

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Engenharia Florestal

**EFICIÊNCIA DE TRATAMENTOS NÃO INDUSTRIAIS EM
MADEIRA DE *Eucalyptus urophylla***

Marcony Neres Coutinho

Marcony Neres Coutinho

EFICIÊNCIA DE TRATAMENTOS NÃO INDUSTRIAIS EM MADEIRA DE
Eucalyptus urophylla

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito, para a obtenção do curso de Bacharel em Engenharia Florestal.

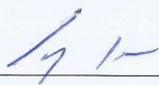
Orientador: Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna

MONTES CLAROS
Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

2017

Marcony Neres Coutinho. **EFICIÊNCIA DE TRATAMENTOS NÃO INDUSTRIAIS EM MADEIRA DE *Eucalyptus urophylla*.**

Aprovado pela banca examinadora constituída por:



Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna – Orientador ICA/UFMG

Prof. Dr. Leandro Silva de Oliveira – ICA/UFMG

Thawane Rodrigues Brito – Doutoranda/ UFLA

Montes Claros, 01 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me confortar e guiar nos momentos difíceis.

A Universidade Federal de Minas Gerais e FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo suporte necessário para realização deste trabalho.

A minha família, avós, tias (Bernadete e Lurdes) e primos (keyla, Suelen, Suyara, Sara e Heverton).

Ao meu orientador, conselheiro e amigo Edy Eime Pereira Baraúna pela paciência, conselhos, apoio, incentivo e conhecimentos transmitidos.

Aos integrantes do grupo PET-Engenharia Florestal pelo conhecimento adquirido e momentos vivenciados.

Aos meus colegas, sobretudo, Inkamalta, Lisandra, Kely, Jaciara, Natália Braga, Emília, Armando, Daisy e Gabriel por contribuir com o conhecimento adquirido e tornar essa jornada mais divertida.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes tratamentos não industriais (sem pressão) na preservação da madeira de dois clones de *Eucalyptus urophylla*, contra o ataque de cupins subterrâneos. Para tanto, foram coletadas dez árvores das quais foram obtidos os corpos de prova de 2,5 x 2,0 x 0,64 cm (longitudinal x radial x tangencial) da porção basal do tronco. Estes foram submetidos aos seguintes tratamentos: madeira não tratada (testemunha), carbonização superficial, pincelamento, banho quente-frio e imersão prolongada em solução CCB. Em seguida, os corpos de prova foram expostos por 45 dias a uma colônia de cupins do gênero *Nasutitermes* em ensaio de preferência alimentar montado em uma caixa plástica de 500 litros. Transcorrido este período, foi determinada a massa final os corpos de prova para avaliação da perda de massa. De acordo com os resultados, o tratamento da madeira conferiu aumento da resistência ao ataque de cupins subterrâneos, sobretudo os métodos de imersão prolongada e banho quente-frio, que não diferiram estaticamente entre si, mas foram diferentes do pincelamento e carbonização superficial que também não diferiram entre si, seguida pela testemunha que apresentou maior perda de massa, sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos. O pincelamento e carbonização superficial não apresentaram resultados inferiores aos tratamentos de imersão prolongada e banho quente-frio, que proporcionaram o tratamento em maior profundidade, visto a maior absorção da solução preservante por meio do processo de difusão. Assim, pode-se concluir que a imersão prolongada e banho quente-frio proporcionam maior resistência da madeira ao ataque de cupins subterrâneos, podendo ser utilizados para o tratamento de madeira que tenham contato com o solo.

Palavras-chave: *Nasutitermes*. Carbonização superficial. Banho quente-frio. Preferência alimentar.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fotomicrografia das vistas dorsal e lateral da cabeça de soldado de <i>Nasutitermes corniger</i>	14
Figura 2- Ilustração da obtenção do torete basal.	15
Figura 3- Ilustração do corpo de prova.	15
Figura 4- Aparato utilizado para a carbonização superficial dos corpos de prova de <i>Eucalyptus</i>	18
Figura 5- Montagem do ensaio de preferência alimentar.	19
Gráfico 1- Valores médios da perda de massa (%) para os tratamentos não industriais da madeira de <i>Eucalyptus</i>	21
Figura 6- Espessura da camada carbonizada nos corpos de prova da madeira de <i>Eucalyptus</i>	23
Gráfico 2- Valores médios da perda de massa (%) para os clones de <i>Eucalyptus</i>	24
Gráfico 3- Valores médios de retenção (kg i.a./m ³) para os tratamentos nos corpos de prova da madeira de <i>Eucalyptus</i>	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quadro da ANOVA dos tratamentos não industriais na madeira de dois híbridos de <i>Eucalyptus</i>	20
Tabela 2- Comparação entre as médias, pelo teste de Tukey ($P \leq 5\%$), para a perda de massa (%) entre os diferentes tratamentos e clones.	21
Tabela 3- Retenção da solução preservante CCB nos corpos de prova da madeira de <i>Eucalyptus</i>	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	-	Análise de Variância
ASTM	-	American Society for Testing and Materials
CCB	-	Borato de Cobre Cromatado
Ha	-	Hectare
Ia	-	Ingrediente ativo
MG	-	Minas Gerais
NBR	-	Norma Brasileira Regulamentada
UFMG	-	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1. RESISTÊNCIA NATURAL DA MADEIRA.....	11
2.2. TRATAMENTOS NÃO INDUSTRIAIS DA MADEIRA.....	12
1.2.1 CCB	13
2.3. CUPINS OU TÉRMITAS	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1. MATERIAL EXPERIMENTAL	15
3.2. PREPARO DA SOLUÇÃO PRESERVATIVA	16
3.3. DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DA SOLUÇÃO PRESERVANTE	16
3.4. TRATAMENTO DA MADEIRA	17
3.5. EXPERIMENTO DE PREFERÊNCIA ALIMENTAR.....	18
3.6. DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MASSA.....	19
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade, a madeira tem sido uma das principais matérias-primas utilizadas pelo homem, devido sua disponibilidade, resistência mecânica, propriedade de isolamento térmico e elétrico, estética, facilidade de usinagem, entre outros (LEPAGE *et al.*, 1986).

