



THAWANE RODRIGUES BRITO

**QUALIDADE DE MOIRÕES TRATADOS COM DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE CCA-C**

LAVRAS – MG

2017

THAWANE RODRIGUES BRITO

**QUALIDADE DE MOIRÕES TRATADOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES
DE CCA-C**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para obtenção do título de mestre.

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva
Orientador (a)

Dr. Edy Eime Pereira Baraúna
Dr. Paulo Ricardo Gherardi Hein
Coorientadores

LAVRAS – MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Brito, Thawane Rodrigues.

Qualidade de moirões tratados com diferentes concentrações de
CCA-C / Thawane Rodrigues Brito. - 2017.

41 p. : il.

Orientador(a): José Reinaldo Moreira da Silva.

Coorientador(a): Edy Eime Pereira Baraúna, Paulo Ricardo
Gherardi Hein.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Preservação da madeira. 2. Penetração. 3. Retenção. I. Silva,
José Reinaldo Moreira da. II. Baraúna, Edy Eime Pereira. III. Hein,
Paulo Ricardo Gherardi. IV. Título.

THAWANE RODRIGUES BRITO

**QUALIDADE DE MOIRÕES TRATADOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES
DE CCA-C**

**TREATED POSTS QUALITY WITH DIFFERENT CCA-C
CONCENTRATIONS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para obtenção do título de mestre.

APROVADA em 07 de abril de 2017.
Dr. José Reinaldo Moreira da Silva UFLA
Dr. Edy Eime Pereira Baraúna UFMG
Dr. Leandro Silva de Oliveira UFMG
Dr. Paulo Fernando Trugilho UFLA

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva
Orientador (a)

LAVRAS – MG

2017

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela concretização desta etapa.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira.

Ao professor José Reinaldo, pela orientação, paciência e disposição para ajudar.

Ao professor Edy, pela coorientação e por todo apoio a mim dispensados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

À empresa S&D Florestal, pela oportunidade de desenvolver o projeto, especialmente ao Douglas por todo apoio recebido.

Aos colegas de departamento, em especial aos amigos da “salinha” por todos os momentos compartilhados.

A Naiara, Lívia e Poli, pela amizade sincera que construímos e que levarei comigo por toda a vida.

A David, pela parceria durante o desenvolvimento do projeto.

A minha família por sempre estar ao meu lado. Ao meu pai Wanderley e a minha mãe Dôra, por não medirem esforços para que este objetivo fosse alcançado. Aos meus irmãos Thaís, Thalita e Matheus por todo o apoio.

As minhas irmãs do “304” por todo o carinho recebido.

A todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concretizado.

RESUMO

O presente trabalho objetivou reduzir a concentração de CCA estabelecida pela NBR 9480 (ABNT, 2009), sem comprometer a qualidade dos moirões tratados. Os materiais utilizados foram o *Eucalyptus cloeziana* de origem seminal e o híbrido clonal (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), provenientes de plantios comerciais, com seis anos de idade. Para cada material genético foram selecionados 25 moirões com comprimento de 2,20 m e diâmetro de 8 a 10 cm, retirados de forma aleatória em pilhas de secagem. Foi determinada a densidade básica, a umidade, o percentual de alburno e o volume tratável, além de caracterizar a estrutura anatômica. Os materiais foram tratados com concentrações de 1,2%, 1,3%, 1,4%, 1,5% e 1,6% de ingredientes ativos de CCA-C. A qualidade do tratamento preservativo foi avaliada por meio dos ensaios de penetração e de retenção e toxidez da madeira tratada a térmitas por meio do ensaio de preferência alimentar com *Nasutitermes corniger* Motsch. A madeira tratada de *E. cloeziana* apresentou 44% dos moirões com penetração parcial e regular, 40% com penetração parcial e irregular, 12% com penetração profunda e irregular e 4% com penetração nula. O híbrido clonal apresentou 68% de seus moirões com penetração profunda e regular, 24% com penetração profunda e irregular e 8% como penetração parcial e regular. As concentrações 1,4 e 1,5% e de 1,4 e 1,6% de ingredientes ativos para, respectivamente, *E. cloeziana* e híbrido clonal atingiram a retenção mínima conforme NBR 9480 (ABNT, 2009). Em ambos os materiais genéticos, os maiores valores de perda de massa foram nas testemunhas que não receberam tratamento preservativo. O desgaste em ambos os materiais genético foi classificado como “sadio, permitindo escaificações superficiais”.

Palavras-chave: Preservação da madeira. Penetração. Retenção. Toxidez a cupins.

ABSTRACT

This study aimed reduce CCA concentration established by NBR 9480 (ABNT, 2009), without affecting the quality of treated posts. *Eucalyptus cloeziana* (seminal origin) and *E. urophylla* x *E. camaldulensis* (clonal hybrid) from commercial plantations, at the age of six years were used. 25 posts with length of 2.20 m and diameter of 8 to 10 cm, randomly collected in drying cells were picked for each genetic material. The basic density, moisture, sapwood percentage and the treatable volume were determined, besides characterizing anatomical structure. The materials were treated with concentrations of 1.2%, 1.3%, 1.4%, 1.5% and 1.6% of CCA-C active ingredients. The quality of the preservative treatment was evaluated by means of penetration and retention and toxicity (treated wood) to termites by means of food preference test with *Nasutitermes corniger* Motsch. The treated wood of *E. cloeziana* presented 44% of the posts with partial and regular penetration, 40% with partial and irregular penetration, 12% with deep and irregular penetration and 4% with zero penetration. The clonal hybrid presented 68% of the posts with deep and regular penetration, 24% with deep and irregular penetration and 8% as partial and regular penetration. The concentrations of 1.4, 1.5% and 1.4, 1.6% of active ingredients for, respectively, *E. cloeziana* and clonal hybrid reached the minimum retention according to NBR 9480 (ABNT, 2009). In both genetic materials, the highest values of mass loss were in the controls that did not receive preservative treatment. The damage on both genetic materials was classified as "undamaged, allowing superficial scarifications".

Keywords: Wood preservation. Penetration. Retention. Termites toxicity.

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1 Preservação da madeira	10
2.2 Processo célula cheia (Burnett)	11
2.3 Produtos preservativos da madeira	11
2.4 CCA	12
2.5 Controle da qualidade da madeira tratada	13
2.5.1 Penetração.....	13
2.5.2 Retenção	14
2.5.3 Ensaio de toxidez	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Amostragem	17
3.2 Percentual de alburno e volume tratável.....	18
3.3 Umidade	18
3.4 Densidade básica	18
3.5 Análise anatômica.....	19
3.6 Tratamento preservativo	21
3.7 Ensaio de penetração do CCA-C	22
3.8 Ensaio de retenção do CCA-C.....	22
3.9 Ensaio de preferência alimentar com térmitas.....	23
3.10 Análise estatística	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Ensaio de penetração do CCA-C na madeira	25
4.2 Ensaio de retenção do CCA-C na madeira	25
4.3 Relação funcional entre retenção e concentração de CCA-C.....	27
4.4 Ensaio de preferência alimentar com térmitas.....	28
4.5 Relação funcional entre perda de massa da madeira e concentração de CCA-C	28
5 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32
APÊNDICES	35

1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo madeiras oriundas de florestas nativas foram utilizadas na construção civil, devido estas apresentarem grande resistência e alta durabilidade natural. Entretanto, com o elevado uso sem a devida conservação deste recurso, este se tornou escasso no mercado. Diante disso, estas madeiras passaram a ser substituídas por madeiras provenientes de florestas plantadas, devido ao seu rápido crescimento.

Apesar de sua grande abundância e de seu rápido crescimento, madeiras de florestas plantadas apresentam baixa durabilidade natural, de modo que, para torná-las adequadas ao uso comercial, torna-se necessário tratá-las com substâncias preservativas, com o objetivo de aumentar a sua resistência ao ataque de agentes deterioradores.

No Brasil, o mercado de madeira tratada é ainda pequeno quando comparado aos segmentos de celulose e papel, de painéis reconstituídos, da indústria madeireira e de energia da biomassa. Segundo INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (2016), em 2015, estima-se que a produção de madeira tratada alcançou 1,65 milhão de m³, sendo seus principais produtos moirões, postes, cercas e dormentes.

Por apresentar cerne denso e duradouro, a madeira de *E. cloeziana* é considerada de alta durabilidade, sendo tradicionalmente empregada em usos suspensos ou em contato com o solo, como moirões, postes de eletrificação, dormentes para ferrovias, escantilhões, pontes, etc. (BOOTLE, 2005). Além disso, pode ser utilizada na fabricação de móveis, piso e marcenaria. Já o híbrido clonal apresenta madeira de média densidade, podendo atender os mais exigentes mercados, tais como, serraria, energia, construção civil e rural, dentre outros.

Entre os produtos preservativos existentes no mercado, o CCA-C é o mais utilizado em escala industrial, por apresentar maior resistência à lixiviação e melhor desempenho no campo. No Brasil, o CCA-C foi utilizado em 90% das usinas de preservação de madeiras (NETTO, 2010).

As usinas de preservação de madeiras devem atender algumas normas técnicas que garantam a qualidade do produto comercializado. Entre os parâmetros de qualidade considerados estão a penetração e a retenção do produto preservativo na madeira. Estes parâmetros são regidos por normas que recomendam valores mínimos a serem atingidos para que o tratamento seja considerado eficiente.

A norma NBR 9480 (ABNT, 2009) recomenda que a penetração do produto deva atingir 100% do alburno ou porção permeável, enquanto que para a retenção existe um valor

mínimo para cada tipo de exposição da madeira. Para moirões utilizados em contato com o solo, por exemplo, a retenção mínima indicada é de 6,5 kg I.A.m⁻³.

