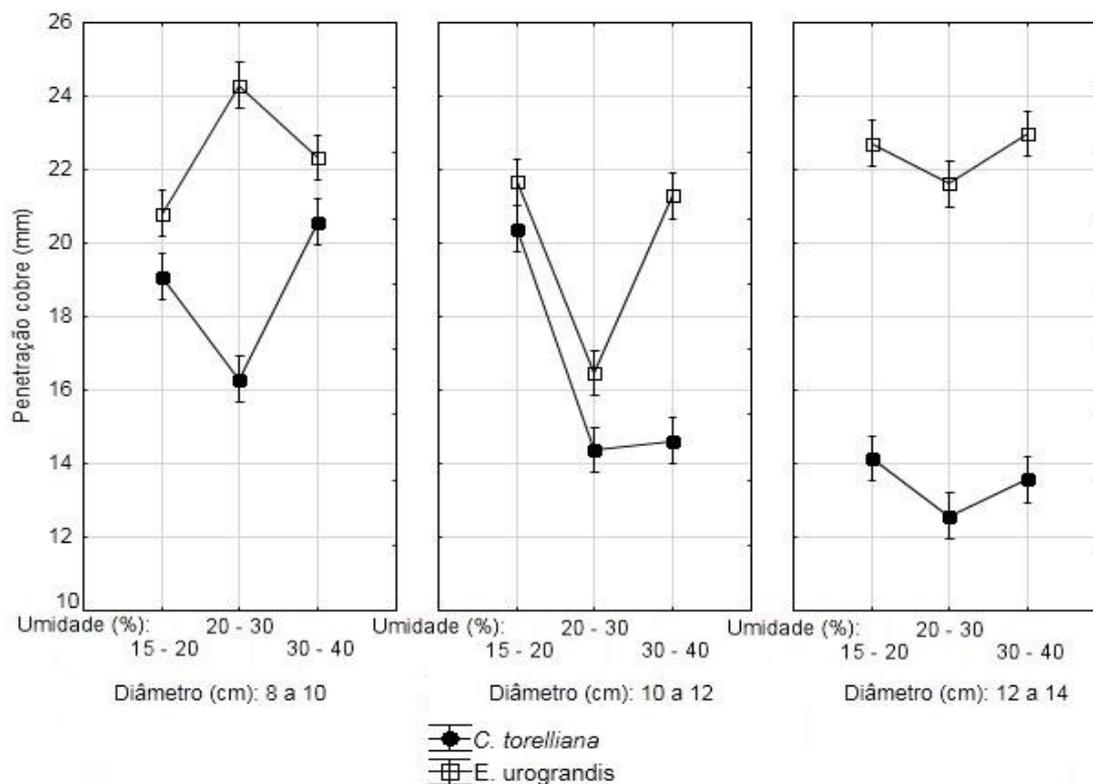
Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de uma coluna, e maiúsculas, dentro de uma mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Assim, conforme o critério estabelecido por Wehr (1985) Farias Sobrinho; Paes; Furtado, (2005) e Paes; Moreschi; Lelles, (2005) ao estabelecerem que a penetração mínima satisfatória seja 1,0 cm, o tratamento preservativo para a espécie de *Corymbia torelliana* e o híbrido *E. urograndis* é satisfatório para o teor de umidade de até 40%. De acordo com o Apêndice A, a interação entre espécie e híbrido x umidade x diâmetro foi significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$) e analisada graficamente (Figura 14).

Nota-se pela Figura 14 que, independente do teor de umidade e classe diamétrica a madeira de *E. urograndis* atingiu os maiores valores médios de penetração de cobre, provavelmente em função do maior volume tratável de madeira. A madeira de *Corymbia torelliana* na classe diamétrica de 12 a 14 cm obteve os menores valores médios da penetração, porém atingiu os valores mínimos recomendados por Wehr (1985), Farias Sobrinho e Paes; Moreschi; Lelles, (2005), de 10 mm, para todos os intervalos de umidade.

O maior valor médio absoluto da penetração foi registrado na classe diamétrica de 8 a 10 cm na madeira de *E. urograndis* para o intervalo de teor de umidade compreendido entre 20 a 30%. Nota-se que a penetração de cobre nos diâmetro de 10 a 12 cm e 12 a 14 cm segue um padrão de diminuição de 15 a 20% para 20 a 30% e posterior aumento de 20 a 30% para 30 a 40%, para o diâmetro de 8 a 10 cm as madeiras não tiveram padrão definido de penetração de cobre em função dos teores de umidade.

Figura 14. Análise gráfica da interação entre espécie e híbrido, umidade e diâmetro.



4.3 Retenção dos ingredientes ativos de CCA

Os resultados da análise de variância rejeitaram a hipótese de nulidade para os efeitos espécie, umidade, profundidade e para a interação entre espécie x profundidade, registrados no Apêndice B, conforme a Tabela 8.

Conforme notado na Tabela 8, ambas às espécies atingiram o mínimo de retenção de ingredientes ativos necessários para proteger a madeira quando em contato com o solo, tendo em conta que a NBR 9480, ABNT (2009) preconiza que para madeiras nessas condições a retenção mínima seja de 6,5 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira. Portanto, os parâmetros do tratamento industrial empregados assegurariam a conformidade com a norma para o *Corymbia torelliana* e *E. urograndis* contra organismos xilófagos.

Tabela 8. Valores médios para a retenção dos ingredientes ativos de CCA de acordo com o teor de umidade, madeiras e profundidade radial.

Teor de Umidade (%)	Retenção (kg.m ⁻³)	
15 a 20	8,23 a (59,78)	
20 a 30	7,02 ab (73,93)	
30 a 40	6,89 b (72,42)	
Madeiras	Retenção (kg.m ⁻³) / Profundidade Radial (cm)	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
<i>Corymbia torelliana</i>	11,44 aA (15,73)	1,66 bB (140,36)
<i>E. urograndis</i>	11,74 aA (23,08)	4,67 aB (68,09)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de uma coluna, e maiúsculas, dentro de uma mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Valle (2009) ao utilizar no tratamento preservativo o CCA, com 2% de ingredientes ativos, vácuo inicial e final de 560 mmHg por 30 e 15 minutos respectivamente, durante 90 minutos na madeira de *Eucalyptus urophylla* encontrou resultados superiores a este trabalho, tanto para a madeira de primeira e segunda rotação em que os valores médios de retenção foram de 8,85 e 8,50 kg.m⁻³, respectivamente, em virtude principalmente da menor relação cerne:alburno das árvores do trabalho citado.

Resultados semelhantes a este trabalho foram obtidos por Evangelista (2011) na retenção de CCA na madeira *Eucalyptus citriodora* quando submetido ao tratamento preservativo, ao empregar 60 minutos de pressão, vácuo inicial e final de 560 mmHg por 30 minutos e concentração de 2,0% de ingredientes ativos, que registrou retenção de 6,90 kg.m⁻³ nas condições especificadas. Resultados inferiores a este trabalho foram obtidos por Vivian (2011) ao conduzir o tratamento preservativo com CCA, com pressão de 12 kgf.cm⁻² (1,17 MPa) em madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em que forma obtidas retenções de 0,50 e 0,39 kg.m⁻³, respectivamente, em virtude destas madeiras serem provenientes de cerne.

Ainda ao analisar a Tabela 8, observa-se a redução dos valores médios de retenção com o aumento do teor de umidade da madeira nos intervalos empregados neste trabalho, ressalta-se que acima do ponto de saturação das

fibras ocorre a diluição da solução, proporcionando uma maior penetração, ocasionada pelo aumento na mobilidade das moléculas de cobre, e conseqüentemente, menor retenção da solução preservativa na madeira. Contudo, para todos os três intervalos de umidade, a retenção foi satisfatória no que tange a recomendação de $6,5 \text{ kg.m}^{-3}$ de ingredientes ativos de acordo com NBR 9480 (ABNT, 2009),

Em trabalho conduzido por Amaral (2012) em madeira de *Eucalyptus* os teores de umidade geral de 19; 25; 33 e 40,45% proporcionaram retenções de 6,5; 6,0; 6,0 e 6,0 kg.m^{-3} de CCA, utilizando pressão de 12 kgf.cm^{-2} (1,17 MPa) por 60 minutos, vácuo inicial e final de 550 mmHg por 30 e 15 minutos respectivamente e concentração de 1,7% de ingredientes ativos.

Nota-se na Tabela 8 que os maiores valores médios absolutos foram constatados na profundidade radial de 0 a 1,5 cm de retirada das amostras e que não houve diferença estatística entre as espécies empregadas para esta profundidade. O maior valor absoluto foi registrado na madeira de *E. urograndis* para ambas as profundidades radiais.

Ressalta-se que ao analisar as duas espécies ocorreram diferenças entre as posições de retiradas das amostras, em que a profundidade radial de 0 a 1,5 cm é essencialmente de alburno, região do lenho de reconhecida tratabilidade, registrando maior retenção, ao contrário da profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm que dependendo do diâmetro do moirão, é constituído de cerne. A explicação da diferença estatística entre as profundidades é a relação cerne:alburno, na qual a madeira de *E. urograndis* apresenta razão de 1,75 vezes menor que o *Corymbia torelliana*, ou seja, contém maior área tratável.

Ainda de acordo com a Tabela 9, ao observar o coeficiente de variação das de profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm estas atingiram valores superiores ao que a normatização brasileira recomenda, entretanto, na literatura são escassas as investigações científicas quanto à tratabilidade do produto preservativo CCA em profundidades radiais da madeira de *Eucalyptus*, como as estudadas neste trabalho, desta forma, a análise de retenção foi realizada em valores médios absolutos, destacando os autores anteriormente citados.

4.4 Deterioração causada por fungos apodrecedores

4.4.1 Deterioração causada pelo fungo *Postia placenta*

A análise de variância no Apêndice C referente à perda de massa (%) para o fungo apodrecedor *Postia Placenta* revelou que as interações espécie e híbrido x classe diamétrica e espécie e híbrido x profundidade radial foram significativas pelo teste F, procedendo o desdobramento da mesma.

Evidencia-se, (Tabela 9), que o tratamento preservativo com CCA conferiu significativa resistência das madeiras ao fungo tolerante a cobre, *Postia placenta*, alterando a classificação qualitativa de moderadamente resistente ao apodrecimento para altamente resistente, de acordo com a ASTM D 2017 (2005). Nota-se que para a madeira tratada de *E. urograndis* foram registradas as menores perdas de massa, em virtude provavelmente da maior retenção de produto preservativo.

Tabela 9. Comparações múltiplas dos valores médios de perdas de massa (%) por tratamento.

Madeira	Perda de massa (%) / Classe Diamétrica (cm)		
	8 a 10	10 a 12	12 a 14
Tratada <i>C. torelliana</i>	5,00 bA (AR) [*] (146,2)	5,67 cA (AR) (89,41)	4,71 bA (AR) (118,47)
Tratada <i>E. urograndis</i>	2,98 bA (AR) (89,93)	4,90 cA (AR) (108,77)	3,85 bA (AR) (94,28)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	32,32 aA (MR) (38,36)	22,56 bB (MR) (72,51)	26,51 aB (MR) (60,01)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	36,27 aA (MR) (27,92)	31,60 aA (MR) (25,82)	26,83 aA (MR) (42,19)
Madeira	Perda de Massa (%) / Profundidade Radial (cm)		
	0 a 1,5	1,5 a 3,0	
Tratada <i>C. torelliana</i>	2,17 bB (AR) [*] (42,85)	8,08 cA (AR) (90,96)	
Tratada <i>E. urograndis</i>	1,78 bB (AR) (59,55)	6,04 cA (AR) (79,30)	
Não tratada <i>C. torelliana</i>	39,91 aA (MR) (18,29)	14,36 bB (MR) (59,05)	
Não tratada <i>E. urograndis</i>	38,58 aA (MR) (17,08)	24,56 aB (MR) (35,58)	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, em linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). *Classificação de resistência ao apodrecimento pela ASTM D 2017 (2005) em que AR: altamente resistente; MR: moderadamente resistente. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Conforme a Tabela 9, para os diâmetros dos moirões, destaca-se que, entre as madeiras tratadas não houve diferença quanto à classificação qualitativa atribuída pela ASTM D 2017 (2005), de forma semelhante ocorreu estatisticamente. Para os diâmetros dos moirões, ressalta-se o que foi discutido anteriormente, sobre a efetividade do tratamento preservativo com CCA no aumento da resistência da madeira, em que ocorreu diferença tanto estatística como qualitativamente de acordo com a norma técnica para as madeiras tratadas e não tratadas.