O aumento da população mundial tem ocasionado pressão sobre os recursos materiais e energéticos. No Brasil, a utilização predatória de espécies florestais com elevada resistência natural conduziu a escassez e conseqüente elevação do preço das mesmas, o que incentiva a utilização de madeiras com baixa resistência natural, como espécies dos gêneros *Pinus*, *Eucalyptus* e *Corimbia* provenientes de plantios florestais (SILVA, 2012). A implantação de sistemas agroflorestais, sobre tudo em pequenas e médias propriedades tem contribuído de forma significativa para o aumento da disponibilidade de madeira nas mesmas, sendo utilizada para a obtenção de múltiplos produtos, como o carvão vegetal, madeira para serraria, mourões e lenha.

Entretanto, em virtude da sua composição química e estrutura anatômica, grande parte das espécies pertencentes ao gênero *Eucalyptus* possui baixa resistência natural a organismos xilófagos, principalmente quando exposta em contato com o solo e umidade, sendo os cupins um dos principais agentes deterioradores (PAES & VITAL, 2000), o que torna necessário a realização de tratamentos preservativos para aumentar a vida útil de produtos à base de madeira (RODRIGUES & BRITO, 2011).

A independência do homem do campo, faz com que às construções das instalações rurais, bem como o tratamento da madeira utilizada seja realizada por ele. O emprego de métodos não industriais na preservação de madeira no meio rural é uma prática comum, principalmente em função do baixo custo e facilidade das operações, não sendo necessário a utilização de equipamentos específicos durante o processo de tratamento. Quando bem conduzido, o tratamento pode incrementar a vida útil das peças em 10 a 15 anos (MAGALHÃES & PEREIRA, 2009), reduzindo assim, a pressão sobre espécies nativas com alta resistência natural.

Os tratamentos não industriais (sem pressão) são amplamente utilizados no meio rural, visto a simplicidade e facilidade dos processos de tratamentos, sendo desnecessária a utilização de equipamentos específicos, como autoclaves para realização dos mesmos. Segundo Pinheiro (2001), os processos não industriais mais comuns são o pincelamento, imersão prolongada, banho quente- frio e substituição de seiva. Nestes processos o tratamento ocorre

sem a aplicação de pressão na superfície da madeira, fazendo com que a impregnação de produtos químicos atinja apenas regiões periféricas.

Diante a necessidade de tratamento para espécies com baixa resistência natural a organismos xilófagos para aumentar a vida útil da madeira, o presente trabalho visa avaliar a eficiência de tratamentos não industriais na madeira de *Eucalyptus* exposta a cupins subterrâneos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. RESISTÊNCIA NATURAL DA MADEIRA

A madeira é constituída por celulose, hemicelulose, lignina e extrativos. Os extrativos são componentes que não fazem parte da constituição química da parede celular, como açúcares, resinas, mucilagem, taninos ácidos graxos, entre outros compostos que são responsáveis pela cor, odor e resistência da madeira (SILVÉRIO *et al.*, 2006).

Segundo Paes (2002), a capacidade da madeira em resistir ao ataque de agente deterioradores sem tratamento preventivo é denominada resistência natural. Esta resistência varia de acordo com diversos fatores, dentre eles temos os extrativos, como os taninos que confere resistência quanto aos organismos xilófagos, podendo ser usado como fungicida natural (TRUGILHO *et al.*, 2003). Os extrativos que fornecem durabilidade a madeira são, em sua maioria, formados durante a cernificação do alburno, dando a coloração escura ao cerne (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Devido à sua característica orgânica, madeiras com alta resistência natural também estão sujeitas ao ataque de organismos e intempéries, seguindo então as etapas naturais do ciclo de vida, ou seja, a deterioração e decomposição (OLIVEIRA; TOMASSELO; SILVA, 2005).

O conhecimento da durabilidade natural e a preservação da madeira são pontos que determinam o uso da madeira, principalmente em países tropicais como o Brasil, demonstrando assim a importância do conhecimento dessa característica para uma correta determinação do emprego da madeira, objetivando evitar gastos com substituição dispensável de peças bem como diminuição dos impactos sobre a mata nativa (PAES; MORAIS; LIMA, 2004).

2.2. TRATAMENTOS NÃO INDUSTRIAIS DA MADEIRA

O tratamento da madeira, quando bem planejado a sua aplicação, confere maior durabilidade e proteção da madeira, sendo de suma importância para a redução da pressão sobre a mata nativa remanescente (FARIAS *et al.*, 2005). O tratamento visa a proteção contra agentes biológicos e envelhecimento da madeira. Geralmente, é realizado através da impregnação da peça com produtos químicos que causarão a morte dos organismos xilófagos por envenenamento (RAMOS, 2003).