Para atingir a retenção mínima recomendada pela NBR 9480 (ABNT, 2009) as usinas de preservação utilizam concentrações de ingredientes ativos de CCA-C, acima dos valores necessários, que eleva o custo do CCA-C que, normalmente, corresponde a 50% do custo total da produção de moirões tratados. Desta forma, o tratamento preservativo torna-se oneroso para as usinas de preservação de madeiras. Estudos que possibilitem a diminuição da concentração do preservativo, atendendo às normas específicas e mantendo a qualidade final do produto, são muito importantes tanto do ponto de vista econômico como ambiental. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo reduzir a concentração de CCA-C (NBR 9480, ABNT, 2009), em tratamentos preservativos de diferentes materiais genéticos para utilização em contato com o solo, sem, contudo, comprometer a qualidade dos moirões tratados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Preservação da madeira

Dependendo das condições ambientais a que for submetida, a madeira pode sofrer deterioração por agentes biológicos, físicos e químicos, trazendo prejuízo aos seus usuários e comprometendo a segurança da obra em que é aplicada. Dessa forma, a preservação da madeira surgiu com a finalidade de protegê-la da degradação desses agentes (SANTINI, 1988).

Preservar madeira consiste em um conjunto de técnicas, métodos, produtos e pesquisas destinados a alterar, medir ou estudar a durabilidade da madeira. Entretanto, usualmente a forma mais utilizada para preservação da madeira tem sido por meio de aplicação de produtos químicos, que visam impedir a degradação física ou química e, principalmente conferir toxidez aos agentes biológicos (LEPAGE, 1986).

Existem dois processos principais para preservação de madeiras, o industrial ou com pressão e o caseiro ou sem pressão. O método com pressão é o mais utilizado atualmente, pois permite o tratamento de maior volume de madeira em menor tempo, além de garantir melhor proteção que os métodos caseiros. Entretanto, como desvantagem em relação aos métodos sem pressão, o método industrial apresenta elevado custo de instalação, necessita de mão de obra especializada e de transporte da madeira à usina, devido à imobilidade do equipamento (MENDES; ALVES, 1988).

O processo sem pressão apresenta como vantagens o baixo custo de implantação, não necessita de equipamentos caros e, quando efetuado adequadamente, propicia o bom comportamento da madeira em uso. Como desvantagem em relação ao método com pressão, no processo caseiro é tratado um menor volume de toras e o tempo de tratamento é maior (WEHR, 1985).

No processo industrial destacam-se o método célula cheia e o método célula vazia. A diferença entre eles consiste na aplicação de vácuo inicial no método célula cheia para a retirada do ar do interior das células, permitindo a melhor penetração do produto. No processo célula vazia, não é aplicado vácuo inicial, de modo que o preservativo é aplicado na madeira sem a retirada do ar do interior das células, causando uma compressão do ar dentro da madeira durante o período de pressão. Após o término do período de pressão, o ar pressurizado expulsa parte do preservativo que havia penetrado na madeira. Entre os métodos

célula cheia, os principais são o Bethell e o Burnett, enquanto que entre os métodos de célula vazia, destacam-se o processo de Lowry e o de Rueping (LEPAGE, 1986).

2.2 Processo célula cheia (Burnett)

O processo de célula cheia ou também denominado de Burnett utiliza preservativos hidrossolúveis à temperatura ambiente. Atualmente é o mais utilizado em usinas de preservação de madeiras e tem como objetivo reter a maior quantidade possível de produto na madeira, fazendo com que as células fiquem cheias de preservativo. Para a realização deste processo é necessário que a umidade da madeira esteja abaixo do ponto de saturação das fibras (< 30% de umidade), de modo que os lumens das células estejam vazios para receber a solução preservativa (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 1986).

No processo de célula cheia a madeira seca é introduzida na autoclave e em seguida aplica-se um vácuo inicial que varia normalmente entre 560 a 630 mmHg por período de uma hora. Após o vácuo, o produto é introduzido na autoclave, até que seu volume seja totalmente preenchido. Em seguida, é aplicada pressão contínua ao líquido, geralmente em torno de 14 kgf.cm², por período médio de 2 a 4 horas. Deve-se ressaltar que os parâmetros de tempo, temperatura, pressão e vácuo são definidos de acordo com o preservativo e a permeabilidade da madeira utilizada (LEPAGE, 1986).

Ainda de acordo com Lepage (1986), após o período de pressão, o líquido é retirado da autoclave por meio de uma bomba de transferência, e então é aplicado um vácuo final para retirar o excesso de produto preservativo existente na superfície da madeira.

2.3 Produtos preservativos da madeira

Produtos preservativos são substâncias químicas que, quando aplicadas à madeira, a tornam resistente ao ataque de agentes deterioradores. Estes preservantes variam amplamente em caráter, eficácia e adequação para uso em diferentes condições (FAO, 1986).

Ainda de acordo com FAO (1986), entre as exigências de preservativos de madeira eficazes, as seguintes características são as mais importantes:

- elevada toxicidade à organismos deterioradores de madeira;
- permanência na madeira tratada (não lixiviável);

- capacidade de penetrar profundamente na madeira;
- não deve prejudicar as propriedades físicas e mecânicas da madeira;
- não deve ser corrosivo à metais que entrem em contato com a madeira tratada;
- deve ser inodoro e incolor;
- ter custo acessível;
- estar disponível no mercado.

Segundo Mendes e Alves (1988), os preservativos para madeira podem ser classificados de acordo com sua solubilização em óleo ou água, podendo ser oleossolúveis ou hidrossolúveis. Entre os preservativos oleossolúveis mais conhecidos estão o creosoto e o pentaflorofenol e entre os hidrossolúveis estão o arseniato de cobre cromatado (CCA) e o borato de cobre cromatado (CCB).

Nas indústrias de preservação de madeiras, os preservativos mais utilizados atualmente são os hidrossolúveis, que de acordo com Santini (1988) são constituídos principalmente por sais de íons metálicos, sendo geralmente empregados em forma de mistura e podendo conter em sua formulação substâncias químicas como arsênio, cobre, boro, cromo, zinco e flúor.

2.4 CCA

O arseniato de cobre cromatado (CCA) é atualmente um dos preservativos mais eficientes para o tratamento da madeira, protegendo-a de agentes deterioradores. Alguns países da Europa e os Estados Unidos apresentam restrição quanto ao seu uso, devido à preocupação de que possa acarretar danos à saúde e ao meio ambiente. No Brasil trata-se de um produto exclusivamente industrial, sendo muito utilizado no tratamento de dormentes para ferrovias, postes de eletrificação e moirões (VIDAL et al., 2015).

O CCA é composto por cromo, cobre e arsênio. Ao longo dos anos, as porcentagens destes ingredientes ativos foram alteradas, e atualmente existem três formulações normatizadas e disponíveis no mercado, sendo elas os tipos A, B e C (LEPAGE, 1986). O tipo C é o único registrado e liberado para comercialização na maioria dos países, inclusive no Brasil e sua formulação consiste em 47,5% de cromo, 18,5% de cobre e 34% de arsênio. O cobre age como fungicida, o cromo atua como agente fixador do cobre e do arsênio na madeira, tornando estes componentes resistentes à lixiviação e o arsênio oferece uma proteção

complementar contra os fungos resistentes ao cobre e insetos (FREEMAN; MCINTYRE, 2008).

A fixação do CCA é um processo considerado complexo. Primeiramente ocorre a fixação através de troca iônica e em seguida se inicia a fixação de cromo, formando complexos lignina ácido-crômico e lignina-cromato de cobre. Ocorre então a redução do cromo hexavalente (+VI) para cromo trivalente (+III) que é insolúvel em água. Nesta forma, o cromo reage com o arsênio, formando CrAsO_4 . Ocorrem assim, reações de precipitação e de formação de complexos inorgânicos na parede celular da madeira, tornando o preservativo praticamente insolúvel ao meio (LEPAGE, 1986).

O tratamento preservativo da madeira com CCA tipo C é normalmente realizado pelo processo de célula cheia, pois apenas mediante processos de alta pressão pode-se atingir uma adequada penetração da solução do tratamento (MENDES; ALVES, 1988).

2. 5 Controle da qualidade da madeira tratada

Segundo Galvão, Barbin e Carvalho (1967), o controle de qualidade em madeira tratada normalmente é realizado por meio de testes que avaliam a penetração e retenção do produto preservativo na madeira. Estas variáveis são influenciadas por características relacionadas à madeira e ao processo de tratamento utilizado. Oliveira e Lepage (1986) definem penetração e retenção como parâmetros básicos para determinação do grau de proteção das peças de madeira, sendo considerados de máxima importância no controle da qualidade do tratamento.

2.5.1 Penetração

De acordo com Santini (1988) o teste de penetração consiste em determinar a profundidade atingida pelo produto preservativo na porção permeável da madeira. Pode ser determinada por meio de reações colorimétricas, utilizando-se solução contendo cromoazurol S, acetato de sódio e água. Após a aplicação da solução, o surgimento de cor azul revela a presença de cobre proveniente do CCA-C, enquanto que a cor rosa revela a ausência de cobre, indicando que não houve penetração efetiva da solução.

Segundo Montana Química (2008) para a avaliação da penetração do CCA-C na madeira tratada em autoclave consideram-se quatro graus de penetração:

a) penetração profunda e regular: a penetração ocorre de forma profunda e uniforme em toda extensão do alburno;

b) penetração profunda e irregular: a penetração ocorre de forma profunda e desuniforme em toda extensão do alburno;

c) penetração parcial e regular: a penetração ocorre de maneira uniforme, entretanto não se dá totalmente na extensão do alburno;

d) penetração parcial e irregular: a penetração ocorre de maneira desuniforme e não total pela extensão do alburno.