Em termos de durabilidade natural a madeira de *E. urograndis* apresentou as maiores perdas de massa independente do diâmetro estudado, provavelmente pelo teor de reservas nutritivas presente nas células de parênquima. Apesar das madeiras não tratadas terem diferido estatisticamente pelo teste de média, estas apresentaram a mesma classificação qualitativa de resistência. Resultado semelhante para a madeira não tratada de *Eucalyptus grandis* e o fungo *Postia placenta* foi registrado por Batista (2012) com perda de massa de 32%.

As médias de perda de massa entre os diâmetros estudados atingiu o maior valor médio absoluto nos moirões de 8 a 10 cm, principalmente, em virtude de apresentarem maior porcentagem de alburno, região susceptível ao apodrecimento (OLIVEIRA, 2005).

Nota-se que a profundidade radial de 0 a 1,5 cm (Tabela 9) obteve o maior valor médio absoluto da perda de massa. Resultados semelhantes foram encontrados por Melo e Paes (2006) ao analisarem que na porção externa de quatro espécies do semi-árido a perda de massa foi maior que nas demais posições.

Observa-se ainda que para as madeiras tratadas as maiores perdas de massa ocorreram na profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm do disco, entretanto, ao analisar as situações tratada e não tratada qualitativamente a classificação perante a norma teve alterações de altamente resistente para moderadamente resistente.

Rodrigues e Brito (2011) ao estudarem a eficiência de preservativos e durabilidade natural de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* encontraram resultados divergentes a este trabalho para a perda de massa ocasionada por *Postia placenta*, em que para madeiras tratadas a perda

de massa foi inferior a 1% e para madeiras não tratadas de *Eucalyptus urophylla*, foram obtidas 11,26; 10,71 e 11,30%, para o cerne interno, cerne externo e alburno, respectivamente, em virtude desta região apresentar pior difusão de umidade, pela presença de tiloses e extrativos tóxicos.

A maior susceptibilidade ao apodrecimento da madeira não tratada de *E. urograndis* quando comparada a madeira não tratada de *Corymbia torelliana* ocorreu na profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm, em que ocorreu diferença estatística, podendo ser explicada pela razão cerne:alburno, uma vez que o alburno é menos resistente ao ataque de fungos apodrecedores, principalmente pelo cerne apresentar extrativos de natureza tóxica e pela impermeabilidade deste, ocasionando a redução de ar e umidade em seu interior, condições estas necessárias para o desenvolvimento fúngico.

Paes et al. (2007) ao estudarem a resistência natural de sete espécies a fungos xilófagos em condições de laboratório, utilizando quatro posições da medula para a casca, encontraram resultados semelhantes a este trabalho para a perda de massa na profundidade radial de 0 a 1,5 cm, quando se compara a madeira de jurema-preta, classificada como altamente resistente, com ambas as madeiras tratadas com CCA. Para as madeiras não tratadas, compara-se a perda de massa deste trabalho com as da madeira de nim indiano, classificado como resistente.

4.4.2 Deterioração causada pelo fungo *Gloeophyllum trabeum*

De acordo com o Apêndice D, apenas os fatores isolados espécie e profundidade mostraram-se significativos pelo teste F

Evidencia-se (Tabela 10), a efetividade do preservativo CCA contra este fungo apodrecedor, uma vez que ocorreu diferença estatística e qualitativa entre a madeira tratada e não tratada, em que ambas tratadas obtiverem a classificação de altamente resistente conforme a ASTM D 2017 (2005). Destaca-se que o *E. urograndis* obteve o menor valor médio absoluto para a perda de massa, embora, tenha atingido mesma classificação de resistência, conforme norma técnica utilizada.

As madeiras não tratadas diferiram quanto a classificação da ASTM D 2017 (2005), em que o *Corymbia torelliana* foi menos susceptível ao

apodrecimento por *Gloeophyllum trabeum*, obtendo classificação de “resistente” e o *E. urograndis* foi moderadamente resistente.

Vivian (2011) ao estudar a resistência biológica da madeira tratada, encontrou resultados superiores quanto à perda de massa ocasionada por este fungo em *Eucalyptus grandis*, aos 16 anos de idade, obtendo valores médios absolutos de 33,45% e 31,18% para a madeira não tratada e tratada, respectivamente, isto aconteceu pela baixa retenção obtida pelas madeiras.

Tabela 10. Comparações múltiplas dos valores médios de perdas de massa (%) por tratamento.

Madeira	Perda de Massa (%) / Classe Diamétrica (cm)		
	8 a 10	10 a 12	12 a 14
Tratada <i>C. torelliana</i>	3,53 bA (AR) [*] (146,74)	5,23 bA (AR) (114,72)	3,65 bA (AR) (141,09)
Tratada <i>E. urograndis</i>	2,59 bA (AR) (83,78)	3,43 bA (AR) (140,23)	2,32 bA (AR) (81,03)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	22,57 aA (R) (52,23)	14,71 aA (R) (83,82)	16,72 aA (R) (72,24)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	27,26 aA (MR) (28,35)	21,16 aA (R) (54,58)	25,56 aA (MR) (43,15)

Madeira	Perda de Massa (%) / Profundidade Radial (cm)	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
Tratada <i>C. torelliana</i>	1,72 bB (AR) [*] (87,20)	6,56 bA (AR) (102,89)
Tratada <i>E. urograndis</i>	1,49 bB (AR) (74,49)	4,07 cA (AR) (99,50)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	25,70 aA (MR) (38,01)	10,30 aB (R) (89,61)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	31,29 aA (MR) (24,41)	18,03 aB (R) (45,14)

Classe Diamétrica (cm)	Perda de Massa (%) / Profundidade Radial (cm)	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
8 a 10	10,74 aA (AR) [*] (132,77)	9,95 aA (AR) (101,50)
10 a 12	9,45 aA (AR) (134,07)	8,28 aA (AR) (93,71)
12 a 14	11,50 aA (R) (127,82)	6,57 aB (AR) (96,04)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, em linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). *Classificação de resistência ao apodrecimento pela ASTM D 2017 (2005) em que AR: altamente resistente; R: Resistente; MR: moderadamente resistente. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Stangerlin et al. (2013) ao estudarem a resistência natural de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de *Gloeophyllum trabeum*

encontraram resultados semelhantes, podendo comparar, pela perda de massa, por consequência, a avaliação qualitativa da ASTM D 2017 (2005), as madeiras de jequitibá (*Cariniana micranta*), classificada como moderadamente resistente, com a não tratada de *E. urograndis*, por outro lado a madeira de cumaru (*Dypterix odorata*), classificada como resistente, assemelha-se a madeira tratada de *E. urograndis*, na perda de massa e classe de resistência

Ao analisar a Tabela 10, observa-se que a profundidade radial de 0 a 1,5 cm, das madeiras tratadas com CCA, obtiveram as menores perdas de massa. Embora ocorresse diferença estatística entre as posições estudadas, de acordo com a ASTM D 2017 (2005), tais madeiras foram classificadas como “altamente resistente” ao fungo estudado.

Para os moirões não tratados destaca-se que os menores valores médios de perda de massa foram registrados na profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm, ocorrendo diferença estatística e de classe de resistência de moderadamente resistente para resistente, de acordo com a norma técnica. Ressalta-se que esta profundidade radial, dependendo do diâmetro avaliado, contém cerne, região considerada de menor susceptibilidade ao apodrecimento por fungos, em virtude, principalmente, dos extrativos presentes, da complexa interação entre fungo e madeira, vitalidade, tempo de estocagem, desenvolvimento e material genético do fungo.

Lima et al. (1997) ao estudarem a durabilidade natural das madeiras de *Eucalyptus microcorys* e *Eucalyptus pilularis* contra o fungo *Gloeophyllum trabeum*, destacam que estas madeiras tornam-se mais resistentes a partir de 6 cm da medula. Enfatiza-se que na região do alburno a perda de massa foi de 30 a 40%, valores próximos encontrados neste trabalho para a profundidade no disco de 0 a 1,5 cm dos moirões não tratados de *C. torelliana* e *E. urograndis*.

De acordo com a Tabela 10 em todas as classes diamétrica ocorreu diminuição da perda de massa da profundidade no disco de 0 a 1,5 cm para a profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm. Em termos absolutos a menor perda de massa média foi obtida nos moirões de classe diamétrica de 10 a 12 cm, seguido daqueles de diâmetro de 8 a 10 e 12 a 14 cm. Ocorreu diferença estatística para as posições, apenas nos moirões de 12 a 14, provavelmente em virtude do elevado percentual de cerne. Nesta mesma classe diamétrica

ocorreu a única mudança qualitativa de resistência, de altamente resistente, para resistente, de acordo com a ASTM D 2017 (2005).

4.4.3 Deterioração causada pelo fungo *Trametes versicolor*

Conforme o Apêndice E, a análise de variância acusou que os fatores espécie e híbrido, diâmetro, e as interações espécie e híbrido x profundidade, diâmetro x profundidade foram significativos pelo teste F, desta forma procedeu-se o teste de média com o desdobramento das interações. Na Tabela 11 consta a perda de massa causada pelo fungo *Trametes versicolor*, em função das madeiras, profundidade radial e classe diamétrica.

Tabela 11. Comparações múltiplas dos valores médios de perdas de massa (%) por tratamento.

Madeira	Perda de Massa (%) / Profundidade Radial (cm)	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
Tratada <i>C. torelliana</i>	1,69 bB (AR) [*] (1,69)	9,11 cA (AR) (106,14)
Tratada <i>E. urograndis</i>	1,54 bB (AR) (114,28)	7,85 cA (AR) (83,18)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	40,48 aA (MR) (23,32)	21,85 bB (R) (95,65)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	41,58 aA (MR) (27,13)	31,90 aA (MR) (47,33)
Classe Diamétrica (cm)	Perda de Massa (%) / Profundidade Radial (cm)	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
8 a 10	15,88 aA (R) [*] (136,39)	19,73 aB (R) (95,53)
10 a 12	14,96 aA (R) (127,47)	15,17 aA (R) (87,21)
12 a 14	13,42 aA (R) (136,95)	8,94 bA (AR) (126,06)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, em linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). *Classificação de resistência ao apodrecimento pela ASTM D 2017 (2005) em que AR: altamente resistente; R: Resistente; MR: moderadamente resistente. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Conforme Tabela 11 os parâmetros empregados no tratamento industrial das madeiras foram eficazes para classifica-las qualitativamente como altamente resistente perante o ataque do fungo de podridão branca *Trametes versicolor*, de acordo com ASTM D 2017 (2005), na qual a madeira de E.

urograndis em ambas as profundidades no disco obtiveram as menores médias gerais de perdas de massa, não diferindo estatisticamente do *C. torelliana*.

Para as madeiras não tratadas, os maiores valores absolutos médios de perdas de massa foram registrados na profundidade radial de 0 a 1,5 cm, isto corrobora com o que foi firmado anteriormente, que a região de alborno, em virtude de apresentar reserva nutritiva nas células de parênquima e por não possuir substâncias tóxicas, que inibem o crescimento fúngico é mais susceptível ao apodrecimento.

Vivian (2011) constatou que para a madeira não tratada de *Eucalyptus grandis* a perda de massa causada por *Trametes versicolor* foi de 58,20%, caracterizando-a como não resistente, porém para a madeira tratada a perda de massa foi de 37,73%, classificada como moderadamente resistente, para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* a perda de massa foi menor, tanto para a madeira não tratada como tratada, registrando valores de 28,82 e 5,10%, respectivamente, similares a este trabalho. Destaca-se que no trabalho do referido autor a madeira não atingiu valores satisfatórios de retenção.

A região amorfa da molécula de celulose, contendo sítios de absorção de água, possivelmente influencia no crescimento dos fungos, uma vez que provoca alterações no teor de água, condição necessária para o desenvolvimento. Desta forma constata-se que cada fungo apodrecedor pode apresentar características distintas de ataque à madeira, dependendo principalmente de sua constituição química.