Os métodos de tratamento se dividem em duas classes, os tratamentos industriais (com pressão) e os não industriais (sem pressão). Os tratamentos industriais são realizados por meio de equipamentos específicos, como autoclaves que proporcionam maior penetração da solução preservante, devido à aplicação de pressão. Já os tratamentos não industriais são realizados utilizando métodos simples, fazendo com que sejam amplamente utilizados no meio rural. No entanto, o tratamento se limita as camadas superficiais da madeira, visto a menor penetração as solução preservativa. De acordo com Pinheiro (2001), os tratamentos não industriais mais comuns são o pincelamento, banho quente-frio, imersão prolongada e carbonização superficial e substituição de seiva.

O tratamento por pincelamento consiste na aplicação do preservante na superfície da peça que se deseja tratar. Este é um dos processos de tratamento mais simples disponíveis, podendo ser realizado com preservativos hidrossolúveis ou oleossolúveis de baixa viscosidade. Este método de tratamento é pouco indicado, pois o tratamento é superficial, ou seja, a penetração do preservante raramente ultrapassa poucos milímetros. Assim, qualquer movimentação da madeira provocará a ruptura da camada protetora e consequente exposição da madeira (LEPAGE *et al.*, 1986).

A imersão prolongada é um método de tratamento por difusão, em que a madeira é mergulhada na solução preservante, à temperatura ambiente, durante o tempo considerado necessário para a absorção desejada, sendo que a absorção da solução preservante é mais intensa no primeiro dia (PAES *et al.*, 2001). A eficiência deste tratamento também foi estudada por Modes *et al.* (2001) na combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de mourões de *eucaliptos grandis* e Guiotoku & Magalhães (2005) no tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus benthamii* e *dunnii*.

O banho quente-frio consiste em mergulhar a madeira seca e descascada na solução preservante de natureza hidrossolúvel ou oleosa à temperatura de 60 a 90° C durante o período necessário para que a madeira entre em equilíbrio térmico com a solução, fazendo com que o

ar presente no interior das células se expanda e seja parcialmente expulso. Em seguida a madeira deve ser mergulhada na mesma solução preservante, à temperatura ambiente até atingir o equilíbrio térmico. Deste modo, o ar remanescente na célula se contrai, criando vácuo no interior da madeira, e então a solução é absorvida (LEPAGE *et al.*, 1986).

A carbonização superficial ou Shou Sugi Ban é uma técnica japonesa para o tratamento da madeira conhecida desde o século XVII que consiste na carbonização das camadas superficiais da madeira utilizando o fogo, por meio de fogueira, lança-chamas ou maçarico. Este processo promove alterações químicas nos polímeros de celulose, hemicelulose e lignina, resultando em um produto com características diferenciadas, quando comparado com a madeira em condições normais, como o aumentar a resistência ao ataque de fungos e insetos, reduzir a higroscopicidade, maior estabilidade dimensional e agregar valor estético a peça (BRITO *et al.*, 2006). O tratamento por meio da modificação térmica da madeira tem evoluído em termos comerciais nos últimos anos, devido principalmente ao baixo custo do processo.

1.2.1 CCB

O CCB (Borato de Cobre Cromatado) é um composto hidrossolúvel que possui o CuO (cobre), Cr₂O₃ (cromo) e B (boro) como ingredientes ativos. Sendo que, o cobre possui efeito fungicida, evitando o apodrecimento, o cromo possui pouco efeito inseticida, tendo como principal função a fixação dos demais elementos na madeira e o boro possui efeito inseticida (OLIVEIRA & PINTO, 2010). Esta solução preservante tem sido utilizada como alternativa para o CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) devido à substituição do arsênio pelo boro, visto que o arsênio é altamente tóxico ao meio ambiente e a saúde humana (MORESCHI, 2005). No entanto, o CCB apresenta maior perda por lixiviação e menor toxidez a insetos para madeira em contato com o solo.

De acordo com Silva (2007), o CCB é um preservativo que pode ser utilizado em usinas de preservação com autoclaves ou em tratamentos não industriais que se utiliza a difusão. Após o tratamento, a madeira adquire coloração esverdeada, não exala odores ou vapores tóxicos ao homem (LEPAGE *et al.*, 1986).

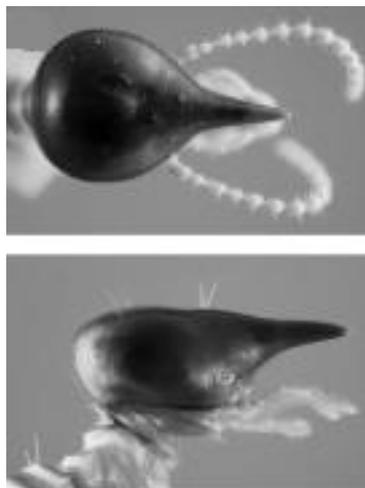
2.3. CUPINS OU TÉRMITAS

Os cupins ou térmitas são, dentre os insetos, os mais severos agentes destruidores da madeira. Compreendem cerca de 2.000 espécies e vivem em grandes colônias, as quais são comparáveis com as das formigas e abelhas (GALVÃO *et al.*, 2004)

A colônia de cupins é dividida em três castas, o “casal real” responsável pela reprodução, os soldados, que possuem aparelho bucal bem desenvolvido, são responsáveis pela proteção da colônia e as operárias, responsáveis pela alimentação e outros trabalhos de manutenção da colônia. Desta forma, as operárias possuem relação direta com a degradação da madeira (MENDES, 1988).