Valle et al. (2013) avaliaram a penetração de CCA-C com 2,0% de ingredientes ativos em madeiras de primeira e segunda rotação de híbridos naturais e distintos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake com 5,3 anos de idade. As madeiras foram tratadas pelo processo célula cheia com pressão de 12 kgf.cm⁻² durante 90 minutos. A penetração foi avaliada por meio de reações colorimétricas com cromoazurol S. Os autores observaram regularidade da distribuição do preservativo em toda a área da seção transversal, apresentando uma coloração azul intensa em todo o alburno, obtendo-se uma penetração do tipo profunda e regular em todas as toras tratadas com CCA-C.

Amaral (2012) avaliou a penetração de CCA-C com concentrações de 1,5 e 1,7% de ingredientes ativos em moirões de clone de *Eucalyptus urophylla* com 9 anos de idade, em diferentes classes diamétricas e diferentes tempos de secagem. Os moirões foram tratados pelo processo célula cheia com pressão de 12 kgf.cm⁻² durante 60 minutos. A penetração foi avaliada por meio de reações colorimétricas. O autor observou penetração profunda e regular para todos os moirões independente da classe diamétrica e da umidade do moirão antes do tratamento.

Apesar de ser bom indicativo para o tratamento preservativo, o teste de penetração não é suficiente para determinar o verdadeiro grau de proteção da madeira. Desta forma, torna-se necessário a realização do teste de retenção que indica a quantidade de produto preservativo que ficou retido na madeira após o tratamento (HERRERA, 1977).

2.5.2 Retenção

De acordo com a norma NBR 6232 (ABNT, 2013) o teste de retenção consiste em determinar a quantidade de produto preservativo introduzido e retido na madeira, expressa em kg I.A.m⁻³. A norma NBR 9480 (ABNT, 2009) recomenda retenção de 4,0 kg I.A.m⁻³ para

usos sem contato com o solo e $6,5 \text{ kg I.A.m}^{-3}$ para usos em contato direto com o solo. Além disso, a norma determina que a penetração ocorra em toda extensão do alburno de forma profunda e regular.

Segundo Hunt e Garrat (1967) a retenção é o principal fator no desempenho do material tratado, destacando que a quantidade de produto para fornecer a proteção adequada depende da utilização final da madeira.

Evangelista (2011) tratou madeira de *E. cloeziana* com concentração de 2,0% de ingredientes ativos de CCA-C, com 60, 90 e 120 minutos de pressão e com $12,5 \text{ kgf.cm}^{-2}$ de pressão. O autor encontrou retenções médias iguais a $7,46 \text{ kg I.A.m}^{-3}$, $7,58 \text{ kg I.A.m}^{-3}$ e $7,60 \text{ kg I.A.m}^{-3}$ para os tempos de 60, 90 e 120 minutos, respectivamente.

Schneid, Gatto e Cademartori (2013) trataram postes de *E. saligna* e *E. cloeziana* com concentração de 2,0% de ingredientes ativos de CCA-C, com 60, 90 e 120 minutos de aplicação da pressão de 10 e de 12 kgf.cm^{-2} . Os autores observaram que apenas os postes de *E. saligna* com pressão de 12 kgf.cm^{-2} e tempo de 120 minutos atingiram a retenção mínima recomendada (NBR 16202: ABNT, 2013), que é de $9,6 \text{ kg.m}^{-3}$ de ingrediente ativo.

Richardson (1978) observou deterioração em madeira de folhosas que apresentaram altas taxas de retenção do produto preservativo. Este fato ocorreu devido a irregularidade na microdistribuição dos elementos tóxicos nas células, indicando que estavam presentes em grandes quantidades no lume, mas não foram eficazes na proteção da parede celular. Com este resultado o autor afirmou a importância de se conhecer as características da madeira tratada, de modo a se conseguir melhor controle do tratamento preservativo.

2.5.3 Ensaios de toxidez

Os agentes biológicos deterioradores da madeira compreendem os fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias. Dentre estes, os fungos e os insetos são os responsáveis pelas grandes perdas de produtos florestais (MENDES; ALVES, 1988).

Os cupins são considerados os insetos mais severos na deterioração da madeira, sendo os de solo, também chamados de subterrâneos, os responsáveis pelos maiores volumes de perdas de madeira no mundo (HUNT; GARRAT, 1967; PAES; VITAL, 2000; RICHARDSON, 1978).

Segundo Mendes e Alves (1988) a celulose é o principal nutriente dos térmitas subterrâneos, desta forma as medidas de preservação da madeira contra o ataque destes

agentes, visam primeiramente o envenenamento das substâncias nutrientes, visto que o controle das condições essenciais para estes organismos, como umidade e temperatura é difícil, além de muitas vezes, impraticável.

Para determinar a toxidez de um determinado produto preservativo a cupins a American Society for Testing and Materials – ASTM D – 3345 (2005) descreveu o ensaio de resistência da madeira e de outros materiais celulósicos a cupins subterrâneos, em que os cupins são forçados a se alimentar apenas de determinada espécie de madeira que é colocada em contato com eles, sendo por isso denominado de ensaio de alimentação forçada. Ao término do ensaio, é avaliada a perda de massa percentual da madeira e o ataque sofrido por meio de atribuição de notas.

Em seu trabalho, Supriana (1985) apresentou algumas críticas aos métodos normalizados pela ASTM D – 3345, ao considerar que resultados mais realísticos são obtidos quando se oferece madeiras em conjunto aos cupins. Desta forma, alguns pesquisadores e instituições de pesquisa passaram a realizar o teste de preferência alimentar, em que várias madeiras com dimensões padronizadas ficam expostas à ação de térmitas subterrâneos. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA/CPPF, 1991; 1993) e Bustamente (1993), a exemplo de outros pesquisadores, entre eles Abreu e Silva (2000), Paes et al. (2001; 2006b, 2007), vêm desenvolvendo e empregando ensaios de preferência alimentar de madeiras e derivados a cupins xilófagos do gênero *Nasutitermes*.

Lopes (2014) utilizou corpos de prova retirados das posições radiais 0 a 1,5 e 1,5 a 3,0 cm nas madeiras de *Corymbia torelliana* com 11 anos e do híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*) com 9 anos de idade, tratados com concentração de 2,0% de ingredientes ativos e com 60 minutos de pressão. Para a espécie, a perda de massa foi de 5,24 e 76,56% nas posições 0 a 1,5 e 1,5 a 3,0 cm, respectivamente. Para o híbrido, a perda de massa foi de 4,85 e 49,92% nas posições 0 a 1,5 e 1,5 a 3,0 cm, respectivamente.

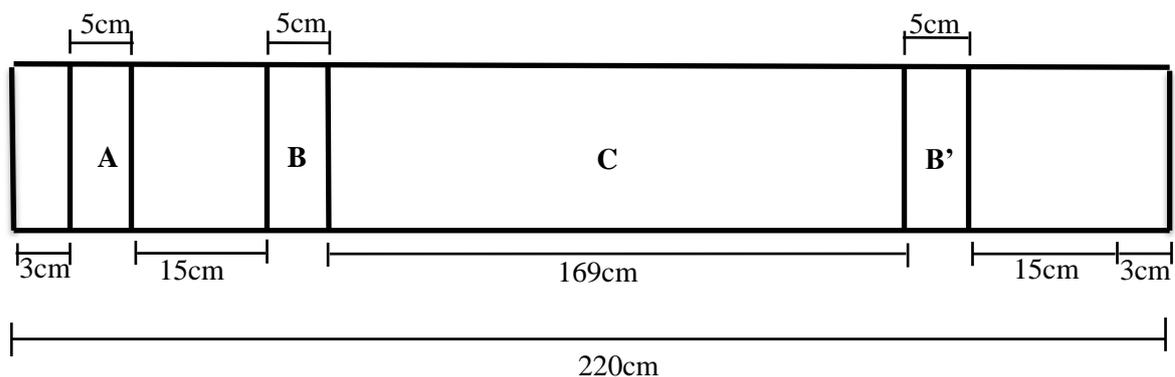
3 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais genéticos utilizados neste estudo foram *Eucalyptus cloeziana* de origem seminal e o híbrido clonal (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), provenientes de plantios comerciais, com seis anos. Os moirões foram coletados no pátio da empresa S&D Florestal, em Martinho Campos/MG. Para cada material genético foram coletados 25 moirões de 2,20 m de comprimento e diâmetro de 8 a 10 cm, retirados de forma aleatória em pilhas de secagem.

3.1 Amostragem

De cada moirão foi descartado 3 cm em cada extremidade devido à presença de impurezas e rachaduras e foi retirado um disco de 5 cm (A) em uma das extremidades para a determinação da densidade básica e análise anatômica. Em seguida foram descartados 15 cm em cada uma das pontas dos moirões e retirou-se discos (B e B') de 5 cm para a determinação da umidade e percentual de alburno e volume tratável. O restante do moirão foi encaminhado para o tratamento preservativo com CCA-C (FIGURA 1).

Figura 1 - Amostragens realizadas nos moirões. **A**: Disco para determinação da densidade e análise anatômica; **B** e **B'**: Discos para determinação da umidade e percentual de alburno e volume tratável; **C**: Parte do moirão que foi para o tratamento preservativo com CCA-C.



Fonte: Da autora (2017).

3.2 Percentual de alburno e volume tratável

Em cada disco foram realizadas medições cruzadas do diâmetro total e do diâmetro do cerne, com auxílio de régua com precisão de 1 mm. Também foi medido o comprimento dos moirões. A partir destas medições foram calculados o percentual de alburno e o volume tratável dos moirões. Não foi possível diferenciar visualmente o cerne do alburno no *E. cloeziana*. Os valores mínimos, médios e máximos do percentual de alburno e do volume tratável do híbrido clonal encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores do percentual de alburno e volume tratável para o híbrido clonal.