Nota-se na Tabela 11, ao analisar a classe diamétrica, que os maiores valores médios de perda de massa causada por *Trametes versicolor* foram registrados nos moirões de classe diâmetro de 8 a 10, com redução de acordo com o incremento da classe diamétrica.

Ressalta-se que a perda de massa para a profundidade radial de 0 a 1,5 cm diminuiu com o aumento diametral dos moirões, porém não houve diferença significativa entre os fatores analisados. Da mesma forma ocorreu para a profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm, em que houve mudança na classificação qualitativa proposta pela ASTM D 2017 (2005) de resistente para altamente resistente a perda de massa causada por *Trametes versicolor* nos moirões de 12 a 14 cm quando comparado aos demais diâmetros.

Esta mudança de classificação qualitativa pode ser explicada porque nos moirões de 12 a 14 cm a porcentagem de cerne foi maior, e que nesta região tem-se menor teor de umidade e tiloses, em virtude do bloqueio das cavidades celulares por gomas, resinas e tilos nos vasos. Desta forma um desses fatores pode afetar adversamente o fungo obter o equilíbrio entre o ar e água necessários para o seu desenvolvimento.

Panshin e De Zeeuw (1980) destacaram que os fungos de podridão parda causam maiores perdas de massa quando comparados aos fungos de podridão branca, porém isto não foi observado, uma vez que as maiores perdas de massa foram registradas para o *Trametes versicolor*, ao se comparar com o *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum*. Resultados semelhantes foram encontrados por Torelli e Cufar (1994) ao avaliarem a perda de massa de 43 espécies de folhosas mexicanas e por Vivian (2011), isto pode ser explicado porque os fungos de podridão branca se desenvolvem melhor em madeiras de folhosas que os de podridão parda (MARTINEZ et al, 2005).

4.5 Deterioração causada por térmitas subterrâneos

4.5.1 Ensaio de alimentação forçada

Destaca-se que os térmitas subterrâneos em alguns casos, especialmente naqueles em quem as amostras não foram tratadas com CCA, fizeram túneis na areia, indicando o vigor dos insetos utilizados, tendo sobrevivido 9 dias sem os corpos de prova. Para os moirões tratados com CCA, apresentaram organização antagônica quanto a posição e movimentação dos cupins em relação ao corpo de prova no interior do frasco, indicando o efeito repelente do preservativo, como preconiza a ASTM D 3345 (2005).

A análise de variância da perda de massa causada pelo térmita *Nasutitermes corniger* (Apêndice F), indicou que os fatores isolados espécie, diâmetro e profundidade e a interação espécie e híbrido x profundidade foram significativos pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Conforme Tabela 12 a profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm obteve a maior perda de massa, uma vez que foram corpos de prova constituídos na

maior parte de cerne, em que o produto preservativo não penetra na madeira, não conferindo proteção à mesma

Panshin e De Zeeuw (1980) destacam que os cupins atacam o cerne e alborno de qualquer espécie de madeira, e este ataque depende do teor de celulose e carboidratos nestas regiões, uma vez que os cupins os utilizam como fonte de alimento.

Tabela 12. Valores médios da perda de massa dos moirões por tratamento.

Profundidade Radial (cm)	Perda de Massa (%)		
0 a 1,5	5,68 b (103,52)		
1,5 a 3,0	9,58 a (87,57)		
Madeira	Perda de Massa (%) / Classe Diamétrica (cm)		
	8 a 10	10 a 12	12 a 14
Não tratada <i>C. torelliana</i>	25,58 aA (46,20)	16,30 aB (21,10)	14,56 aB (6,79)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	19,69 aA (25,79)	15,78 aA (15,96)	13,40 aA (20,07)
Tratada <i>C. torelliana</i>	4,97 bA (47,20)	7,99 bA (79,09)	5,65 bA (83,71)
Tratada <i>E. urograndis</i>	2,36 bA (71,18)	2,51 cA (74,10)	2,46 cA (86,99)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Quando se comparam as profundidades das madeiras, as perdas de massa foram semelhantes ao trabalho conduzido por Paes e Vital (2000) em cinco espécies de Eucalipto, no qual o *Eucalyptus urophylla* obteve perda de massa de 5,20%. Para a profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm a perda de massa neste trabalho pode ser comparada a de *C. citriodora*, em que se obteve perda de massa de 8,21%.

Nota-se (Tabela 12) aumento de resistência de forma significativa ao ataque de térmitas xilófagos quando a madeira é tratada com CCA em ambos os casos, espécie e híbrido e que para as madeiras não tratadas não houve diferença estatística entre a perda de massa atingida pelo *C. torelliana* e *E. urograndis*, em que a madeira de *C. torelliana* foi mais atacada pelos cupins, haja vista que apresentou a maior perda de massa.

De maneira geral os moirões da madeira tratada e não tratada de *E. urograndis* mostraram-se mais resistente ao térmita xilófago *Nasutitermes corniger* quando comparado a madeira tratada e não tratada de *Corymbia torelliana* para todas as classes diamétricas estudadas, embora não tenha diferido estatisticamente na classe diamétrica de 8 a 10 cm dos moirões tratados da madeira de *Corymbia torelliana*, isto pode ser explicado pela diferença de retenção da profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm nos moirões de *E. urograndis*, quando comparados aqueles da madeira de *C. torelliana*.

Ferreira et al. (2004) reportaram perda de massa de 19,70% para a deterioração por *Nasutitermes corniger* na madeira de *Eucalyptus grandis*, aos 21 anos de idade. Batista (2012) encontrou para o mesmo térmita e espécie, contudo, aos 18 anos de idade, perda de massa inferior a 10%.

De acordo com a Tabela 12 dentre as espécies estudadas a madeira não tratada de *C. torelliana* apresentou a maior perda de massa no diâmetro de 8 a 10 cm, não diferindo estatisticamente da madeira não tratada de *E. urograndis*. Nestes casos pode-se observar diminuição gradual da perda de massa com o aumento diametral dos moirões, isto provavelmente ocorreu em virtude da diminuição da porcentagem de alburno.

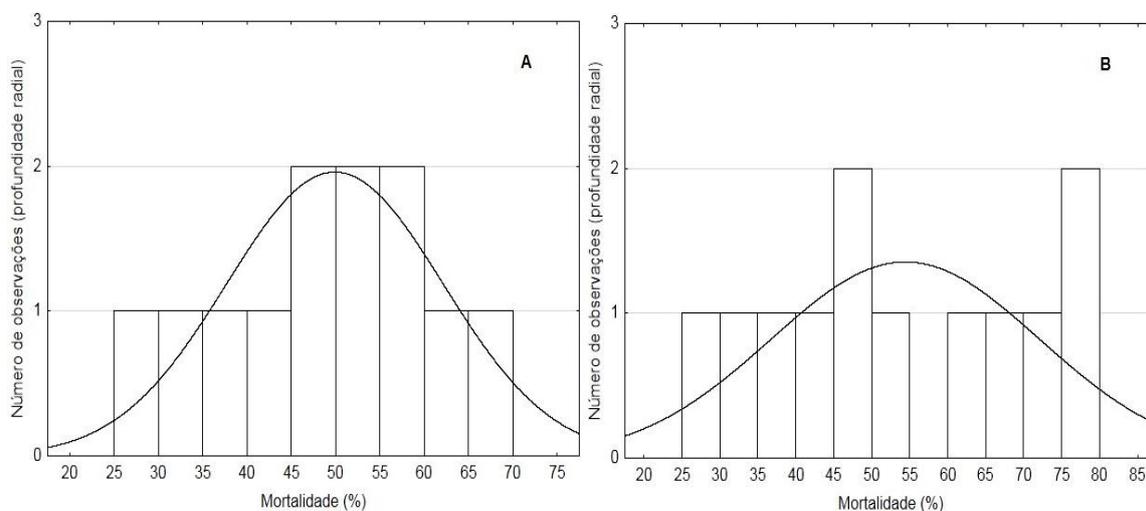
A vitalidade dos térmitas nos frascos foi avaliada diariamente, durante os 28 dias recomendados para este ensaio, portanto, desta forma pode-se analisar a quantidade de dias necessário para provocar a morte dos insetos. Para os moirões não tratados foi observado que ao fim dos 28 dias havia cupins nos frascos, portanto foi avaliado apenas para estes moirões a mortalidade dos cupins (Figura 15).

Na Figura 15 (A) é observada tendência das observações (profundidade radial de 0 a 1,5 cm e 1,5 a 3,0 cm) obterem mortalidade de 50%, considerada moderada pela ASTM D 3345 (2005) para a madeira de *C. torelliana*. Em nenhum caso foi relatada à mortalidade completa (100%) dos cupins para os moirões não tratados, entretanto, 8,33% das observações obtiveram mortalidade alta (67 – 99%), em contrapartida, 25% delas obtiveram mortalidade baixa (0 – 33%).

De acordo com a Figura 15 (B) nota-se tendência das observações (profundidade radial de 0 a 1,5 cm e 1,5 a 3,0 cm) terem mortalidade de 55% considerada moderada pela ASTM D 3345 (2005) para a

madeira de *E. urograndis*. Semelhante para a madeira de *C. torelliana* não ocorreu morte completa dos cupins para os moirões não tratados, contudo, 32,33% das observações obtiveram mortalidade alta (67 – 99%), por outro lado, 16,66% delas registraram mortalidade baixa (0-33%).

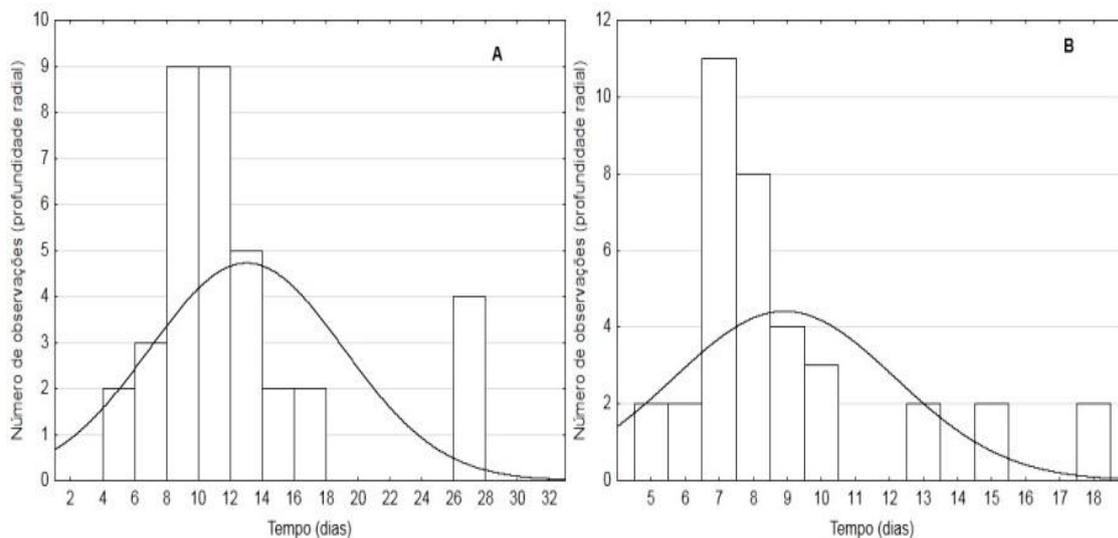
Figura 15. Mortalidade dos cupins ao fim dos 28 dias do ensaio de alimentação forçada com *Nasutitermes corniger* nos moirões não tratados. (A) = *C. torelliana*; (B) = *E. urograndis*.



Desta forma, pode-se afirmar que os moirões não tratados, dos quais se refere à *Corymbia torelliana* e *E. urograndis* apresentam susceptibilidade a deterioração moderada ao ataque de *Nasutitermes corniger*. O tempo em dias para a morte dos cupins nos moirões tratados em autoclave com preservativo CCA são mostrados na Figura 16.