Os cupins pertencentes ao gênero *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae), conhecidos como cupins arborícolas são identificados visualmente pelo formato nasutiforme da cabeça com alongamento estreito na parte superior (Figura 1). Estes possuem grande importância econômica, pois estão distribuídos em toda região neotropical e causam danos significativos a madeira de edificações e móveis (Costa-Leonardo, 2002), sendo poucos seletivos às características da madeira, pois atacam madeiras duras ou moles, secas ou húmidas (Bandeira *et al.*, 1998) Seu ataque é caracterizado 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).

Figura 1. Fotomicrografia das vistas dorsal e lateral da cabeça de soldado de *Nasutitermes corniger*.



Fonte: SCHEFFRAHN *et al.*, 2005.

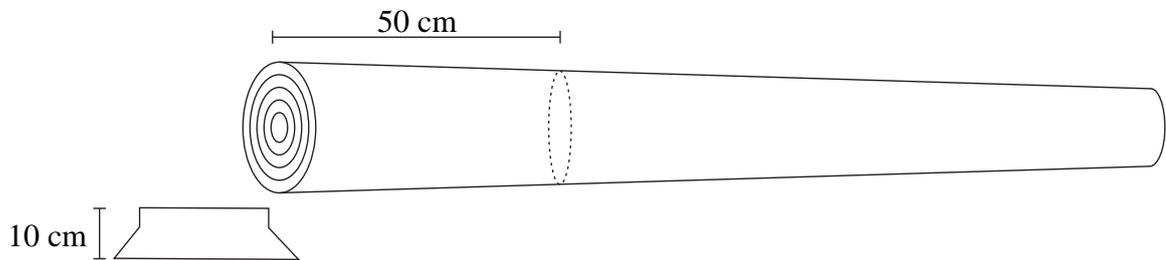
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAL EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no laboratório de Tecnologia da Madeira no Instituto de Ciências agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais em Montes Claros, norte de Minas Gerais.

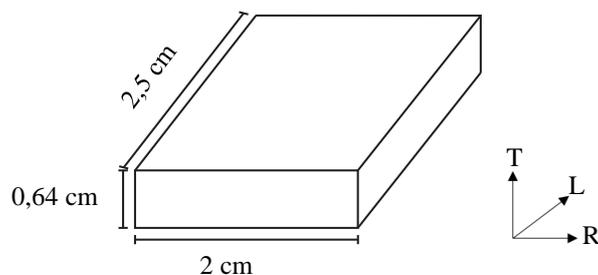
Foram obtidas cinco árvores dos clones A e B, híbridos de *Eucalyptus urophylla* com 4 anos oriundos de um plantio comercial localizada no município de Nova Esperança/MG. Para confecção dos corpos de prova foi utilizada somente a porção basal, com 50 cm de comprimento (Figura 2). Os toretes foram submetidos a secagem ao ar livre até atingirem massa constante. Em seguida, foram descascados, aplainados e processados em serra de disco para obtenção dos corpos de prova livres de nós, retirados da região do alburno com dimensões de 2,5 x 2,0 x 0,64 cm (longitudinal x radial x tangencial) (Figura 3).

Figura 2- Ilustração da obtenção do torete basal.



Fonte: Do autor, 2017.

Figura 3- Ilustração do corpo de prova.



Fonte: Do autor, 2017.

3.2. PREPARO DA SOLUÇÃO PRESERVATIVA

Utilizou-se o CCB como solução preservativa. As proporções dos componentes desta solução foram baseadas na norma NBR 9480 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986) para mourões de madeira preservada para cercas.

Foi preparada uma solução a 2,5% em peso de dicromato de potássio, ácido bórico, sulfato de cobre, ácido acético e água. Adicionou-se primeiramente o ácido acético à água para acidificar a solução e em seguida os outros componentes com contínua agitação, até completa dissolução dos sais. A solução foi preparada em tambor de plástico.

3.3. DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DA SOLUÇÃO PRESERVANTE

Para determinar a retenção da solução preservante foi utilizada a metodologia proposto por Lepage *et al.* (1986). Para isso, os corpos de prova foram submetidos a secagem em estufa de circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas para obtenção da massa inicial (M_1). Em seguida foram tratados com a solução de CCB para posterior secagem em estufa de circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas para obtenção da massa final (M_2). A obtenção da massa inicial e final foi utilizado uma balança de precisão (0,001g).