Parâmetros	Mínimo	Média	Máximo	Coefficiente de variação
Percentual de alburno (%)	38,4	52,8	100	31,42
Volume tratável (m ³)	0,0030	0,0045	0,0089	30,90

Fonte: Da autora (2017).

3.3 Umidade

A umidade foi determinada seguindo procedimento estabelecido na NBR 7190 (ABNT, 2010). Para a determinação da umidade foram realizados cortes ortogonais nos discos. Os valores mínimos, médios e máximos de umidade das madeiras estudadas podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de umidade(%) para *Eucalyptus cloeziana* e híbrido clonal.

Parâmetro	<i>Eucalyptus cloeziana</i>			Híbrido clonal		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Umidade (%)	14,5	16,2 (6,80)	18,8	14,7	19,2 (12,62)	24,7

Valores entre parêntesis correspondem aos coeficientes de variação, em %.

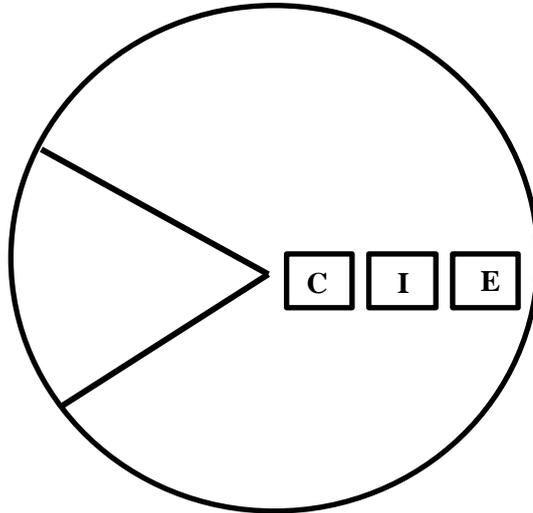
Fonte: Da autora (2017).

3.4 Densidade básica

A determinação da densidade básica foi realizada pelo método de imersão em água, conforme NBR 11941 (ABNT, 2003). De cada disco foi retirada uma cunha e do lado oposto

foram retirados corpos de prova no sentido radial, nas dimensões de 1,0 x 1,0 x 5,0 cm, sendo identificados como região central, intermediária e externa do disco (FIGURA 2).

Figura 2 - Esquema da retirada de corpos de prova do disco para determinação da densidade.
C = região central; I = região intermediária; E = região externa.



Fonte: Da autora (2017).

Os valores mínimos, médios e máximos de densidade básica para as madeiras estudadas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de densidade básica ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) para *Eucalyptus cloeziana* e híbrido clonal.

Parâmetro	<i>Eucalyptus cloeziana</i>			Híbrido clonal		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Densidade básica ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	0,492	0,602 (8,76)	0,703	0,414	0,468 (8,49)	0,596

Valores entre parêntesis correspondem ao coeficiente de variação, em %.

Fonte: Da autora (2017).

3.5 Análise anatômica

O macerado e os cortes histológicos foram preparados para análise anatômica dos materiais genéticos estudados. Para isso, foram coletados aleatoriamente três discos de cada material genético.

Para o preparo do macerado foram retirados corpos de prova no sentido radial, nas dimensões de 1,5 x 1,5 x 3,0 cm. Dos corpos de prova foram retirados fragmentos e colocados em recipiente de vidro com solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção

de 1:1 (v/v), deixando-se macerar durante 24 horas em estufa, à temperatura de 60°C, até a individualização das fibras. Em seguida, o material foi lavado, filtrado e posteriormente corado com safranina hidroalcoólica para o preparo de lâminas temporárias com glicerina.

Para cada corpo de prova foram medidas 40 fibras individualmente, determinando-lhes comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede. As medições foram realizadas com auxílio de microscópio óptico associado a uma câmera digital e ao software de análise de imagem DinoCapture 2.0.

Para o preparo das lâminas dos cortes histológicos foram retirados dos mesmos discos, corpos de prova na região do alburno, nas dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm. Estes corpos de prova foram então saturados em água para facilitar a realização dos cortes. De cada corpo de prova retiraram-se cortes na face transversal com auxílio de micrótomo, que foram lavados com hipoclorito e desidratados em sequência alcóolica de 20%. A seguir, os cortes foram corados com safranina hidroalcoólica e depois prosseguiu-se a desidratação com solução alcóolica de 50, 70, 80 e 100%. Após a desidratação alcóolica, os cortes foram embebidos em solução de acetato de butila (P.A) e álcool nas proporções de 1:3, 1:1, 3:1 e 100% de acetato de butila (P.A.). Os cortes foram fixados nas lâminas com Enthellan. Para cada disco foram confeccionadas cinco lâminas. A seguir, mediu-se o diâmetro e a frequência de vasos por milímetro quadrado com auxílio de microscópio óptico associado a uma câmera e ao software de análise de imagem Wincell. Os valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros anatômicos avaliados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores dos parâmetros anatômicos em *Eucalyptus cloeziana* e híbrido clonal.

Parâmetros	<i>Eucalyptus cloeziana</i>			Híbrido clonal		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Comprimento da fibra (mm)	0,547	0,935 (16,60)	1,413	0,567	0,950 (14,42)	1,414
Largura da fibra (µm)	10,0	18,16 (16,25)	28,0	8,0	17,12 (18,35)	27,0
Diâmetro do lume (µm)	1,0	6,64 (43,56)	14,0	2,0	8,37 (34,95)	18,0
Espessura da parede (µm)	3,0	5,76 (24,72)	12,5	1,5	4,38 (25,02)	7,5
Diâmetro do vaso (µm)	33,92	94,56 (32,55)	150,46	31,05	100,22 (41,19)	170,32
Frequência de vaso (vasos x mm⁻²)	22,0	39,14 (21,38)	63,0	10,0	25,76 (19,87)	38,0

Valores entre parêntesis correspondem ao coeficiente de variação, em %.

Fonte: Da autora (2017).

3.6 Tratamento preservativo

O produto preservativo utilizado foi o CCA-C denominado TMB fornecido pela Koppers Performance Chemicals Brasil Comércio de Preservantes LTDA. Para cada tratamento preservativo foram selecionados cinco moirões de cada material genético. Cada lote de moirões foi tratado com determinada concentração do produto. Os lotes com concentrações iguais foram tratados juntos (TABELA 5).

Tabela 5 – Concentração de ingredientes ativos de CCA-C para cada lote de madeira.

Materiais genéticos	Lotes	Concentração de ingredientes ativos (%)
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	1	1,2
	2	1,3
	3	1,4
	4	1,5
	5	1,6
Híbrido clonal	1	1,2
	2	1,3
	3	1,4
	4	1,5
	5	1,6

Fonte: Da autora (2017).

Os moirões foram inseridos junto a bateladas habituais da empresa S&D Florestal e passaram pelo seguinte procedimento:

- 1) Carregamento da autoclave;
- 2) Vácuo inicial total de 50 minutos, sendo de 0 a 20 minutos para alcançar 515 mmHg e 30 minutos mantendo 515 mmHg;
- 3) Injeção do preservativo sob pressão (12 kgf.cm⁻²) durante 45 minutos;
- 4) Vácuo final de 10 minutos, alcançando 200 mmHg.

Após o tratamento, as toras foram transportadas para o pátio de estocagem ao ar livre, sem cobertura.

3.7 Ensaio de penetração do CCA-C

Após o tratamento preservativo, os moirões foram encaminhados para o setor de usinagem da empresa e discos de 5 cm foram retirados da região da metade do comprimento dos moirões para a realização do ensaio de penetração. Este ensaio foi realizado com o auxílio de reações colorimétricas, conforme NBR 6232 (ABNT, 2013). Para tanto, os discos recém-cortados foram pulverizados com solução de cromoazurol S por toda superfície transversal exposta. Após a secagem, as seções foram fotografadas e as penetrações foram enquadradas adaptando-se as classes de penetração propostas por Montana Química (2008). Para isso três avaliadores atribuíram notas para as classificações, e em seguida, calculou-se a média dos avaliadores. Vale ressaltar que foi inserida a classe nula sem penetração, uma vez que a mesma não é existente na proposta da Montana Química (2008).

3.8 Ensaio de retenção do CCA-C

Com auxílio de furadeira e broca extratora foram retiradas cinco baguetas espaçadas 14 cm entre si, a aproximadamente 14 cm das extremidades de cada moirão. Após a extração, as baguetas foram acondicionadas em embalagens plásticas devidamente identificadas.

No laboratório de tecnologia da madeira (DCF/UFLA), as baguetas foram secas em estufa com circulação forçada de ar com temperatura de $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 6 horas e posteriormente foram determinadas suas massas. Com paquímetro digital foi medido o comprimento e o diâmetro das baguetas para o cálculo de volume. Com o volume e a massa seca foi calculada a densidade anidra ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), de modo que a média dos valores das cinco baguetas foi considerada como a densidade anidra do moirão. Este valor foi utilizado no cálculo de retenção.

Ainda no laboratório de tecnologia da madeira (DCF/UFLA), as baguetas foram moídas, primeiramente em moinho de martelo (modelo MA 090 CS) e em seguida em moinho de facas (modelo MA 048). Após serem moídas, as amostras foram peneiradas e coletou-se material com granulometria entre 40 e 60 mesh. Esse material foi então armazenado em embalagens plásticas lacradas, devidamente identificadas e encaminhado para o laboratório da empresa S&D Florestal para análise de retenção.