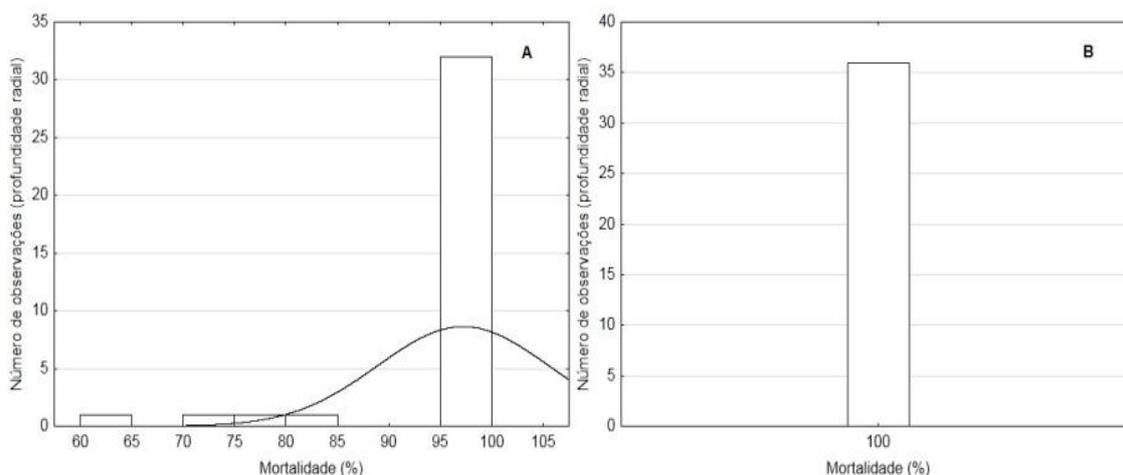
Conforme mostrado na Figura 16 (A), a curva de tendência indica que o tempo médio em dias necessários para a morte dos cupins para a madeira de *C. torelliana* foi entre 12 a 14 dias. Em termos absolutos o tempo em dias que ocorreu o maior número de mortes dos cupins foi de 8 a 12 dias, com 50% das observações. Destaca-se que quatro amostras (profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm) foram capazes de resistir à toxidez do preservativo CCA. Isto reforça o que foi discutido anteriormente, que amostras de cerne não conferem resistência à madeira.

Figura 16. Tempo em dias necessários para a morte dos cupins (A) = *C. torelliana*; (B) = *E. urograndis*.



Nota-se, (Figura 16B), que a curva de tendência indica o tempo médio para morte dos cupins aos nove dias de ensaio. Em termos absolutos o tempo em dias que ocorreu o maior número de mortes dos cupins foi aos sete dias, representando 30,55% das amostras. Destaca-se a efetividade do preservativo CCA, uma vez que não ocorreu sobrevivência dos cupins ao fim do ensaio, comprovado pela Figura 17.

Figura 17. Mortalidade dos cupins ao fim do ensaio de alimentação forçada. (A) = *C. torelliana*; (B) = *E. urograndis*.



Para a Figura 17A destaca-se que para a madeira de *C. torelliana* 88,88% das amostras, ou seja, 32 delas (profundidade radial de 0 a 1,5 cm e de 1,5 a 3,0 cm) obtiveram mortalidade total, 2,77% mortalidade moderada, e 8,33% mortalidade alta, de acordo com a ASTM D 3345 (2005). Para a Figura 17B destaca-se a efetividade do CCA, ocasionando em 100% das amostras (profundidade radial de 0 a 1,5 cm e 1,5 a 3,0 cm) mortalidade total do térmita *Nasutitermes corniger*, isto pode ser explicado pela relação cerne:alburno desta madeira, ocasionando maior retenção de CCA.

De acordo com o Apêndice G, em que se analisou o desgaste (nota) dos corpos de prova, observou-se que todos os fatores e as interações foram significativos pelo teste de F ($p \leq 0,05$).

Tabela 13. Comparações múltiplas do desgaste por tratamento.

Madeiras	Classe Diamétrica (cm) / Nota		
	8 a 10	10 a 12	12 a 14
Tratada <i>C. torelliana</i>	9,48 aA (8,54)	8,45 aB (25,08)	8,83 bA (19,02)
Tratada <i>E. urograndis</i>	9,61 aA (6,86)	9,15 aA (11,69)	9,71 aA (4,63)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	3,75 bB (3,84)	3,90 bB (41,28)	5,35 cA (28,59)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	4,4 bA (36,36)	4,75 bA (28,00)	5,6 cA (30,17)

Madeiras	Profundidade Radial (cm) / Nota	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
Tratada <i>C. torelliana</i>	9,57 aA (7,41)	8,26 bB (25,06)
Tratada <i>E. urograndis</i>	9,65 aA (6,21)	9,33 aA (10,07)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	4,7 bA (27,44)	3,96 cA (48,73)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	5,26 bA (30,60)	4,56 cA (33,77)

Classe diamétrica (cm)	Profundidade radial (cm) / Nota	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
8 a 10	8,25 aA (29,93)	8,11 aA (33,16)
10 a 12	8,38 aA (26,61)	6,97 bB (38,30)
12 a 14	8,73 aA (21,76)	7,91 aB (29,20)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de uma coluna, e maiúscula dentro de uma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 13 obteve-se o resultado esperado que as melhores notas fossem atribuídas às madeiras tratadas com preservativo CCA, e em valores médios absolutos o *E. urograndis* atingiu as maiores notas.

Em termos de durabilidade natural o *E. urograndis* obteve maior resistência ao térmita *Nasutitermes corniger* quando comparado à madeira de *Corymbia torelliana*, isto pode ser explicado pela toxidez dos extrativos presentes nesta madeira, bem como o teor de cinzas presentes no cerne.

Ao analisar o desdobramento da interação entre espécie e híbrido x profundidade radial constata-se que as madeiras tratadas com CCA obtiveram as maiores notas, diferindo estatisticamente, quando comparadas as madeiras não tratadas tanto para a espécie e híbrido estudado.

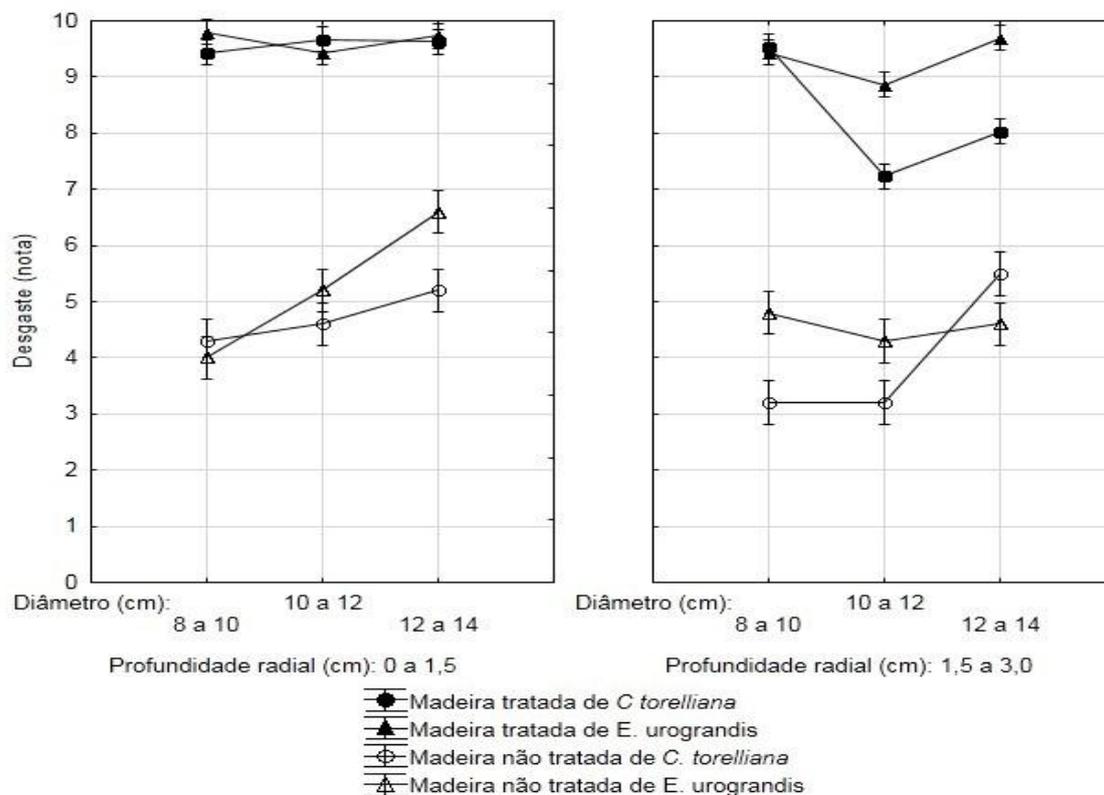
Em ambos os tratamentos, ou seja, madeira tratada e não tratada, as piores notas foram obtidas na profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm, entretanto não diferindo estatisticamente entre profundidades para as madeiras não tratadas. Para as madeiras tratadas com CCA ocorreu diferença entre as profundidades apenas para a madeira de *Corymbia torelliana*, em virtude principalmente da maior relação cerne:alburno.

Em termos absolutos, a menor nota foi atribuída à profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm de retirada dos corpos de prova, nos moirões de classe diamétrica 10 a 12 cm, diferindo estatisticamente das demais classes de diâmetro. Desgaste semelhante foi encontrado por Paes et al. (2007a) ao estudarem a resistência natural das madeiras de louro pardo (*Cordia trichotoma*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) e teca, classificadas como resistentes ao ataque por *Nasutitermes corniger*.

De acordo com a Tabela 13 independente do diâmetro analisado as maiores notas foram atribuídas a profundidade radial de 0 a 1,5 cm diferindo estatisticamente entre os tratamentos, com exceção do diâmetro de 8 a 10 cm. Ressalta-se que as melhores notas na classe diamétrica de 8 a 10 cm pode ser explicado pela baixa porcentagem de cerne nos moirões (Figura 18).

Na análise de variância, mostrado no Apêndice D, os fatores espécie e híbrido x diâmetro x profundidade foram significativos pelo teste F ($p \leq 0,05$), desta forma optou-se pela análise gráfica desta interação (Figura 18).

Figura 18. Análise da interação de segunda ordem para o desgaste (nota) atribuído aos corpos de prova.



Conforme a Figura 18, as madeiras tratadas obtiveram as melhores notas confirmando a efetividade do produto preservativo para os parâmetros de tratamento utilizado. Nota-se que a madeira tratada de *E. urograndis* na pro obteve valores próximos à nota máxima em todas as classes diamétricas, com ligeira diminuição das mesmas na classe de 8 a 10 cm para a de 10 a 12 cm, e, posterior aumento das mesmas de 10 a 12 cm para 12 a 14 cm.

Ao analisar a profundidade radial de 0 a 1,5 cm, as madeiras tratadas, independente da classe diamétrica, registraram valores próximos da nota máxima, uma vez que esta profundidade é constituída principalmente de alburno, região tratável da madeira. Para a profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm a madeira não tratada de *Corymbia torelliana* apresentou as piores notas, sobretudo, nos moirões de 8 a 10 cm e de 10 a 12 cm, com aumento médio gradativo da nota de três para próximo de seis nos moirões de 12 a 14 cm.

De maneira geral, para as madeiras não tratadas, ocorreu aumento gradativo das notas atribuídas em função da classe diamétrica para ambas as posições. Isto pode ser explicado porque nos moirões de 8 a 10 cm possui

mais porção de alburno, em que ocorre mais fontes de alimento para os cupins, uma vez que em regiões de cerne, presente em maior porcentagem em moirões de 12 a 14 cm, tem-se extrativos orgânicos (taninos) e inorgânicos (cinzas), que diminui o vigor dos cupins, haja vista que as cinzas desgastam o aparelho bucal dos mesmos, como discutido anteriormente.

4.5.2 Ensaio de preferência alimentar

De acordo com o Apêndice H, a análise de variância acusou significância pelo teste F para os fatores espécie e híbrido, profundidade e para a interação espécie e híbrido x profundidade (Tabela 14).

Tabela 14. Comparações múltiplas dos valores médios da perda de massa causada nas madeiras.