A retenção foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$R_{(kg/m^3)} = \frac{(M_1 - M_2)}{V} \times 1000$$

Onde:

$R_{(kg/m^3)}$ = Retenção

M_1 = Massa inicial do corpo de prova (g)

M_2 = Massa final do corpo de prova (g)

V = Volume (seco) do corpo de prova (cm^3)

3.4. TRATAMENTO DA MADEIRA

Tratamento	Metodologia
Testemunha	Os corpos de prova não receberam qualquer tratamento físico ou químico.
Pincelamento	Os corpos de prova foram pincelados com solução de CCB utilizando pincel de uma polegada.
Imersão prolongada	Os corpos de prova foram submersos em solução de CCB a temperatura ambiente ($\approx 22^{\circ}\text{C}$) por sete dias
Banho quente-frio	Os corpos de prova foram mergulhados em solução de CCB a 90°C e temperatura ambiente ($\approx 22^{\circ}\text{C}$), sequencialmente, permanecendo 1 hora em cada solução. A solução de CCB foi aquecida em um béquer de 1 litro com auxílio de uma chapa aquecedora.
Carbonização superficial	Os corpos de prova foram submetidos a carbonização superficial, ou seja, carbonização das camadas superficiais com auxílio de lança chamas (bocal com 5 cm de diâmetro) acoplado a um botijão de gás GLP comercial (Figura 4). O lança chamas foi posicionado em uma altura de 15 cm da base onde as amostras foram colocadas. Cada face dos corpos de prova ficou voltado para a chama durante 3 segundos.

Figura 4- Aparato utilizado para a carbonização superficial dos corpos de prova de *Eucalyptus*.



Fonte: Do autor, 2017.

3.5. EXPERIMENTO DE PREFERÊNCIA ALIMENTAR

O experimento foi realizado conforme a *American Society for Testing and Materials - ASTM D- 3345 (1994)*, que padroniza o teste de resistência de madeiras e de outros materiais celulósicos ao ataque de cupins subterrâneos, em condições de laboratório.

Utilizou-se uma espécie pertencente a gênero *Nasutitermes*, devido à sua alta incidência na região. A colônia foi coletada no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, em Montes Claros, norte de Minas Gerais.

Para montagem do experimento, os corpos de prova foram inicialmente secos em temperatura ambiente por 7 dias para posterior secagem em estufa de circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingir massa constante, obtendo-se assim a massa inicial (M1). Em seguida, os corpos de prova foram distribuídos aleatoriamente (Figura 5-A) em uma camada de areia com 10 centímetros de espessura em uma caixa plástica de 500 litros, onde foram expostos durante 45 dias à ação das térmitas (PAES, *et al.*, 2007).

Transcorridos 45 dias, os corpos de prova foram limpos com auxílio de uma escova de dente com cerdas macias para posterior secagem em estufa de circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante. Em seguida, foi determinada a massa final (M2) de todos os corpos de prova com auxílio de uma balança de precisão (0,001g).

Figura 5- Montagem do ensaio de preferência alimentar.



Legenda: (A): corpos de prova dispostos de forma aleatório na areia umida; (B): experimento montado.

3.6. DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MASSA

As porcentagens de perda de massa para cada corpo de prova, foram obtidas através da seguinte fórmula:

$$P_{(\%)} = \frac{(M1 - M2)}{M1} \times 100$$

Onde:

P(%) = Perda de massa

M1 = Massa inicial do corpo de prova (g)

M2 = Massa final do corpo de prova (g)

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliar a eficiência de tratamentos não industriais em madeira de *Eucalyptus urophylla* a cupins subterrâneos foi adotado um delineamento inteiramente casualizado arranjado em fatorial (2x5) com cinco repetições, englobando os seguintes fatores:

- 2 híbridos de *Eucalyptus urophylla* (clone A e B);
- 5 tratamentos (testemunha, pincelamento, imersão prolongada, banho quente e frio e Carbonização superficial).

A análise estatística foi realizada utilizando o software Sisvar, sendo empregado o teste de Tukey ($P \leq 5\%$) para classificação das médias.

Para possibilitar a análise estatística, os dados de perda de massa foram transformados em arsen [raiz quadrada (x/100)]. Esta transformação foi proposta por Steel & Torrie (1980) para permitir a homogeneidade das variâncias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pela Tabela 1 a existência de diferença estatística significativa pelo teste F entre os tratamentos e clones testados, bem como a interação entre os dois fatores, o que demonstra a influência das características físicas, como a densidade da madeira na eficiência dos tratamentos testados.

Tabela 1- Quadro da ANOVA dos tratamentos não industriais na madeira de dois híbridos de *Eucalyptus*.

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado médio	F
Tratamento	4	167,5264	101,70**
Clone	1	62,1813	37,75**
Tratamento x Clone	4	14,6321	8,88**
Repetição	9	9,7359	
Erro	31	1,6472	
Total	49		
Coeficiente de Variação (%)	17,11		

Legenda: **: significativo a 1% de probabilidade; *: significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor, 2017.