No laboratório da empresa, as amostras foram secadas em estufa a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante. Em seguida foram transferidas para cubetas plásticas de 2,5 cm de

diâmetro externo, montadas com filme Mylar para Raio-X, até preencher metade da cubeta. A determinação dos ingredientes ativos foi realizada no espectrômetro modelo Lab-X 3500 da OXFORD Instruments. O aparelho forneceu a concentração de ingredientes ativos de cada componente, cromo, cobre e arsênio, do CCA-C.

3.9 Ensaio de preferência alimentar com térmitas

Foram confeccionados 30 corpos de prova nas dimensões de 1,5 x 1,0 x 2,0 cm (Radial x Tangencial x Axial) para cada material genético, sendo cinco de moirões que não receberam tratamento preservativo e os outros 25 de moirões que foram impregnados pela solução preservante. Após confeccionados, os corpos de prova foram secos em estufa a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ até obterem massa constante e em seguida foram pesados em balança com 0,001g de precisão.

Os corpos de prova foram acomodados de forma aleatória em uma caixa contendo areia umedecida a altura aproximada de 10 cm. Na Universidade Federal de Minas Gerais, campus Montes Claros-MG foi coletada uma colônia do térmita *Nasutitermes corniger* Motsch. A escolha dessa espécie de térmita se deu devido a sua abundância na região. Após a coleta, a colônia foi depositada em uma grade e esta foi colocada dentro da caixa sobre os corpos de prova, entretanto não em contato físico com estes. Para evitar a fuga dos térmitas, a caixa foi colocada sobre quatro tijolos imersos em recipientes com água (FIGURA 3).

Figura 3 – Ensaio de preferência alimentar com térmitas, com colônia de térmitas sem contato físico com os corpos de prova.



Fonte: Da autora (2017).

Os corpos de prova ficaram expostos à ação dos térmitas durante 45 dias. Decorrido este tempo, os mesmos foram recolhidos da caixa e lavados com água corrente, utilizando-se

escova macia para a melhor remoção da areia. Em seguida foram colocados em estufa a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ até obterem massa constante e pesados novamente.

Para avaliação da resistência dos corpos de prova aos cupins foi analisada a perda de massa (EQUAÇÃO 1), de acordo com ASTM D – 3345 (2005).

$$\text{Perda de Massa} = \frac{\text{massa antes do ataque} - \text{massa após o ataque}}{\text{massa antes do ataque}} \times 100 \quad (1)$$

O tipo de desgaste sofrido pelo material foi determinado de acordo com classificação da ASTM D – 3345 (2005). Para isso três avaliadores fizeram a classificação e em seguida, calculou-se a média das notas atribuídas pelos mesmos (TABELA 6).

Tabela 6 – Tipos de desgastes sofridos pelos corpos de prova após contato com cupim

Tipos de desgastes	Nota
Sadio, permitindo escarificações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intensivo	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0

Fonte: ASTM D – 3345 (2005).

3.10 Análise estatística

Os dados obtidos para retenção de CCA-C e perda de massa dos corpos de prova foram submetidos à análise de variância e, quando significativo o teste F, foram ajustadas as equações de regressão para as variáveis, em função das concentrações de CCA-C testadas. Para a retenção de CCA-C foi realizada ainda correlação com as características da madeira e para a perda de massa da madeira correlação com a retenção de CCA-C. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software R, versão 3.2.4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de penetração do CCA-C na madeira

Segundo a classificação da Montana Química (2008) para o *Eucalyptus cloeziana*, 44% dos discos tiveram penetração classificada como parcial e regular, 40% como penetração parcial e irregular, 12% como penetração profunda e irregular e 4% como penetração nula (APÊNDICE A.1, A.2, A.3 e A.4). Observa-se diferença com dados obtidos por Evangelista (2011). Contudo, esse autor utilizou maiores concentrações de ingredientes ativos e, principalmente, maiores tempos de pressão. É importante ressaltar que esses fatores aumentam o custo da produção.

Para o híbrido clonal 68% dos discos tiveram a penetração classificada como profunda e regular, 24% como penetração profunda e irregular e 8% como penetração parcial e regular (APÊNDICE B.1, B.2 e B.3). Observa-se semelhança desses dados com aqueles obtidos por Amaral (2012), em clone de *E. urophylla*.

A penetração insuficiente no *E. cloeziana* pode estar associada à diferença entre o diâmetro de seus vasos e o tamanho da molécula do preservativo. Devido à sua maior frequência de vasos por milímetro quadrado, seus vasos apresentam diâmetro médio menor. Considerando que o reaproveitamento da solução preservante pode provocar o aumento de impurezas na mesma, a solução de CCA-C utilizada pela empresa poderia conter quantidade significativa destes materiais particulados que não conseguiram penetrar a madeira devido ao menor diâmetro de seus vasos.

4.2 Ensaio de retenção de CCA-C na madeira

Na análise geral dos dados, para o *E. cloeziana* o menor e o maior valor de retenção foram de 4,3 e de 7,5 kg I.A.m⁻³, respectivamente, nas concentrações de 1,3 e 1,5% de ingredientes ativos, respectivamente. Já no híbrido clonal, o menor e o maior valor de retenção foram de 4,6 e de 7,4 kg I.A.m⁻³, respectivamente, nas concentrações de 1,2 e 1,4% de ingredientes ativos, respectivamente. Para o *E. cloeziana*, os valores de retenção com 1,3% de ingredientes ativos apresentaram menor variabilidade, enquanto que na concentração de 1,5% apresentaram a maior variabilidade. Já para o híbrido clonal, a concentração de 1,6% de ingredientes ativos apresentou menor variabilidade e a concentração de 1,3% a maior

variabilidade. Os valores médios de retenção de CCA-C nas madeiras analisadas estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios de retenção nas diferentes concentrações de ingredientes ativos para *Eucalyptus cloeziana* e híbrido clonal.

Material genético	Retenção de CCA-C (kg I.A*m ⁻³)				
	Concentração de ingredientes ativos de CCA-C (%)				
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	5,8 (6,26)	4,6 (4,41)	6,5 (5,77)	6,5 (15,58)	5,8 (10,95)
Híbrido clonal	4,9 (4,25)	5,8 (7,23)	6,8 (6,34)	6,2 (5,42)	6,6 (2,59)

Valores entre parêntesis correspondem ao coeficiente de variação, em %.

Fonte: Da autora (2017).

Para o *E. cloeziana* a menor retenção média (4,6 kg I.A*m⁻³) foi observada nos moirões tratados com concentração 1,3%, enquanto que os materiais tratados com a concentração 1,4 e 1,5% apresentaram a maior média de retenção (6,5 kg I.A*m⁻³) e atingiram a retenção mínima recomendada pela NBR 9480 (ABNT, 2009), para uso em contato com o solo. Nas demais concentrações, os moirões não atingiram o mínimo recomendado para o mesmo uso. Esses materiais devem ser utilizados em estruturas suspensas, em que a mesma norma recomenda retenção mínima de 4,0 kg I.A*m⁻³. Observa-se diferença com dados obtidos por Lopes et al. (2015). Contudo, esses autores utilizaram madeiras de *Corymbia torelliana* aos 11 anos de idade, tratadas com concentração de 2,0% de ingredientes ativos de CCA-C e 60 minutos de pressão. Essas condições, desses últimos autores, promovem aumento do custo do tratamento preservativo.

Para o híbrido clonal a menor retenção média (4,9 kg I.A*m⁻³) foi observada nos moirões tratados com concentração de 1,2% e a maior retenção média (6,8 kg I.A*m⁻³) na concentração de 1,4%. Os moirões tratados com as concentrações 1,4 e 1,6% atingiram o mínimo recomendado pela NBR 9480 (ABNT, 2009) e podem ser utilizados em uso de contato com o solo. Nas demais concentrações, as madeiras tratadas devem ser utilizadas como peças suspensas. Observa-se diferença com dados obtidos por Valle et al. (2013), contudo, esses autores utilizaram madeiras de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake tratadas com concentração de 2,0% de ingredientes ativos de CCA-C e com 90 minutos de pressão.

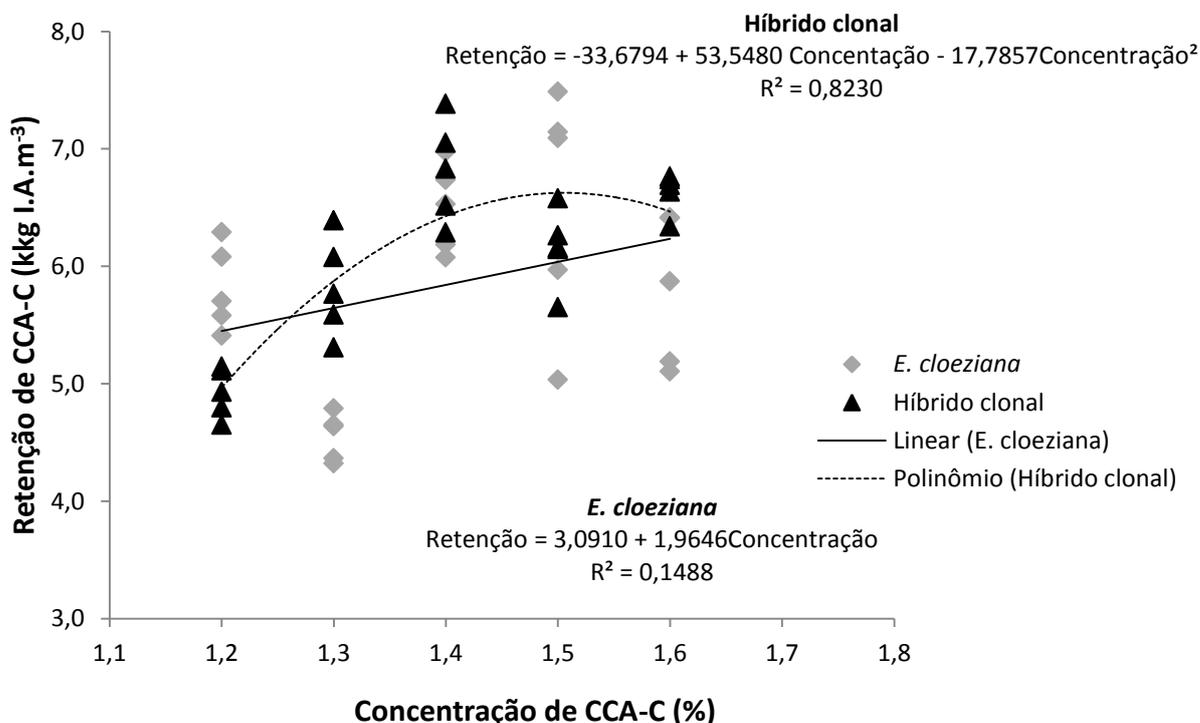
Em ambos os materiais genéticos, as retenções inferiores à recomendação da NBR 9480 (ABNT, 2009) podem estar associadas à má distribuição do preservante nos moirões.