Madeira	Perda de Massa (%) / Profundidade Radial (cm)	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
Tratada <i>C. torelliana</i>	5,24 bB (70,22)	76,56 aA (42,99)
Tratada <i>E. urograndis</i>	4,85 bB (158,55)	49,92 bA (77,14)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	100 aA (0)	100 aA (0)
Não tratada <i>E. urograndis</i>	100 aA (0)	97,79 aA (5,63)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de uma coluna, e maiúscula dentro de uma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Como observado (Tabela 14), a profundidade radial de 0 a 1,5 cm de retirada dos corpos de prova das madeiras tratadas foram as que resultaram em menor perda de massa. Este resultado era esperado, em virtude desta profundidade possuir a maior retenção de produto preservativo, conferindo maior resistência à madeira. A maior perda de massa na profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm pode ser explicada pela pouca penetração e retenção do CCA em regiões próximas ou de transição de alburno para cerne.

Quanto às madeiras tratadas registrou-se menores valores médios de perda de massa na madeira de *E. urograndis*, isto pode ser explicado principalmente pela menor relação cerne:alburno, ocasionando maiores retenções de CCA. Evidencia-se o ganho de resistência das madeiras tratadas

com CCA em comparação as madeiras não tratadas quando submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, uma vez que a perda de massa causada foi aproximadamente 94,76% e 23,44% menor para a profundidade radial de 0 a 1,5 cm e de 1,5 a 3,0 respectivamente para o *Corymbia torelliana* e 95,15% e 47,87% menor para a profundidade radial de 0 a 1,5 cm e de 1,5 a 3,0 cm, respectivamente para o *E. urograndis*.

Observa-se que os parâmetros utilizados no tratamento preservativo com CCA nas madeiras foram eficazes contra *Nasutitermes corniger*, uma vez obtiveram as menores perdas de massa. Em termos absolutos, o menor valor médio da perda de massa foi registrado nos moirões da madeira de *E. urograndis*, provavelmente em virtude de terem apresentado maior retenção do preservativo em comparação aos moirões de *Corymbia torelliana*.

Nota-se que os moirões da madeira não tratada de *Corymbia torelliana* possuíam máxima perda de massa causada pelo térmita xilófago, não diferindo estatisticamente dos moirões da madeira não tratada de *E. urograndis*. Em estudo conduzido por Paes et al. (2013) em madeiras de *Eucalyptus camaldulensis* foram observadas perdas de massa próximos ao encontrados neste trabalho

O ganho de resistência da madeira proporcionado pelo tratamento preservativo com CCA foi capaz de conferir à madeira comportamento semelhante ao das madeiras de marmeleiro preto (*Croton sonderianus*) e nim indiano (*Azadirachta indica*), classificadas como de resistência moderada e que a resistência das espécies está relacionada à classe (qualidade) e quantidade dos extrativos presentes em cada espécie (PAES et al., 2007a).

De acordo com o Apêndice I observa-se que a análise de variância acusou diferença significativa para o desgaste (nota), atribuído aos corpos de prova, os fatores espécie e híbrido, diâmetro e profundidade, e para as interações espécie e híbrido e diâmetro, espécie e híbrido e profundidade, e para espécie e híbrido, diâmetro e profundidade. Na Tabela 15 são mostrados os valores médios do desgaste atribuídos aos corpos de prova ao término do ensaio.

Tabela 15. Comparações múltiplas dos valores médios do desgaste (nota) causado pelo térmita xilófago de acordo com o tratamento.

Madeira	Nota / Classe Diamétrica (cm)		
	8 a 10	10 a 12	12 a 14
Tratada <i>C. torelliana</i>	5,85 aA (61,70)	3,65 bB (106,30)	3,63 bB (104,40)
Tratada <i>E. urograndis</i>	5,78 aA (65,05)	5,65 aA (65,13)	6,53 aA (56,20)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	0 bA	0 cA	0 cA
Não tratada <i>E. urograndis</i>	0 bA	0 cA	0 cA

Madeira	Nota / Profundidade Radial (cm)	
	0 a 1,5	1,5 a 3,0
Tratada <i>C. torelliana</i>	7,7aA (22,33)	1,05 bB (214,28)
Tratada <i>E. urograndis</i>	8,8 aA (9,43)	3,17 aA (104,10)
Não tratada <i>C. torelliana</i>	0 bA	0 cA
Não tratada <i>E. urograndis</i>	0 bA	0 cA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de uma coluna, e maiúscula dentro de uma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação.

Conforme a Tabela 15, de maneira geral a madeira de *E. urograndis* obteve as melhores notas de desgaste dos corpos de prova, com exceção dos moirões de 8 a 10 cm em que ocorreu a maior média absoluta do desgaste, entretanto, não ocorreu diferença estatística entre as madeiras nesta classe diamétrica.

Para os moirões tratados de *C. torelliana* as notas atribuídas aos corpos de prova diminuíram com o aumento da classe diamétrica, em que a classe diamétrica de 8 a 10 cm diferiu das demais. Para a madeira tratada de *E. urograndis* ocorreu diminuição da classe diamétrica de 8 a 10 cm para a classe de 10 a 12 cm, com posterior aumento para a classe de 12 a 14 cm, contudo, a análise estatística mostrou-se semelhante aos resultados.

Nota-se que as piores notas foram observadas nos moirões não tratados de ambas as espécies em todas as classes diamétricas estudadas, diferindo estatisticamente das madeiras tratadas, comprovando a eficiência dos parâmetros utilizados no tratamento industrial.

Ao analisar o desdobramento da interação espécie e híbrido x profundidade no disco reforça o que foi discutindo anteriormente, que o melhor resultado das notas está associada a presença de produto preservativo, ou

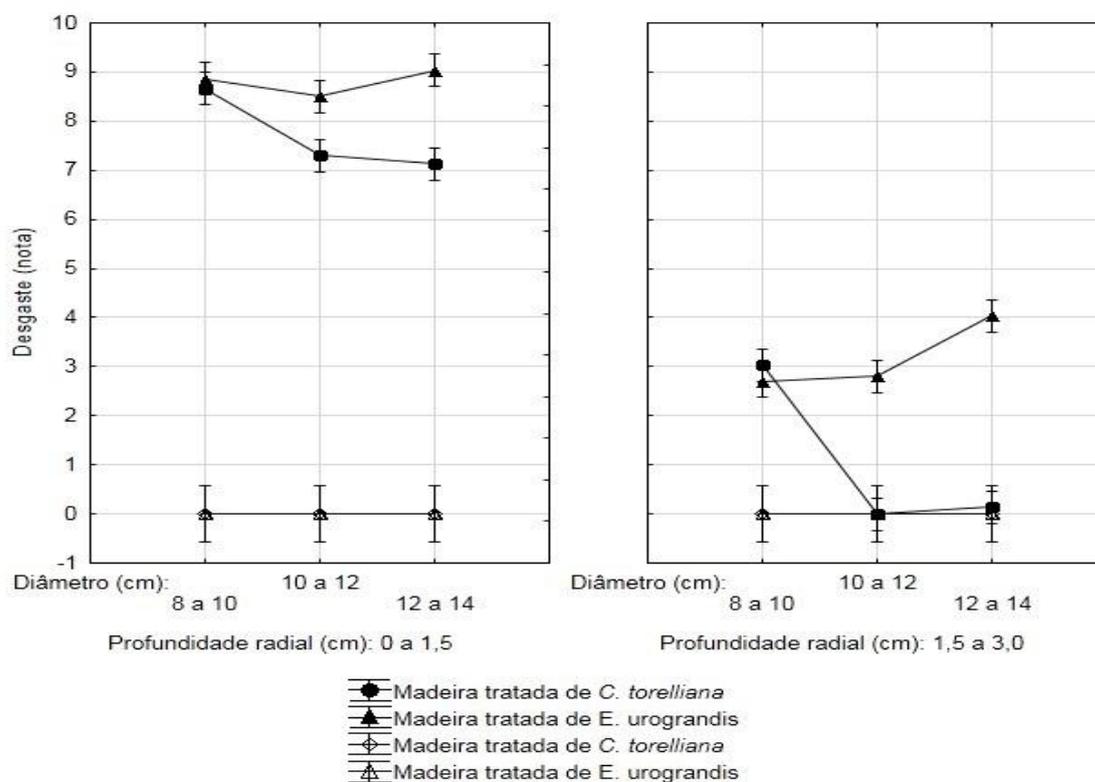
seja, profundidade radial de 0 a 1,5 cm, conferindo maior resistência a madeira, haja vista que as madeiras não tratadas foram as piores notas de desgaste

O ganho de resistência das madeiras tratadas ao analisar o desgaste dos corpos de prova, de acordo com a profundidade radial de 0 a 1,5 cm, pode ser comparada as madeiras de nim, classificada como menos resistentes, com valores próximos as madeiras de leucena, louro pardo, jurema preta e sabiá, classificadas como resistentes, conforme Paes et al., (2007a).

Ressalta-se que em estudos de perda de massa e desgaste (nota) atribuídos aos corpos de prova, as melhores notas estão relacionadas com as menores perdas de massa causada por *Nasutitermes corniger*, isto foi comprovado por Batista (2012) e corroborado neste trabalho.

A análise de variância, mostrado no Apêndice F, acusou interação entre os fatores espécie e híbrido x diâmetro x profundidade, desta forma optou-se pela análise gráfica da mesma (Figura 19).

Figura 19. Análise da interação de segunda ordem no ensaio de preferência alimentar para o desgaste (nota).



De acordo com a Figura 19, evidencia-se para a profundidade radial de 0 a 1,5 cm no disco, que é constituída principalmente de alburno, ou seja, região que recebeu produto preservativo CCA, ganho de resistência contra o térmita

xilófago para ambas as espécies, sobretudo para a madeira de *E. urograndis* em virtude da maior porcentagem de alburno.

Destaca-se que, de maneira geral, para a profundidade radial de 0 a 1,5 cm, ocorreu diminuição para as notas atribuídas aos corpos de prova concomitantemente com o aumento da classe diamétrica para as madeiras tratadas, com exceção da classe diamétrica de 12 a 14 cm para o *E. urograndis*. Ressalta-se que para a mesma profundidade radial, as madeiras não tratadas de ambas as espécies, independente da classe diamétrica não foram capazes de resistir ao ataque do *Nasutitermes corniger*, em que se registrou a pior nota.

Para a profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm a madeira tratada de *E. urograndis*, registrou ganho de resistência perante ao térmita estudado, com aumento das notas de acordo com o aumento da classe diamétrica. A madeira de *Corymbia torelliana* foi capaz de resistir ao ataque do térmita apenas para os moirões de 8 a 10 cm, provavelmente em virtude da relação cerne:alburno nestes moirões ser menor, obtendo maiores retenções de CCA.

Para as madeiras não tratadas na profundidade radial de 1,5 a 3,0 cm no disco, o *Corymbia torelliana*, independente da classe diamétrica não resistiu ao ataque do térmita, registrando as piores notas, diferente para o *E. urograndis*, em que nos moirões de 12 a 14 cm foi registrado ligeiro aumento nas notas.

4.6 Correlação entre a retenção de CCA e as características da madeira

A literatura informa que as principais características que influenciam a penetração e retenção de preservativos são a estrutura anatômica, permeabilidade, porcentagem de alburno e teor de umidade, e para o tratamento preservativo em autoclaves no processo de vácuo-pressão por célula cheia é possível apenas com teor de umidade abaixo de 35% (LEPAGE, 1986; NBR 9480 ABNT, 2009; MONTANA QUÍMICA, 2008). Na Tabela 16 são mostrados os coeficientes de correlação entre a retenção de CCA e as propriedades físicas, de durabilidade e característica dendrométrica da madeira.

Tabela 16. Coeficientes de correlação de Pearson entre a retenção de CCA e as propriedades da madeira de *Corymbia torelliana* e *E. urograndis* ($p \leq 0,05$).

Madeira	Retenção CCA												
	MAP*	PMP	PMG	PMT	PMAF	DAF	MOR	DIAS	PMPR	DPR	VOLTR	C/A	UM
<i>C. torelliana</i>	ns	-0,59	-0,48	-0,39	-0,55	0,51	0,38	-0,57	-0,88	0,89	ns	-0,55	ns
<i>E. urograndis</i>	ns	-0,68	-0,45	-0,56	-0,47	0,48	-	-0,34	-0,76	0,70	ns	-0,47	ns

MAP = Massa específica aparente; PMP = Perda de massa *Postia placenta*; PMG = Perda de massa *Gloeophyllum trabeum*; PMT = Perda de massa *Trametes versicolor*; PMAF = Perda de massa alimentação forçada; DAF = Desgaste (nota) alimentação forçada; MOR = Mortalidade do *Nasutitermes corniger* – alimentação forçada; DIAS = Dias necessários para a morte do térmita - alimentação forçada; PMPR = Perda de massa – preferência alimentar; DPR = Desgaste (nota) preferência alimentar; VOLTR = Volume tratável; C/A = relação cerne: alburno; UM = Teor de umidade pelo método resistivo.