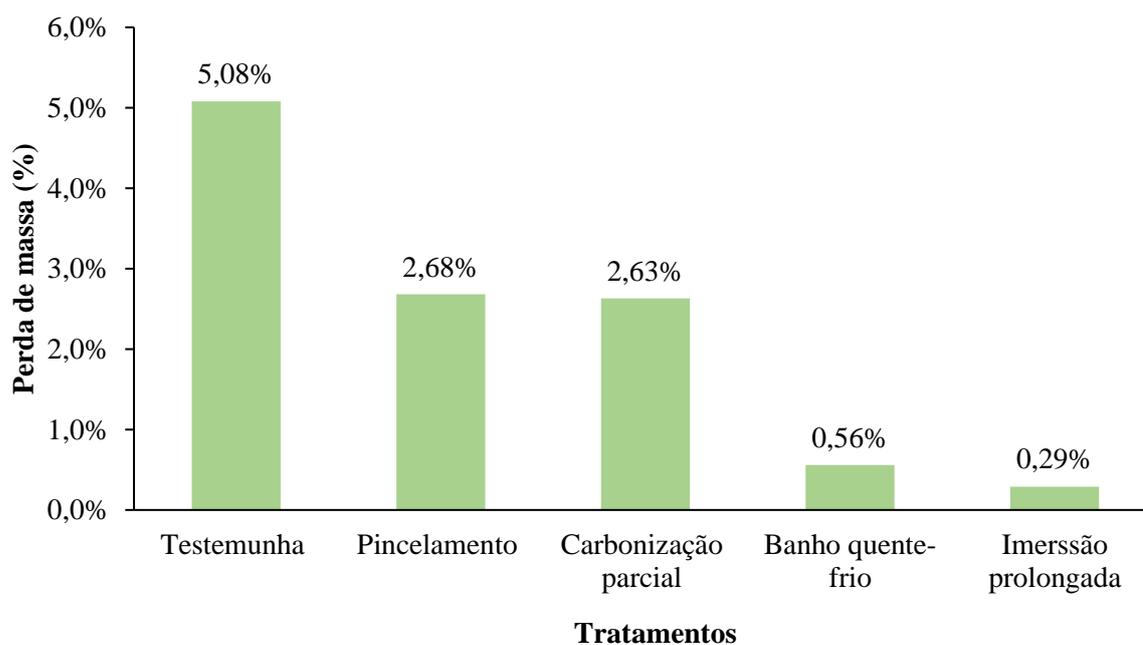
Como observado na Tabela 2, a testemunha apresentou maior perda de massa (5,08%), sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos, seguido pelo pincelamento (2,68%) e carbonização superficial (2,63%) que não apresentaram diferença estatística entre si, mas apresentaram diferença estatística do banho quente-frio (0,56%) e imersão prolongada (0,29%) que também não apresentaram diferença estatística entre si para o teste de Tukey ($P \leq 5\%$).

Tabela 2- Comparação entre as médias, pelo teste de Tukey ($P \leq 5\%$), para a perda de massa (%) entre os diferentes tratamentos e clones.

Tratamento	Clone A	Clone B
Imersão Prolongada	0,22 Aa	0,35 Aa
Banho quente- frio	0,50 Aa	0,62 Aa
Carbonização superficial	1,11 Ba	4,14 Bb
Pincelamento	2,19 Ba	3,17 Bb
Testemunha	4,38 Ca	5,78 Cb

Legenda: As médias seguidas pela letra maiúscula, na vertical, ou pela mesma letra minúscula, na horizontal, não diferem entre si a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor, 2017.

Gráfico 1- Valores médios da perda de massa (%) para os tratamentos não industriais da madeira de *Eucalyptus*.



Fonte: Do autor, 2017.

Dentre os tratamentos, a testemunha apresentou maior perda de massa, o que pode ser justificado pela não utilização de nenhum tratamento preservativo, corroborando com os resultados encontrados por PAES & VITAL (2000), que descrevem a madeira de *Eucalyptus urophylla* como altamente vulnerável ao ataque de cupins.

O pincelamento e carbonização superficial apresentaram menor eficiência, quando comparados ao banho quente-frio e imersão prolongada. Contudo, a perda de massa foi aproximadamente 2 vezes menor do que a testemunha, o que revela o aumento significativo da

resistência da madeira com a utilização de tratamentos preservativos, mesmo que estes apresentem menor eficiência quando comparado com os demais.

O pincelamento é um dos tratamentos mais conhecidos, visto a sua simplicidade. No entanto, sua eficiência é questionável por ser um tratamento superficial, ou seja, a solução preservante protege apenas as camadas externas da madeira (LEPAGE *et al.*, 1986), o que justifica as menores taxas de retenção (Tabela 3). Deste modo, as camadas internas são susceptíveis ao ataque de xilófagos em decorrência do futuro desenvolvimento de fendas superficiais na peça, devido à movimentação da mesma. De acordo com Mendes (1988), a homogeneidade e número de aplicações influenciam diretamente a eficiência do tratamento, o que ressalta a importância da homogeneidade da cobertura para garantir a máxima eficiência do tratamento.

Tabela 3- Retenção da solução preservante CCB nos corpos de prova da madeira de *Eucalyptus*

Clone	Densidade básica (g/cm ³)	Retenção (kg i.a/m ³)		
		Pincelamento	Banho quente-frio	Imersão prolongada
A	0,527	3,00	6,45	7,80
B	0,463	3,66	6,95	8,24

Fonte: Do autor, 2017.

A carbonização superficial promove a carbonização das camadas externas da madeira, promovendo alterações na estrutura da madeira, devido à degradação de compostos fundamentais da madeira como celulose e hemicelulose (BORGUES e QUIRINO, 2004). Assim como o pincelamento, a carbonização parcial é um tratamento superficial, o que limita a sua eficiência, em função da movimentação da madeira. No entanto, esperava-se maior eficiência do tratamento, partindo do pressuposto que o agente xilófago não reconheceria a madeira carbonizada como alimento, visto a degradação dos seus componentes. A carbonização ocorreu em um pequeno número de camadas, atingindo uma espessura de aproximadamente 0,3 mm (Figura 6), o que pode ter limitado a eficiência do tratamento. Deste modo, é importante a realização de estudos com diferentes espessuras da camada carbonizada, partindo do pressuposto que a eficiência do tratamento tende a aumentar com o aumento da camada carbonizada.

