



**DAVID PESSOA GUEDES**

**EFEITO DA UMIDADE DOS MOIRÕES E DA  
CONCENTRAÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO NA  
RETENÇÃO DE CCA-C**

**LAVRAS – MG**

**2017**

**DAVID PESSOA GUEDES**

**EFEITO DA UMIDADE DOS MOIRÕES E DA CONCENTRAÇÃO DE  
INGREDIENTE ATIVO NA RETENÇÃO 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, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

Coorientador

Prof. Dr. Paulo Ricardo Gherardi Hein

**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).**

Guedes, David Pessoa.

Efeito da umidade dos moirões e da concentração de  
ingrediente ativo na retenção de CCA-C / David Pessoa Guedes. -  
2017.

53 p. : il.

Orientador(a): José Reinaldo Moreira Silva.

Coorientador(a): Paulo Ricardo Gherardi Hein.

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

Bibliografia.

1. Tratamento preservativo. 2. Redução do consumo de CCA-  
C. 3. Análise de retenção de CCA-C. I. Silva, José Reinaldo  
Moreira. II. Hein, Paulo Ricardo Gherardi. III. Título.

**DAVID PESSOA GUEDES**

**EFEITO DA UMIDADE DOS MOIRÕES E DA CONCENTRAÇÃO DE  
INGREDIENTE ATIVO NA RETENÇÃO DE CCA-C**

**EFFECT OF POST MOISTURE AND ACTIVE INGREDIENT CONCENTRATION  
IN CCA-C RETENTION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia 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

Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva  
Orientador

Prof. Dr. Paulo Ricardo Gherardi Hein  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2017**

*A Stela, minha adorável mãe, por toda dedicação e esforço feito para minha formação.*

*Ao Baba, meu pai, pelos princípios transmitidos todos os dias e pelo exemplo de vida que é.*

*Aos meus irmãos, Lucas e André, que sempre estiveram do meu lado, sem medir esforços para qualquer prestar qualquer ajuda que precisei.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao professor José Reinaldo, pelos ensinamentos, apoio, incentivos e pela disponibilidade sempre apresentada para auxiliar a caminhada deste projeto.

Ao professor Paulo Hein, pelo companheirismo, sinceridade e por todo apoio.

À UFMG, em nome dos professores Edy e Thiago, que contribuíram diretamente com a realização do estudo desde a sua concepção

À S&D Florestal, representada pelos colaboradores Douglas, Marconi e Larissa, que não mediram esforços e contribuíram diretamente para a realização do trabalho com total boa vontade, carinho e respeito. Também em nome do João, que possibilita a manutenção da política de apoio ao desenvolvimento de pesquisas e parcerias com instituições de ensino.

Ao CNPq, por disponibilizar a bolsa de estudos e incentivar a pesquisa.

À Raisa, pela sua simpatia, disponibilidade, educação e compromisso.

Aos amigos de Barão de Cocais, pela amizade sincera de mais de duas décadas.

Aos colegas e novos amigos de Lavras, pela excepcional recepção e por estarem sempre disponíveis a ensinar e ajudar.

Em especial à amiga Thawane, pelo companheirismo, parceria, educação e principalmente pela amizade construída durante essa caminhada.

## RESUMO

O CCA é o produto preservativo mais utilizado no Brasil. Reage rápido, apresenta boa resistência à lixiviação e excelentes resultados na proteção aos agentes xilófagos. A estratégia das empresas de tratamento de madeira é controlar fatores que influenciam a retenção, como a concentração da solução preservativa e a umidade da madeira, para atingir valores superiores e mais próximos do mínimo normatizado. O objetivo deste estudo foi reduzir o consumo de CCA-C sem prejuízo na qualidade do tratamento, por meio da determinação de intervalo mais eficiente de umidade da madeira para dois genótipos de *Eucalyptus* sp. em diferentes concentrações de ingredientes ativos. Foram tratados 72 moirões da espécie *E. cloeziana* e do híbrido *E.camaldulensis* x *E.urophylla*, com 150 cm de comprimento e diâmetro entre 8 e 10 cm. As peças foram aleatoriamente selecionadas em três pilhas de armazenamento com diferentes tempos de estocagem no pátio (longo, intermediário e curto). As concentrações de ingrediente ativo testadas foram 1,2; 1,4 e 1,6%. O experimento foi realizado conforme Delineamento Inteiramente Casualizado, disposto em arranjo fatorial 3x3. Os fatores foram os tempos de estocagem no pátio, em função da umidade da madeira, e as concentrações de ingrediente ativo. A variável resposta foi a retenção. A análise conjunta do efeito desses dois fatores na retenção de CCA-C foi realizada por meio do Teste de Scott Knott a 5% de significância. No híbrido, observou-se que o aumento da concentração gerou aumento na retenção e para o *E. cloeziana* observou-se que somente as concentrações 1,4 e 1,6% foram diferentes. No *E. cloeziana* a retenção observada no longo tempo de estocagem foi superior ao curto tempo de estocagem. Já o tempo de estocagem intermediário não diferiu dos demais. Para o híbrido, as retenções observadas nos tempos de estocagens longo e intermediário não diferiram entre si. Já a retenção no curto tempo de estocagem foi inferior às demais. Para o híbrido, o tempo de estocagem longo e as concentrações de 1,4 e 1,6% forneceram médias de retenção satisfatórias para moirões utilizados em contato com o solo, conforme NBR 9480 (ABNT, 2009). A pressão de 12,5 kgf\*cm<sup>-2</sup>, o tempo de 45 minutos, a concentração de 1,4 e 1,6% e a umidade dos moirões entre 13 e 24% foram os parâmetros que forneceram retenções satisfatórias segundo (NBR 9480 - ABNT, 2009). Com relação ao *E. cloeziana* a concentração de 1,6% e o longo tempo de estocagem forneceram retenções mais elevadas. Contudo, observou-se média de retenção satisfatória apenas para usos em ambientes internos, ou externos sem contato com o solo (NBR 9480 - ABNT, 2009).