^{ns} Não significativo a 5% de significância. - Dado não registrou variância, neste caso específico mortalidade igual a 100%.

Conforme registrado na Tabela 16 para as duas espécies estudadas a retenção do CCA não mostrou correlação apenas para a massa específica aparente, volume tratável e com o teor de umidade pelo método resistivo, ou seja, em nível quantitativo o teor de umidade e o volume tratável não explicam a variação da retenção. No estudo de Amaral (2012), a correlação entre retenção de CCA e a umidade geral pelo método gravimétrico foi significativa e negativa (-0,86)

De modo geral, para a análise de perda de massa causada pelos fungos à madeira de *E. urograndis*, de forma quantitativa, apresentou melhor resistência ao apodrecimento, apesar do coeficiente de correlação de Pearson ter registrado valores superiores. O Apêndice K indica que a madeira de *E. urograndis* apresenta resistência superior ao térmita do que a madeira de *Corymbia torelliana*.

No quesito mortalidade dos térmitas, a não variância dos dados na madeira tratada de *E. urograndis* reforça o que foi discutido anteriormente sobre a resistência superior desta madeira quando comparada a madeira tratada de *Corymbia torelliana*.

Conforme a Tabela 16 nota-se em ambas as espécies, que a perda de massa causada nos ensaios de preferência alimentar e alimentação forçada por *Nasutitermes corniger*, obteve coeficiente de correlação negativo, em contra partida, o desgaste registrou coeficiente positivo. Isto evidencia que maiores perdas de massa estão associados a piores notas, da mesma forma ocorre na situação inversa, em que as menores perdas de massa, estão associadas as maiores notas de desgaste.

Ao analisar a relação cerne:alburno observa-se que apesar do coeficiente de correlação de Pearson para a madeira de *Corymbia torelliana* ter sido maior que para a madeira de *E. urograndis*, os valores contidos no Apêndice M, corrobora o que foi discutido neste trabalho, de que madeiras com menor relação cerne:alburno atingiram maiores retenção do produto preservativo CCA.

5 CONCLUSÕES

Nas condições utilizadas neste trabalho pode-se concluir que:

- A massa específica básica encontrada para o *Corymbia torelliana*, em todas as posições, foram maiores quando comparada com o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.
- A medição do teor de umidade pelo método do medidor portátil é adequada para estimar o teor de umidade dos moirões.
- A relação cerne:alburno exerce influencia nas propriedades de tratabilidade e durabilidade da madeira das espécies estudadas no sentido inversamente proporcional, ou seja, quanto menor esta relação melhores características de durabilidade e tratabilidade serão alcançadas.
- De maneira geral, ambas as madeiras utilizadas apresentaram penetração profunda e regular, independente do teor de umidade e classe diamétrica.
- Os parâmetros utilizados no tratamento preservativo industrial com CCA foram capazes de proporcionar a madeira de *Corymbia torelliana* e *E. urograndis* a retenção mínima recomendada pelas normas técnicas, podendo serem utilizadas em contato com solo;
- As madeiras com teor de umidade de 15 a 20% proporcionaram maiores valores médios de retenção dos ingredientes ativos do CCA;
- Os parâmetros utilizados para a preservação da madeira foram capazes de proporcionar ao *Corymbia torelliana* e *E. urograndis* elevada resistência ao térmita xilófago nos ensaios de alimentação forçada e preferência alimentar;
- A madeira não tratada de *E. urograndis* obteve as menores perdas de massa em ambos os ensaios com *Nasutitermes corniger* e as maiores perdas de massa no ensaio com *Postia placenta*, *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*.
- As maiores notas (desgaste) nos ensaios de alimentação forçada e preferência alimentar foram atribuídas aos corpos de prova da madeira de *E. urograndis*.

- A madeira tratada com CCA por meio dos parâmetros utilizados neste trabalho tornou-se mais resistente à deterioração causada pelo fungo *Postia placenta*, tolerante a cobre, *Gloeophyllum trabeum*, tolerante ao arsênio e *Trametes versicolor*, fungo de podridão branca;
- A madeira tratada, tanto do *Corymbia torelliana* como a de *E. urograndis* foram classificadas qualitativamente como altamente resistentes a todos os fungos estudados;
- De maneira geral, as madeiras tratadas com CCA foram menos resistentes ao fungo de podridão branca, *Trametes versicolor*, em que ocorreu a maior perda de massa;
- Em ambas as madeiras estudadas a retenção não esteve correlacionada com a massa específica aparente, volume tratável e teor de umidade pelo método resistivo.
- Os parâmetros utilizados no tratamento preservativo industrial proporcionaram a madeira de *E. urograndis* 100% de mortalidade do *Nasutitermes corniger*.
- As melhores características de tratabilidade (penetração e retenção), durabilidade contra fungos apodrecedores e térmitas xilófagos foram encontradas na madeira tratada de *E. urograndis*.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L, S. **Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros**. 2012. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **ASTM D-2017**: accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Philadelphia, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **ASTM D-1413**: standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 7p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **ASTM D-3345**: standard method for laboratory evaluation of the wood and other cellulosic materials for resistance to termite. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 3p.

ALZATE, S. B. A; TOMAZELLO FILHO, M; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *E. urophylla*. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 68, p.87-9,. 2005.

APPEZZATO-da-GLÓRIA, B; CARMELO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 438p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6232**: penetração e retenção de preservativos em postes de madeira. Rio de Janeiro, 2013. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8456**: postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica. Rio de Janeiro, 1984. 31p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Anexo B – Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas. Rio de Janeiro, 1997. 107p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9480**: peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 15 p.

BASSA, A. G. M. C; SILVA JUNIOR, F. G; SACON, V. M. Misturas de madeira de *E. urograndis* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do processo Lo-Solids®. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 19-29, 2007.

BATISTA, D. C. **Modificação térmica da madeira de *Eucalyptus grandis* em escala industrial pelo processo brasileiro VAP HolzSysteme®**. 2012. 339f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BOLAND, D. J; BROOKER, M. I. H; CHIPPENDALE, G. M; HALL, N; HYLAND, B. P. M; JOHNSTON, R. D. KLEINIG, D. A; McDONALD, M. W; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. 5. ed. Sidney: CSIRO, 2006. 768p

BOLIN, C. A; SMITH, STEPHEN, T. Procedures and findings for alkaline quaternary copper-ACQ treated lumber. **Treated Wood Council**, Washington, p. 86, 2011.

BOTELHO, G. M. L; SANTANA, M. A. E; ALVES, M. V. S. Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de eucaliptos plantadas no Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 115-121, 2000.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo. Livraria Nobel S.A. 1991. 154p.

BURMESTER, A; BECKER, G. Investigations on the influence of wood preservatives on the strength of wood. **Holz als Roh-und- Werkstoff**, Berlim, v. 21, n. 10, p. 393-409. 1963.

CANOLEGO, F. W; BATISTA, W. R; SEVERO, E. T. R; SANTOS, J. E. G; RIBAS, C. Avaliação do teor de umidade da madeira de *Eucalyptus grandis* por medidores elétricos portáteis. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 71-78, 2006.

CLAUSEN, C. A. Biodeterioration of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook**: wood as an engineering material. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p.1-16.

CRUZ, C. R; MUNIZ, G. I. B; LIMA, J. T; FERREIRA, D. F. Application of stress waves to estimate moisture content in *Eucalyptus* wood. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 4, p. 430-438. 2009.

DEROME, D. **Moisture occurrence in roof assemblies containing moisture storing insulation and its impact on the durability of building envelope**. 1999. 230f. Thesis (Doctor of Building, Civil and Environmental Engineering) – Concordia University Montreal, Quebec, Canadá. 1999.

EVANGELISTA, W, V. **Penetração e retenção de arseniato de cobre cromatado em madeira de eucalipto**. 2011. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

FARIAS SOBRINHO, D. W; PAES, J. B; FURTADO, D. A. Tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D. C.), pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 225-236. 2005.

FERREIRA, A. G.; PAES, J. B.; MELO, R. R.; GUEDES, R. S. Consumo das madeira de *Eucalyptus grandis*, *E. pilularis* e *E. saligna* x *E. alba* (híbrido) por cupins xilófagos (*Nasutitermes corniger* Motschulsky), em condições de laboratório. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE CAMPINA GRANDE, 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2004.

GALLO, D; NAKANO, O; SILVEIRA NETO, S; CARVALHO, R. P. L; BAPTISTA, G. C; BERTI FILHO, E; PARRA, J. R. P; ZUCCHI, R. A; ALVES, S. B; VENDRAMIM, J. D; MARCHINI, L. C; LOPES, J. R. S; OMOTTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.469p.

GALVÃO, A. P. M; MAGALHAES, W. L. E, MATTOS, P. P. Processos práticos para preservar a madeira. **Documentos da Embrapa Florestas**, Colombo, n. 96, 2004.

GOMES, J. I; SILVA, E. M. A; MELO, A. T. **Durabilidade de 15 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente sombreado**. Belém: Embrapa, 2005.

HARTLEY, J; MARCHANT, J. **Methods of determining the moisture content of wood**. Research Division, State Forests of New South Wales, Austrália, 1995. 61p.

HUNT, G, M; GARRATT, G. A. **Wood preservation**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1967. 433p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. **Anuário estatístico da IBA 2014**: Ano base 2013. Brasília, 2014. 100p.

JAMES, W. L. **Electric moisture meters for woods**. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 1988. 17p.

KANEKO, S. **Mechanism of wood decay by brown-rot fungi**. 2004. 53f. Thesis (Doctorate Degree of Agricultural Science) – Kinki University, Osaka, Japão, 2004.

KARTAL, S. N; LEBOW, S. T. Effect of incising on treatability and leachability of CCA-C treated eastern hemlock. **Forest Products Journal**, Madison, v. 52, n. 2, p. 44-48, feb. 2004.

KIRK, T. K; COWLING, E. B. Biological decomposition of wood. In: ROWELL, R.M. **The chemistry of solid wood**. Washington: American Chemical Society, 1984. p.455-487.

LARSON, R; FARBER, B. **Estatística aplicada**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 640p.

LEBOW, P; LEBOW, S; NELSON, W. Effect of treatment pressure on treatment quality and bending properties of red pine lumber. **Forest Products Journal**, Madison, v. 60, n. 5, p. 447-452, aug. 2010.

LEPAGE, E. S. Preservativos e sistemas preservativos. In: Lepage, E.S (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1. p. 279-342.

LIMA, T. G; SILVA, M. D. D; LELLES, J. G; DELLA LUCIA, R. M. Ensaio de apodrecimento acelerado das madeiras de *Eucalyptus microcorys* e de *Eucalyptus pilularis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 4, n. único, p. 42-47, 1997.

LIMA, F. C. C. **Avaliação de novas espécies de *Eucalyptus* spp. em tratamento preservativo industrial**. 2012. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

MARTINEZ, A. T; SPERANZA, M; RUIZ-DUEÑAS, F. J; FERREIRA, P; CAMARERO, S; GUILLÉN, F. MARTINEZ, M. J. GUTIÉRREZ, A; del RIO, J. C. Biodegradation of lignocellulose: microbial, chemical and enzymatic aspects of the fungal attack of lignina. **International Biology**, Madri, v. 8, p. 195-204, 2005.

MELO, R. R; PAES, J. B. Resistência natural de quatro madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 169-175, 2006.

MODES. K. S. **Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis***. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MONTANA QUÍMICA S.A. **Madeira tratada com Osmose® K33 C – Óxido: Informativo Técnico - Divisão Osmose**. São Paulo, SP: Montana Química S.A., 2008.