4.3 Relação funcional entre retenção e concentração de CCA-C

Analisando as equações ajustadas para *E. cloeziana*, observou-se que o modelo linear (FIGURA 4) apresentou o melhor comportamento dos dados e mostrou-se significativo. Por meio do coeficiente de determinação, pode-se concluir que aproximadamente 15% da variação total da retenção pode ser explicada pela variação da concentração de CCA-C para a espécie em questão.

De acordo com as equações ajustadas para o híbrido clonal, observou-se que a relação entre retenção e concentração apresentou melhor comportamento com o modelo quadrático (FIGURA 4). Analisando o coeficiente de determinação (R^2), pode-se afirmar que 82% da variação total da retenção de CCA-C pode ser explicada pela variação da concentração de CCA-C.

Figura 4 – Gráfico de dispersão da variação da retenção em função das concentrações de CCA-C.



Fonte: Da autora (2017).

Analisando a correlação entre retenção e umidade e entre retenção e densidade básica da madeira para *E. cloeziana* e para híbrido clonal, não foi observada correlação significativa entre as variáveis. Entretanto, para o híbrido clonal, ao se relacionar retenção com percentual de alburno e com o volume tratável, os coeficientes de correlação foram de 0,44 e de 0,47, respectivamente.

4.4 Ensaio de preferência alimentar com térmitas

Os valores de perda de massa de ambos os materiais genéticos estudados apresentaram alta variabilidade, apresentando coeficientes de variação de 89,53 e de 63,75% para o *E. cloeziana* e o híbrido clonal, respectivamente. O menor e o maior valor de perda de massa foram 0 e 1,25 respectivamente. Observou-se que moirões sem tratamento preservativo (testemunhas) apresentaram maiores valores médios de perda de massa após o ataque da madeira pelos térmitas. Além disto, os híbridos clonais sem tratamento preservativo apresentaram os mais altos valores médios de perda de massa, provavelmente, devido a sua menor densidade básica.

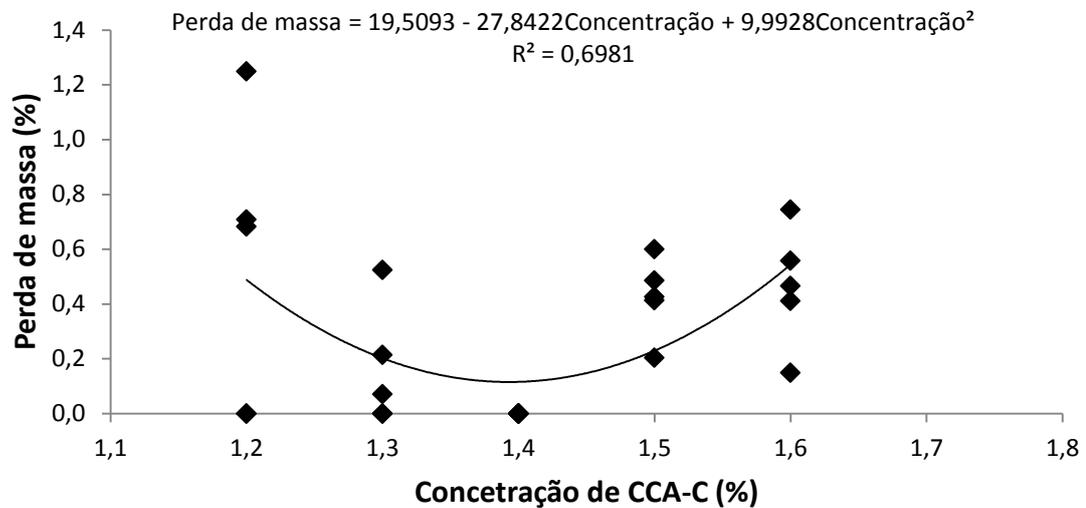
Observou-se que os melhores resultados de preferência alimentar com térmitas foram obtidos para o *E. cloeziana* tratado com a concentração de 1,4% de ingredientes ativos, em que todos os corpos de prova foram isentos de ataque e não apresentaram perda de massa. Esse resultado foi superior ao encontrado por Lopes (2014), que utilizou maior concentração de ingredientes ativos e maior tempo de pressão.

Em relação ao tipo de desgaste, após análise qualitativa, os corpos de prova de ambos os materiais genéticos receberam nota média igual a 10, sendo classificados como “sadios, permitindo escarificações superficiais” (ASTM D 3345, 2005).

4.5 Relação funcional entre perda de massa da madeira e concentração de CCA-C

Analisando as equações ajustadas para *E. cloeziana*, observou-se que o modelo quadrático mostrou-se significativo. De acordo com o coeficiente de determinação gerado, pode-se afirmar que aproximadamente 70% da variação total da perda de massa dos corpos de prova pode ser explicada pela variação da concentração de CCA-C (FIGURA 5).

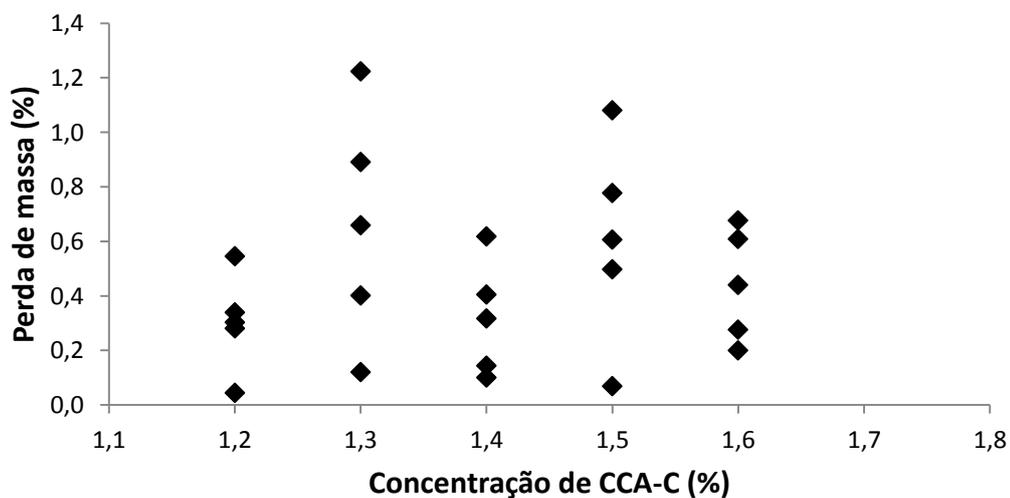
Figura 5 – Gráfico de dispersão da variação da perda de massa dos corpos de prova do *E. cloeziana* em função da concentração de CCA-C.



Fonte: Da autora (2017).

Para o híbrido clonal, observou que os valores médios de perda de massa foram iguais para todas as concentrações dos tratamentos preservativos. Dessa forma, para o híbrido clonal, não foi possível gerar modelos de regressão para a perda de massa em função da concentração de CCA-C (FIGURA 6). É importante ressaltar que todas as concentrações causaram redução da perda de massa em relação à madeira sem o tratamento preservativo.

Figura 6 – Gráfico de dispersão da variação da perda de massa dos corpos de prova do híbrido clonal em função da concentração de CCA-C



Fonte: Da autora (2017).

Analisando-se a correlação entre perda de massa dos materiais genéticos e a retenção de CCA-C para os mesmos, não foi observada correlação significativa entre as variáveis.

5 CONCLUSÕES

1) Para o *E. cloeziana*, as concentrações 1,4 e 1,5% de ingredientes ativos de CCA-C foram satisfatórias, atingindo a retenção mínima recomendada pela NBR 9480 (ABNT, 2009) que é de $6,5 \text{ kg.m}^{-3}$ para uso de peças em contato com o solo. As demais concentrações atingiram o mínimo recomendado ($4,0 \text{ kg.m}^{-3}$) para usos de madeiras em condições suspensas.

2) Para o híbrido clonal, as concentrações 1,4 e 1,6% de ingredientes ativos de CCA-C foram satisfatórias, atingindo a retenção mínima recomendada pela NBR 9480 (ABNT, 2009) que é de $6,5 \text{ kg.m}^{-3}$ para uso de peças em contato com o solo. As demais concentrações atingiram o mínimo recomendado ($4,0 \text{ kg.m}^{-3}$) para usos de madeiras em condições suspensas.

3) Os moirões sem tratamento preservativo (testemunhas) apresentaram maiores valores médios de perda de massa, após o ataque da madeira pelos térmitas.

4) Os híbridos clonais sem tratamento preservativo apresentaram os mais altos valores médios de perda de massa.

5) Os melhores resultados de preferência alimentar com térmitas foram obtidos para o *E. cloeziana* tratado com a concentração de 1,4% de ingredientes ativos. Todos os corpos de prova foram isentos de ataque e não apresentaram perda de massa.