Figura 6- Espessura da camada carbonizada nos corpos de prova da madeira de *Eucalyptus*.

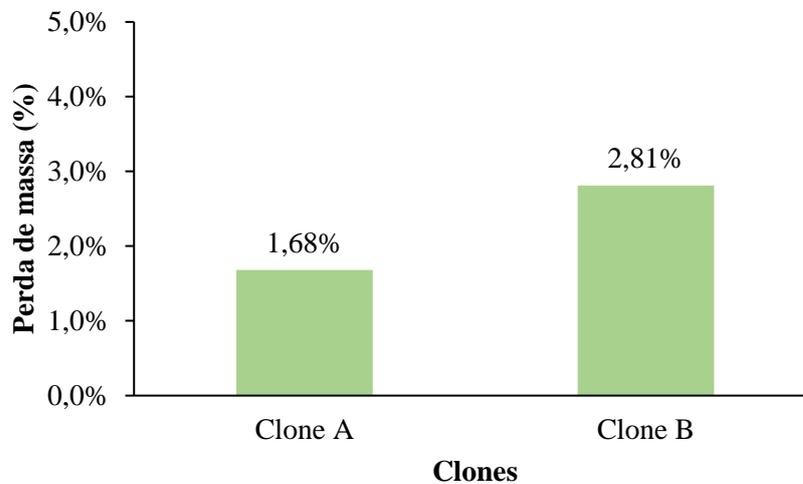


Fonte: Do autor, 2017.

Pode-se observar (Gráfico 2) que o banho quente-frio e imersão prolongada promoveram maior proteção ao ataque dos cupins, apresentando perda de massa 12 vezes menor que a testemunha, corroborando com os valores encontrados por Azevêdo (2014), onde compara os valores encontrados para os mesmos tratamentos. Segundo PAES *et al.*, (2001), a imersão prolongada promove a penetração da solução preservante para o interior da madeira preferencialmente pela difusão. Já o banho quente-frio promove a penetração da solução preservante por meio da pressão negativa criada pela redução súbita da temperatura do ar presente no interior da madeira (LEPAGE *et al.*, 1986). Deste modo, estes tratamentos possibilitam a proteção de um maior número de camadas da madeira, o que justifica as maiores taxas de retenção (Tabela 3).

Como observado na Tabela 2, a testemunha, pincelamento e carbonização superficial apresentaram menor eficiência e diferença estatística entre os clones A e B, ocorrendo maior perda de massa no clone B (Gráfico 2), o que pode ser justificado pela influência das características físicas da madeira, visto que a densidade básica do clone A é maior que a do clone B, sendo $0,572 \text{ g/cm}^3$ e $0,463 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Corroborando com o trabalho de Abreu e Silva (2000) sobre a resistência natural de espécies amazônicas a ataque de *Nasutitermes macrocephalus* e *N. surinamensis*, no qual afirmam que variáveis como a densidade e a presença de extrativos podem atuar como barreiras físicas e químicas aos cupins.

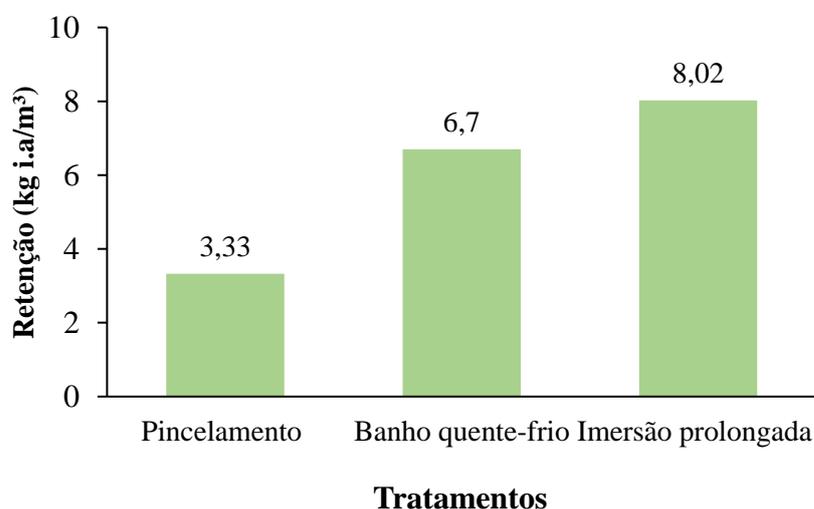
Gráfico 2- Valores médios da perda de massa (%) para os clones de *Eucalyptus*.



Fonte: Do autor, 2017.

Segundo a NBR 9480 (ABNT,1986), madeira de eucalipto em contato com o solo tratadas com preservativos hidrossolúveis devem possuir retenção mínimo de 6,5 kg de ingrediente ativo por metro de madeira. Os corpos de prova tratados com o pincelamento apresentaram retenção média (3,33 kg i.a./m³) inferior ao estipulado pela norma (Gráfico 3), o que limita a sua utilização em peças que tenham contado com o solo ou ambientes úmidos, enquanto as amostras tratadas com banho quente-frio e imersão prolongada apresentaram retenção média superior ao estipulando pela norma, sendo 6,70 kg i.a./m³ e 8,02 kg i.a./m³ respectivamente, não apresentando qualquer restrição a sua utilização.