OLIVEIRA, J. T. S; SOUZA, L. C; DELLA LUCIA, R. M; SOUZA JÚNIOR, W, P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005

PAES, J.B. **Viabilidade do tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), por meio de métodos simples e comparações de sua tratabilidade com a do *Eucalyptus viminialis* Lab.** 1991. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

PAES, J.B. **Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal em suas propriedades preservativas**. 1997. 143f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997

PAES, J. B.; FONSÊCA, C. M. B. ; LIMA, C. R.; SOUZA, A. D. de. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 217-225, 2010.

PAES, J. B; GUEDES, R. S; LIMA, C. R; CUNHA, M. C. L. Tratamento preservativo de peças roliças de leucena (*Leucaena leucocephala*) pelo método de substituição da seiva. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 231-246. 2007b.

PAES, J. B; MEDEIROS NETO, P. N; LIMA, C. R; FREITAS, M. F; DINIZ, C. E. F. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 399-405, 2013.

PAES, J.B.; MELO, R.R.; LIMA, C.R; OLIVEIRA, O. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo *Nasutitermes corniger* em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 57-62, 2007a.

PAES, J. B; MELO, R. F; LIMA, J. C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório, **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007c.

PAES, J. B; MORESCHI, J. C; LELLES, J. G. Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) pelo método de substituição da seiva. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 75-86. 2005.

PAES, J. B; VITAL, B. R. Resistência natural madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos em testes de laboratório **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 77, p 97-104, 2000.

PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R.; MEDEIROS NETO, P. N. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus comunis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, Edição Especial, p. 751-758, 2011.

PANSHIN, A. J; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw-Hill. 1980. 722p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Fungos. In: RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 297-333.

RICHARSON, B. A. **Wood preservation**. 2. ed. New York: E & FN Spon, 1993. 239p.

RODRIGUES, R. B; BRITO, E. O. Resistência natural de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* a *Coptotermes gestroi* (Isoptera; Rhinotermitidae) em laboratório. **Floresta e Ambiente**, Seropédica. v. 8, n.1. 2011.

SALES-CAMPOS, C; VIANEZ, B. F; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae – (Pau-Rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.

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

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, 2003.

SCHNEID, E; GATTO, D. A; CADEMARTORI, P. H. G. Avaliação do tratamento sob pressão de postes de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus cloeziana* com CCA-C. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 541-547, 2013.

SKAAR, C. **Water in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. 283p.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood**. Berlim: Spring-verlag, 1984. 245p.

SILVA, M. R; MACHADO, G. O; DEINER, J; CALIL JUNIOR, C. Permeability measurements of Brazilian *Eucalyptus*. **Materials Research**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 281-286, 2010.

STANGERLIN, D. M; da COSTA, A. F; PASTORE, T. C. M; GARLET, A. Dureza Rockwell da madeira de três espécies amazônicas submetidas a ensaios de apodrecimento acelerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 623-630, 2013.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistic: a biometrical approach**. 2. Ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.

TORELLI, N.; CUFAR, K. Comparative decay resistance of 43 Mexican tropical hardwoods. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlim, n.52, p.394-396, 1994.

TORRES, P. M. A; PAES, J. B; LIRA FILHO, J. A; NASCIMENTO, J. W. B. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehuh. pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 275-282, 2011.

TREVISAN H; MARQUES, F. M. T; CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Curitiba. v. 38, n. 1. 2008. p. 33-40.

USTA, I. The effect of moisture content and wood density on the preservative uptake of cacasian fir (*Abies nordmanniana* (link.) Spach.) treated with CCA. **Turkey Journal**, Istambul, v. 28, n. 1, p. 1-7, 2003.

VALLE, M. L. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando a sua utilização como madeira preservada.** 2009. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VALLE, M. L. A; SILVA, J. C; DELLA LUCIA, R. M; EVANGELISTA, W. V. Retenção e penetração de CCA em madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 481-490, 2013.

VIANA, J. **História das florestas plantadas, análise, demandas e potencial do setor florestal.** Brasília, 2005.

VIVIAN, M. A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e de campo.** 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

VIVIAN, M. A; SANTINI, E. J; MODES, K. S; MORAIS, W. W. C. Qualidade do tratamento preservativo em autoclave para a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 445-453, 2012.

WHER, J. P. P. **Métodos práticos de tratamento preservativo de moirões roliços de *Pinus caribea* Morelet var. *hondurensis* Bar. et Golf.** 1985. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1985.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância para a penetração (mm) de cobre.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécies (E)	1	6285,1	6285,1	341,36**
Umidade (U)	2	749,5	374,8	20,35**
Diâmetro (D)	2	1238,2	619,1	33,63**
Posição (P)	2	972,9	486,5	26,42**
E x U	2	261,1	130,5	7,09**
E x D	2	982,4	709,7	38,55**
E x P	2	24,2	12,1	0,66 ^{ns}
U x D	4	982,4	245,6	13,34**
U x P	4	47,6	11,9	0,65 ^{ns}
D x P	4	379,2	94,8	5,15**
E x U x D	4	777,1	194,3	10,55**
E x U x P	4	158,5	39,6	2,15 ^{ns}
E x D x P	4	8,8	2,2	0,12 ^{ns}
U x D x P	8	169,4	21,2	1,15 ^{ns}
E x U x D x P	8	242,6	30,3	1,65 ^{ns}
Resíduo	810	18,4		
Total	863			

** Significativo ($p \leq 0,01$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE B – Análise de variância para a retenção de CCA no interior da madeira.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	1	98,658	98,658	15,603**
Umidade (U)	2	52,533	26,267	4,154*
Diâmetro (D)	2	34,209	17,104	2,705 ^{ns}
Profundidade (P)	1	2552,327	2552,327	403,65**
E x U	2	10,725	5,362	0,848 ^{ns}
E x D	2	4,362	2,181	0,345 ^{ns}
E x P	1	66,294	66,294	10,484**
U x D	4	9,908	2,477	0,392 ^{ns}
U x P	2	13,010	6,505	1,029 ^{ns}
D x P	2	8,646	4,323	0,684 ^{ns}
E x U x D	4	29,342	7,336	1,160 ^{ns}
E x U x P	2	4,812	2,406	0,380 ^{ns}
E x D x P	2	13,320	6,660	1,053 ^{ns}
U x D x P	4	24,730	6,183	0,978 ^{ns}
E x U x D x P	4	27,582	6,896	1,091 ^{ns}
Resíduo	108	682,896	6,323	
Total	144			

** Significativo ($p \leq 0,01$). * Significativo ($0,01 > p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE C – Análise da variância da perda de massa (%) pelo fungo apodrecedor *Postia placenta*.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	3	6,56294	2,18765	298,81**
Diâmetro (D)	2	0,06436	0,03218	4,39*
Profundidade (P)	1	0,18156	0,18156	24,79**
E X D	6	0,17839	0,02973	4,06**
E X P	3	1,54239	0,51413	70,22**
D X P	2	0,01008	0,00504	0,688 ^{ns}
E X D X P	6	0,05327	0,00888	1,213 ^{ns}
Resíduo	192	1,40566	0,00732	
Total	215			

** Significativo ($p \leq 0,01$). * Significativo ($0,01 > p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE D – Análise de variância da perda de massa (%) pelo fungo apodrecedor *Gloeophyllum trabeum*.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	3	4,37780	1,45927	156,92**
Diâmetro (D)	2	0,05407	0,02704	2,907 ^{ns}
Profundidade (P)	1	0,12636	0,12636	13,588**
E X D	6	0,15908	0,02651	2,851*
E X P	3	0,98176	0,32725	35,19**
D X P	2	0,06041	0,03021	3,24*
E X D X P	6	0,06970	0,01162	1,249 ^{ns}
Resíduo	192	1,78548	0,00930	
Total	215			

** Significativo ($p \leq 0,01$). * Significativo ($0,01 > p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE E – Análise de variância da perda de massa (%) pelo fungo apodrecedor *Trametes versicolor*.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	3	8,27309	2,75770	163,836**
Diâmetro (D)	2	0,35134	0,17567	10,437**
Profundidade (P)	1	0,01758	0,01758	1,045 ^{ns}
E X D	6	0,15886	0,02648	1,573 ^{ns}
E X P	3	1,34334	0,44778	26,603**
D X P	2	0,14138	0,07069	4,200*
E X D X P	6	0,04401	0,00734	0,436 ^{ns}
Resíduo	192	3,23175	0,01683	
Total	215			

* Significativo ($0,01 > p \leq 0,05$). ** Significativo ($p \leq 0,01$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE F - Análise de variância para a perda de massa (%) dos corpos de prova para o ensaio de alimentação forçada com térmitas xilófagos.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	3	1,167624	0,389208	101,23**
Diâmetro (D)	2	0,031992	0,015996	4,16*
Profundidade (P)	1	0,093026	0,093026	24,19**
E X D	6	0,058494	0,009749	2,53*
E X P	3	0,013095	0,004365	1,13 ^{ns}
D X P	2	0,010029	0,005014	1,30 ^{ns}
E X D X P	6	0,021480	0,003580	0,93 ^{ns}
Resíduo	72	0,276802	0,003844	
Total	95			

** Significativo ($p \leq 0,01$). * Significativo ($0,01 > p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE G – Análise da variância do desgaste (nota) no ensaio de alimentação forçada com *Nasutitermes corniger* para os moirões das madeiras de *Corymbia torelliana* e *E. urograndis*.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	3	71,590	23,863	365,08**
Diâmetro (D)	2	2,051	1,025	15,69**
Profundidade (P)	1	2,610	2,610	39,92**
E X D	6	2,663	0,444	6,79**
E X P	3	0,841	0,280	4,29**
D X P	2	0,678	0,339	5,19**
E X D X P	6	1,929	0,321	4,92**
Resíduo	456	29,807	0,065	
Total	479			

** Significativo ($p \leq 0,01$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE H - Análise de variância para a perda de massa (%) para o ensaio de preferência alimentar com térmitas xilófagos.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	3	16,7478	5,58262	68,791**
Diâmetro (D)	2	0,19508	0,09754	1,202 ^{ns}
Profundidade (P)	1	2,69818	2,69818	33,248**
E X D	6	1,05197	0,17533	2,160 ^{ns}
E X P	3	3,65834	1,21945	15,026**
D X P	2	0,15758	0,07879	0,971 ^{ns}
E X D X P	6	0,81456	0,13576	1,673 ^{ns}
Resíduo	72	5,84306	0,08115	
Total	95			