- 6) Para a melhoria do ensaio de perda de massa sugere-se que:
- ao detectar a morte dos cupins, recomenda-se a substituição da colônia antiga por nova, pelo menos por 45 dias;
 - realizar o experimento com materiais genéticos também colocados em contato com os térmitas em caixas separadas, de modo que poderá ser observado o melhor comportamento em relação a preferência alimentar.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R.L.S.; SILVA, K.E.S. Resistência natural de dez espécies madeireiras da Amazônia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* (Silvestri) e *N. surinamensis* (Halmgrem) (Isoptera: Termitidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2. p. 229-234, 2000.
- 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-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.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16202**: postes de eucalipto preservado para redes de distribuição. Rio de Janeiro: 2013. 65 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6232**: penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão. Rio de Janeiro: 2013. 16 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: 2010. 67 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9480**: peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos. Rio de Janeiro: 2009. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- BOOTLE, K. R. **Wood in Australia: types, properties and uses**. McGraw-Hill Book Company, Sydney, 2nd edn, 2005.
- BUSTAMANTE, N.C. R. **Preferências alimentares de 5 espécies de cupins *Nasutitermes Dudley*, 1890 (Termitidae: Isoptera) por 7 espécies de madeira da várzea na Amazônia Central**. 1993, 151f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 1993.
- EVANGELISTA, W. V. **Penetração e retenção de arseniato de cobre cromatado em madeira de eucalipto**. 2011. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Wood preservation manual**. Mechanical wood products branch. Forest industries division. Rome, IT, FAO. (Food and Agriculture Organization). Forestry Department, 1986. 152p.
- FREEMAN, M. H.; MCINTYRE, C. R. A Comprehensive Review of Cooper-Based Wood Preservatives: with a focus on new micronized or dispersed cooper systems. **Forest Products Journal**, Madison, v. 58, n. 11, p. 6-27, nov. 2008.

GALVÃO. A.P.M.; BARBIN. D.; CARVALHO. C. M. - 1967 - Contribuição ao estudo da eficiência dos processos de difusão simples e dupla no tratamento de eucalipto, através da análise química. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, n.6, p. 301-324, 1967.

HERRERA, J. A. R. Preservación de maderas por métodos sencillos y de bajo costo. **Ciencia Forestal**, Mexico, v. 2, n. 8, p. 25-49, 1977.

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

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Iba 2016**: ano base 2015. Brasília, 2016. 100 p.

INPA - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA. Centro de Pesquisa de Produtos Florestais. **Catálogo de madeiras da Amazônia: características tecnológicas; área da hidrelétrica de Balbina**. Manaus: INPA, 1991. 163p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA/CPPF. **Catálogo de madeiras do Amapá: características tecnológicas**. Manaus: INPA/CPPF, 1993. 165p.
Disponível em: < http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>
Acesso em: 02 mar. 2016.

LEPAGE, E. S. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p. 279-342.

LOPES, D. J. V. **Eficácia dos parâmetros do tratamento industrial na tratabilidade e durabilidade de madeiras de eucalipto**. 2014. 79 p. Dissertação (Mestrados em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2014.

LOPES, D. J. V.; MEDEIROS NETO, P. N.; BOBADILHA, G. S.; SILVA, A. P. C.; SOUZA, H. J. P. L. Correlação entre a massa específica anidra e aparente com a retenção de arseniato de cobre cromatado para as madeiras de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 648.

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

MONTANA QUÍMICA S.A. **Madeira tratada com Osmose® K33 C – Óxido**: Informativo Técnico – Divisão Osmose. São Paulo, SP: Montana Química S.A., 2008. Disponível em: <<http://www.montana.com.br/Perguntas-Freq/Madeira-Tratada/CCA-Osmose-K33-C>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

NETTO, H. T. **Benefícios do uso da madeira de reflorestamento tratada para a construção civil**. Monografia (Especialista em Gestão Empresarial) - Instituto Nacional de Pós Graduação, São Paulo, 2010, 47 p.

OLIVEIRA, A. M. F.; LEPAGE, E. S. Controle de qualidade. In: LEPAGE, E. S. (Coord.) **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPTC; SICCT, 1986. v. 1, cap. 5, p. 99-278.

- PAES, J. B.; LIMA, C. R.; MORAIS, V. M. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a cupins subterrâneos, em ensaio de preferência alimentar. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 20, n.72, p. 59-69, 2001.
- PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E. Resistência natural de sete 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.; RAMOS, I. E. C.; FARIAS SOBRINHO, D. W. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) a cupins subterrâneos (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Ambiência**, Guarapuava, v.2 n.1 p. 51-64, 2006b.
- 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.
- RICHARDSON, B. A. **Wood preservation**. London: The Construction, 1978.
- SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1988. 125 p.
- 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, dez. 2013.
- SUPRIANA, N. **Notes the resistance of tropical wood against termites**. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, 1985. 9p. (Doc. IRG /WP/ 1249).
- 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.
- VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; JANKOWSKI, I. P. Preservação de madeiras no brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015.
- WEHR, J. P. P. **Método prático 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”, Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, 1985.

APÊNDICES

APÊNDICE A.1 – Observação das penetrações classificadas como profunda e irregular em *Eucalyptus cloeziana*, para diferentes concentrações de ingredientes ativos de CCA-C, efetuada com base em Montana Química (2008)



APÊNDICE A.2 – Observação das penetrações classificadas como parcial e regular em *Eucalyptus cloeziana*, para diferentes concentrações de ingredientes ativos de CCA-C, efetuada com base em Montana Química (2008)



1,4% de I.A.



1,2% de I.A.

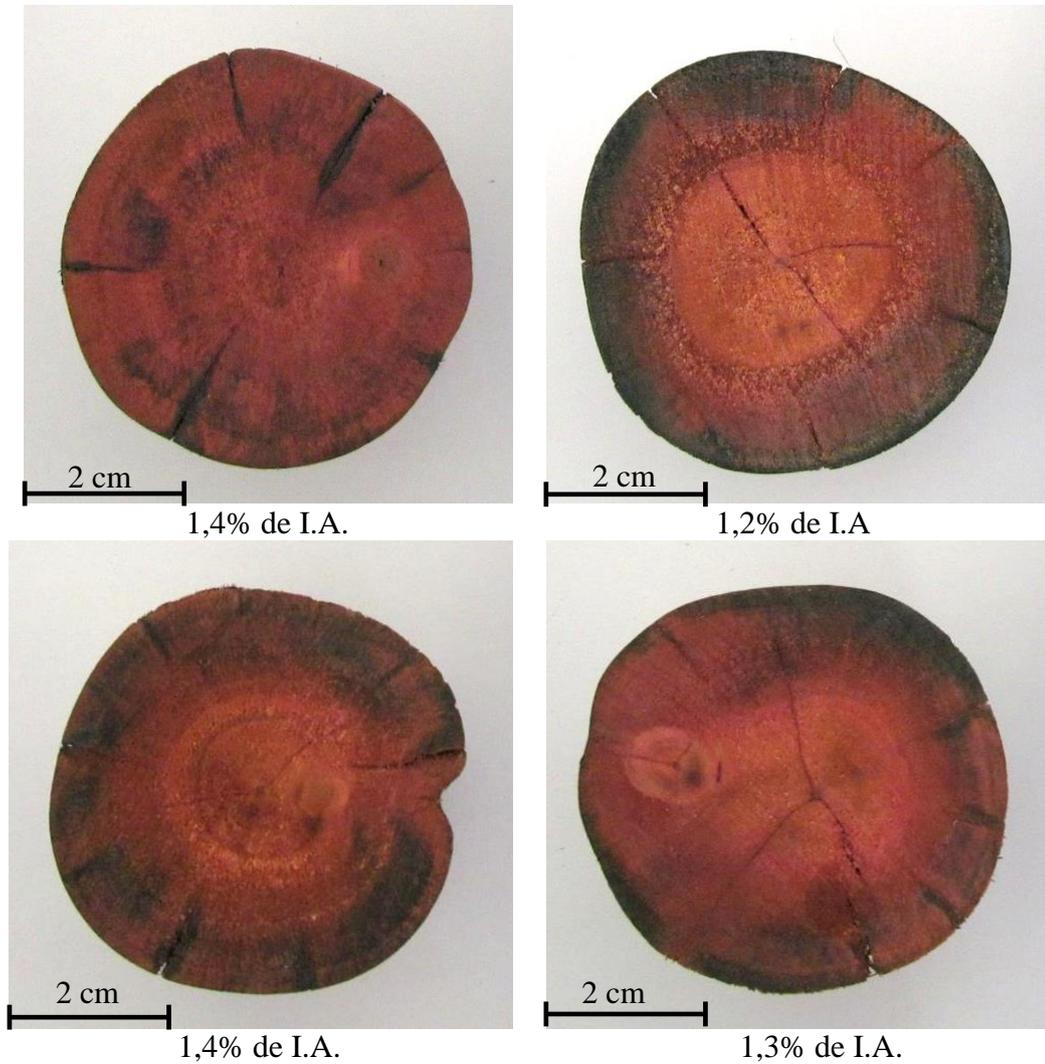


1,4% de I.A.

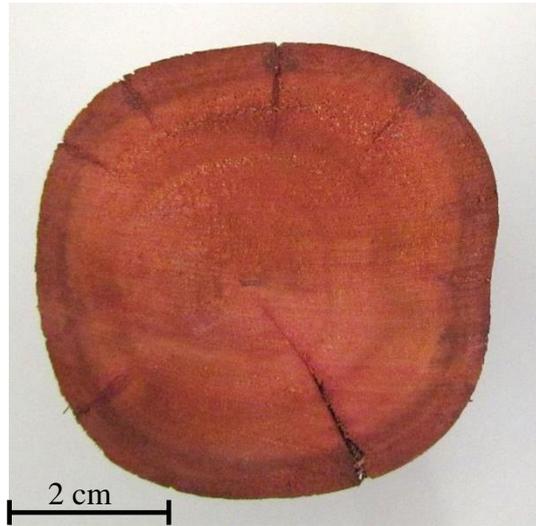


1,6% de I.A.