Gráfico 3- Valores médios de retenção (kg i.a./m³) para os tratamentos nos corpos de prova da madeira de *Eucalyptus*.



Fonte: Do autor, 2017.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, pode-se concluir:

- O banho quente-frio e imersão prolongada apresentaram maior eficiência, seguidos pelo pincelamento e carbonização superficial;
- Os métodos de tratamentos de imersão prolongada e banho quente-frio podem ser utilizados para madeiras em contato com o solo, visto o atendimento da retenção mínima exigida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

REFERÊNCIAS

ABREU R. L. S, SILVA K. E. S. Resistência natural de dez espécies madeireiras da Amazônia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* e *N. surinamensis* (Isoptera: Termitidae). **Revista Árvore**, 2000; 24(2):229-234.

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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **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 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.

Andrade E.G. **Influência da termorretificação de amostras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas propriedades físicas, dureza janka e flexão estática** [monografia]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480** – Mourões de madeira preservada para cercas. ABNT. Rio de Janeiro, 1986.

AZEVÊDO, S. M. A. **Avaliação e eficiência do CCB na madeira de Algaroba (*Prosopis Juliflora*) em diferentes teores de umidade pelo método de substituição de seiva**. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Manejo e Utilização de Recursos Florestais) - Universidade Federal de Campinas Grande, Patos, PB, 2014.

BORGES, L.M.; QUIRINO, W.F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. hondurensis tratado termicamente. **Biomassa & Energia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

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.

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

GALVÃO, P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. **Processos práticos para preservar a madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004.

GUIOTOKU, M.; MAGALHÃES, W. L. E. **Método de imersão prolongada para tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus benthamii* e *dunnii***. Colombo: Embrapa Florestas, 2005.

LEPAGE, E. S. **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1986. 708 p.

MAGALHÃES, W. L. E. *et al.* **Método de substituição de seiva para preservação de mourões**. Disponível em: <(http://www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com_tec97.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2017.

MENDES, A. S. **A deterioração da madeira e sua preservação**. Brasília, IBDF/DPq-LPF, 1988.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. 1. ed. Brasília: IBDF/DPq-LPF, 1988. 58p.

MODES, K. S.; BELTRAME, R.; VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; SOUZA, J. T. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 13, p. 579-589, jul.-set., 2011.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo. 2000. 112p.

MORESCHI, J.C. **Produtos preservantes de madeira**. Curitiba, 2005. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, BR-PR, 2005. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.ceim/index.php?option=com_content&view=article&id=37&catid=28>. Acesso em 17 de novembro de 2017.

OLIVEIRA, J. T. da S.; PINTO, M.F. **Manual de Tratamento de Mourões**. Vitória, ES: Incaper, 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; LUCIA, R. M. D., SOUXA 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.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMASELLO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de 7 espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n.6, p. 993-998, 2005.

PAES, J.B.; MELO, R.R.; LIMA, C.R.; OLIVEIRA, O. Resistência natural de 7 madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 57-62, 2007.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n.2, p. 275-282, 2004.

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. Tratamento preservativo de mourões de *Mimosa scabrella* (bracatinga) e de *Eucalyptus viminalis* pelo método de imersão prolongada. **Cerne**, V.7 e, N.2, P.065-080, 2001.

PAES, J. B.; VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos em testes de laboratório. **Revista Árvore**, V. 24, (1), pp. 1-6. 2000.

PAES, J. B., VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos em testes de laboratório. **Revista Árvore**. 2000; 24(1):1-6.

PETERSEN, C. R. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (Ed). **The chemistry of solid wood**. Washington: American Chemical Society, 1984. *apud* VIDAL, J. M. **Aplicação de um quaternário amoniaco visando melhorar o desempenho da madeira tratada com octaborato de sódio**. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa: Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-22032012-082225/pt-br.php>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. 2001. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos 2001.

PINHEIRO, R. V.; LAHR, F. A. R. Influência da preservação química em propriedades mecânicas de espécies de reflorestamento. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 8., 2002, Uberlândia - MG. **Anais**. Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2002.

RAMOS, I. E. C.; PAES, J. B.; SOBRINHO, D. W. F.; SANTOS, G. J. C. Eficiência do CCB na resistência da madeira de Algaroba (*Prosopis juliflora*) em ensaio de apodrecimento acelerado. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, V.30, n.5, p.811-820, 2006.

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.

SCHEFFRAHN, R.H. et al. Synonymy of neotropical arboreal termites *Nasutitermes corniger* and *N. costalis* (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), with evidence from morphology, genetics, and biogeography. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 98, n. 3, p. 273-281, 2005.

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?view=vtls000212330>>. Acesso em: 02 jan. 2017.

SILVA, J. C. Madeira preservada e seus conceitos. **Revista da Madeira**, n.103. Curitiba, 2007.

SILVA, M. R. **Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de *Eucalypto citriodora* e *Pinus taeda***. 2012.223f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2012.

SILVÉRIO, F. O.; BARBOSA, L. C. A.; GOMIDE, J. L.; REIS, F. P.; VELOSO, D. P. Metodologia de extração e determinação do teor de extrativos em madeiras de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 109-116, nov./dez. 2006.

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