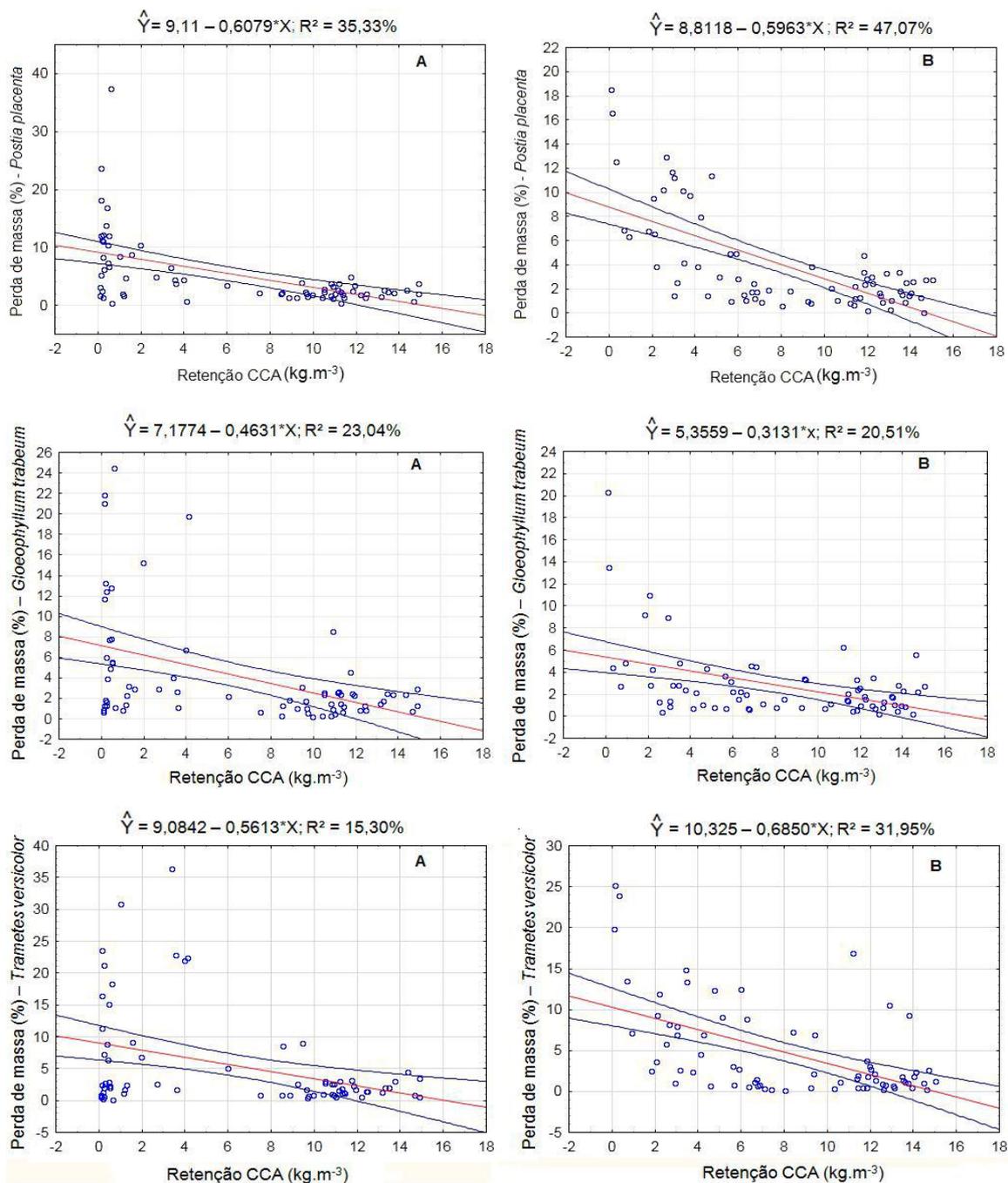
** Significativo ($p \leq 0,01$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE I – Análise da variância do desgaste no ensaio de preferência alimentar com *Nasutitermes corniger* para os moirões das madeiras de *Corymbia torelliana* e *E. urograndis*.

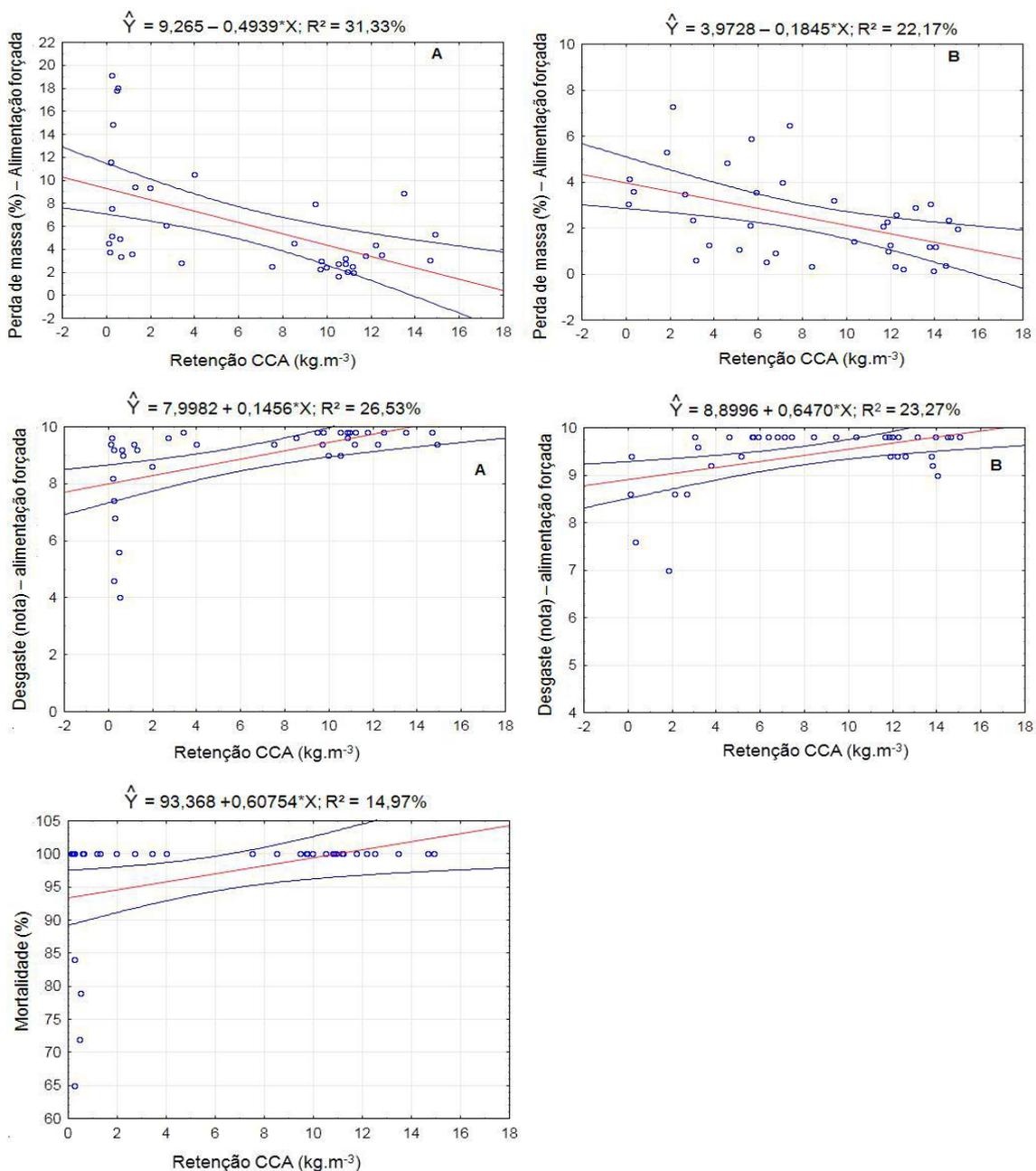
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Espécie (E)	3	203,0487	67,6829	273,50**
Diâmetro (D)	2	1,5267	0,7634	3,085*
Profundidade (P)	1	56,8496	56,8496	229,731**
E X D	6	11,1205	1,8534	7,490**
E X P	3	60,9639	20,3213	82,119**
D X P	2	0,3640	0,1820	0,735 ^{ns}
E X D X P	6	4,0817	0,6803	2,749*
Resíduo	456	112,8423	0,2475	
Total	479			

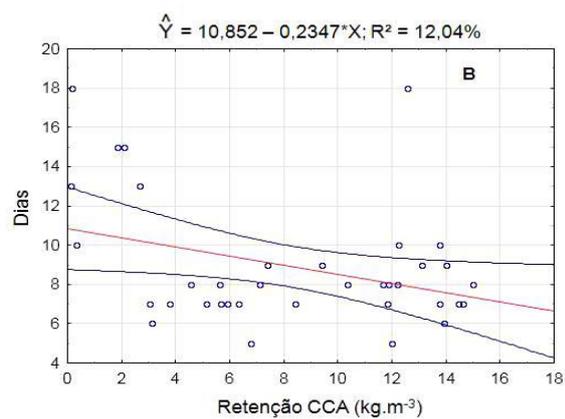
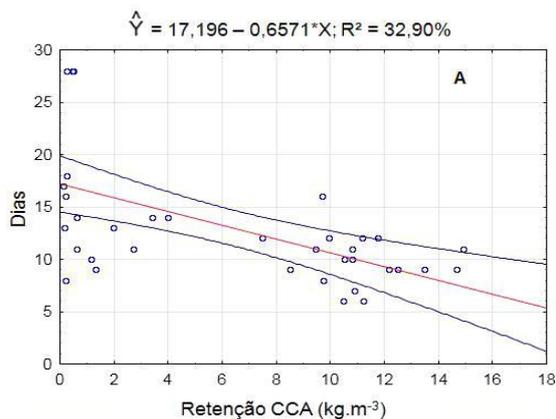
** Significativo ($p \leq 0,01$). * Significativo ($0,01 > p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE J – Análise de regressão linear simples da perda de massa causada pelos fungos estudados. A = *Corymbia torelliana*; B = *E. urograndis*. Reta vermelha = linha de tendência; Reta azul: Intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

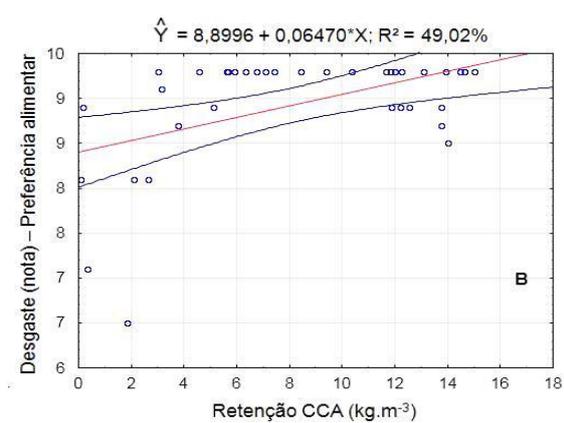
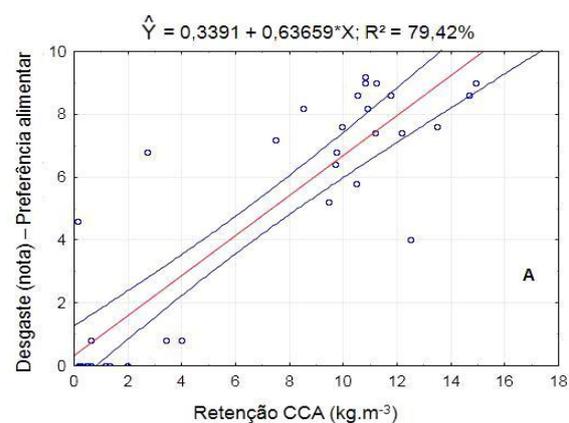
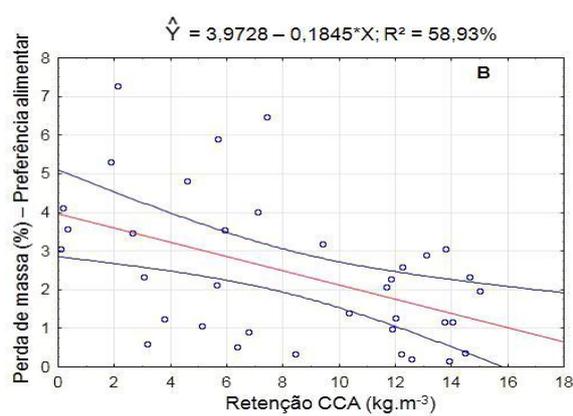
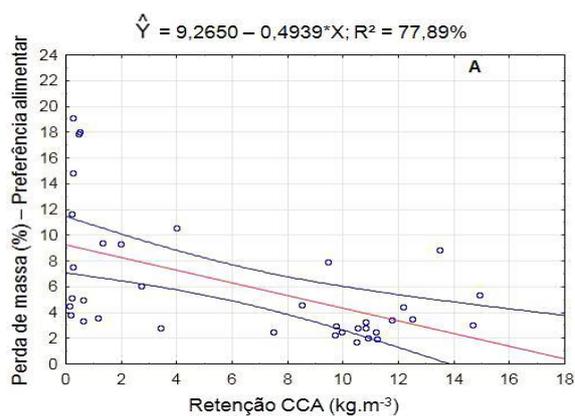


APÊNDICE K – Análise de regressão linear simples no ensaio de alimentação forçada com o térmita *Nasutitermes corniger*. A = *Corymbia torelliana*; B = *E. urograndis*. Reta vermelha = linha de tendência; Reta azul: Intervalo de confiança a 95% de probabilidade.





APÊNDICE L – Análise de regressão linear simples no ensaio de preferência alimentar na madeira de *Corymbia torelliana* (A) e *E. urograndis* (B) com o térmita *Nasutitermes corniger*. Reta vermelha = linha de tendência; Reta azul: Intervalo de confiança a 95% de probabilidade.



APÊNDICE M – Análise de regressão linear simples da relação cerne:alburno da madeira de *Corymbia torelliana* (A) e *E. urograndis* (B).
Reta vermelha = linha de tendência; Reta azul: Intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