APÊNDICE A.3 – Observação das penetrações classificadas como parcial e irregular em *Eucalyptus cloeziana*, para diferentes concentrações de ingredientes ativos de CCA-C, efetuada com base em Montana Química (2008)

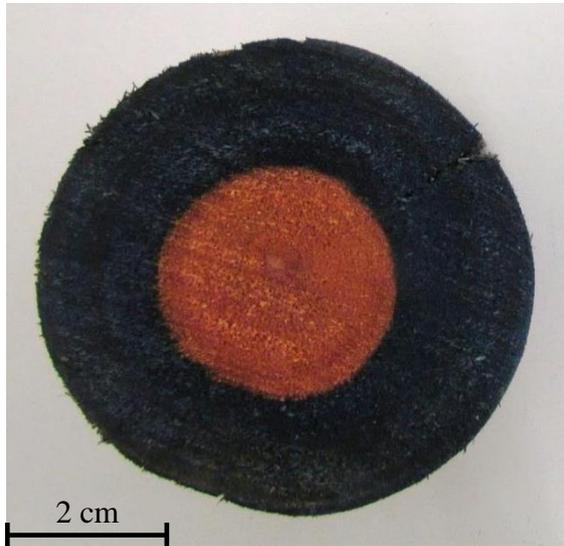


APÊNDICE A.4 – Observação da penetração classificada como nula em *Eucalyptus cloeziana*, para concentração de 1,3% de ingredientes ativos de CCA-C, efetuada com base em adaptação de Montana Química (2008)

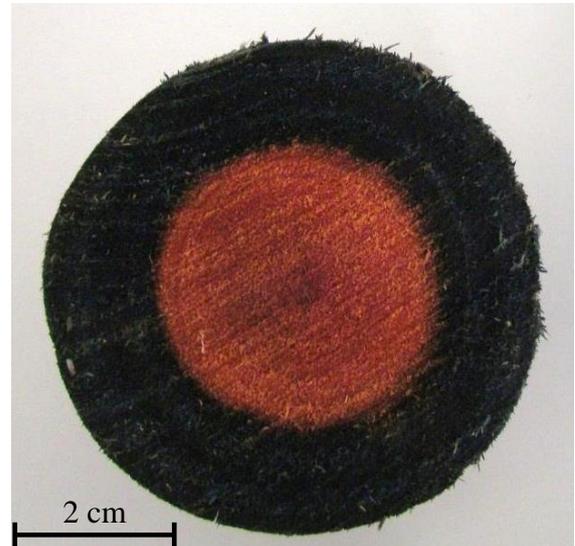


1,3% de I.A.

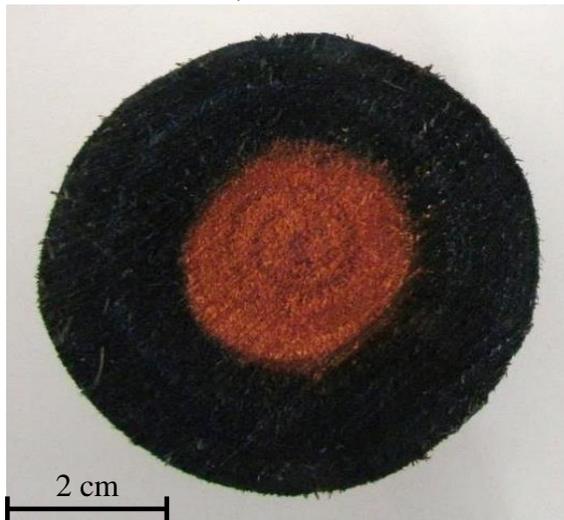
APÊNDICE B.1 – Observação das penetrações classificadas como profunda e regular em híbrido clonal (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), para diferentes concentrações de ingredientes ativos de CCA-C, efetuada com base em Montana Química (2008)



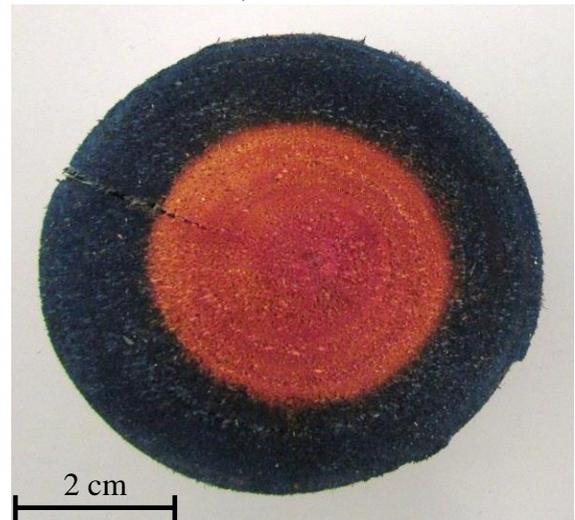
1,5% de I.A.



1,2% de I.A.



1,2% de I.A.

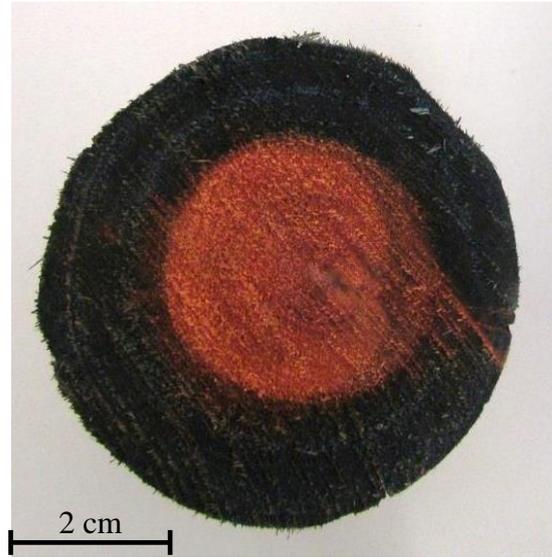


1,6% de I.A.

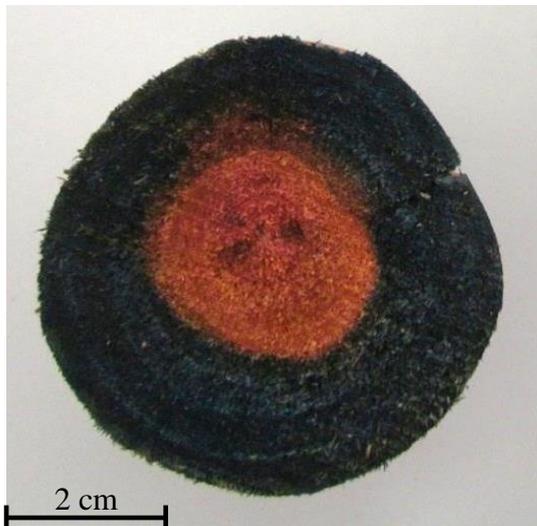
APÊNDICE B.2 – Observação das penetrações classificadas como profunda e irregular em híbrido clonal (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), para diferentes concentrações de ingredientes ativos de CCA-C, efetuada com base em Montana Química (2008)



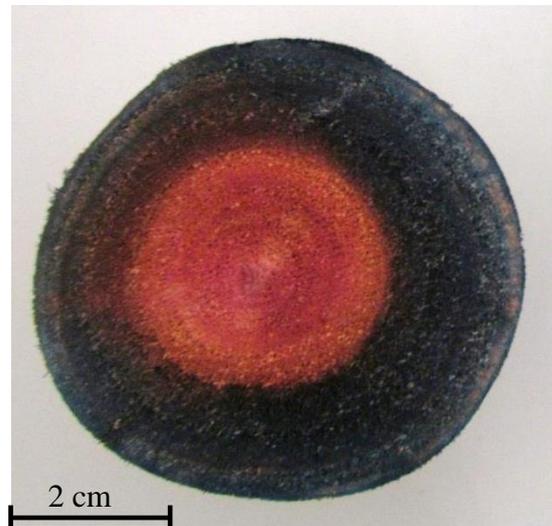
1,2% de I.A.



1,2% de I.A.



1,4% de I.A.

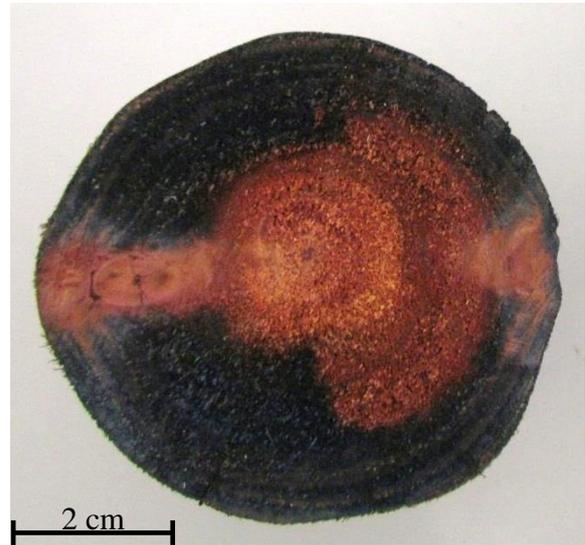


1,6% de I.A.

APÊNDICE B.3 – Observação das penetrações classificadas como parcial e regular em híbrido clonal (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), para diferentes concentrações de ingredientes ativos de CCA-C, efetuada com base em Montana Química (2008)



1,5% de I.A.



1,5% de I.A.