**Palavras-Chave:** Tratamento preservativo. Tempo de estocagem. *Eucalyptus cloeziana*. Híbrido.

## ABSTRACT

The CCA is the most used preservative product in Brazil. It reacts fast, presents good resistance to leaching and presents excellent results in the protection of xylophagous agents. The strategy of wood treatment companies is to control factors that influence retention, such as preservative solution concentration and moisture of wood, to reach higher values and closer to the normalized minimum. The objective of this study was to reduce CCA-C consumption without harm the quality of the treatment, by determining the most efficient interval of moisture of the wood for two genotypes of *Eucalyptus* sp. in different concentrations of active ingredients. 72 posts of *E. cloeziana* and *E. camaldulensis* x *E.urophylla*, 150 cm long and 8 to 10 cm in diameter were treated. The posts were randomly selected in three storage stacks with different storage times in the yard (long, intermediate and short). The active ingredient concentrations tested were 1.2; 1.4 and 1.6%. The experiment was performed according to a completely randomized design, arranged in a 3x3 factorial arrangement. The factors were the storage times in the yard, as a function of the moisture of the wood, and the concentrations of active ingredient. The response variable was retention. The joint analysis of these two factors on CCA-C retention was performed using the Scott Knott's Test at 5% significance. In the hybrid, it was observed that the increase in concentration generated an increase in retention and for *E. cloeziana*, it was observed that only the 1.4 and 1.6% concentrations were different. In *E. cloeziana* the retention observed in the long storage time was higher than the short storage time. The intermediate storage time did not differ from the others. For the hybrid, the retentions observed in the times of long and intermediate stocks did not differ among them. Retention in the short storage time was lower than in the others. For the hybrid, the long storage time and the concentrations of 1.4 and 1.6% provided satisfactory retention averages for ground contact posts, according to NBR 9480 (ABNT, 2009). The pressure of 12.5 kgf\*cm<sup>-2</sup>, the time of 45 minutes, the concentration of 1.4 and 1.6% and the moisture of the posts between 13 and 24% were the parameters that provided satisfactory retentions according to (NBR 9480 - ABNT, 2009). Regarding to *E. cloeziana*, the concentration of 1.6% and the long storage time provided higher retentions. However, a satisfactory retention average was observed only for indoor or outdoor use without contact with ground (NBR 9480 - ABNT, 2009).

**Key-Words:** Preservative treatment. Storage time. *Eucalyptus cloeziana*. Hybrid.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da madeira.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Propriedades anatômicas da madeira .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Propriedades físicas da madeira .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Preservação de madeiras .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Fatores que afetam a preservação de madeira .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Tipo de tratamento.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Matéria prima.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Solução preservativa .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Preservativos químicos.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Controle de qualidade da madeira preservada.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Ensaio de penetração.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Ensaio de retenção.....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Processamento dos moirões pré tratamento preservativo .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Tratamento preservativo .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Determinação da umidade média dos moirões .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Percentual de alburno e volume tratável dos moirões .....</b>	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Anatomia quantitativa .....</b>	<b>26</b>
<b>3.6</b>	<b>Determinação da densidade básica .....</b>	<b>27</b>
<b>3.7</b>	<b>Ensaio de penetração do CCA-C.....</b>	<b>27</b>
<b>3.8</b>	<b>Ensaio de retenção do CCA-C.....</b>	<b>28</b>
<b>3.9</b>	<b>Delineamento experimental e análise estatística.....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização dos materiais genéticos.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Umidade média geral .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Umidade média de cerne e alburno .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Densidade básica.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Dimensões das fibras.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Diâmetro e frequência de vasos.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Percentual e volume de alburno.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2</b>	<b>Ensaio de penetração de CCA-C.....</b>	<b>34</b>

<b>4.3</b>	<b>Retenção de CCA-C .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Efeito da concentração de ingrediente ativo na retenção de CCA-C.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Efeito da umidade da madeira na retenção de CCA-C.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Efeito conjunto da concentração e da umidade da madeira na retenção de CCA-C .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas do setor de preservação de madeira devem atender normas e padrões de qualidade regulamentados por lei para a comercialização de seus produtos. Os parâmetros de penetração e retenção do produto preservativo na madeira são as principais vias de controle para essa regulamentação. Para penetração, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009) por meio na norma NBR 9480 considera aptos apenas produtos em que o alburno ou zona tratável esteja 100% impregnada. Para retenção estipula valores mínimos de acordo com o grau de exposição da categoria de uso pretendido para cada produto.

O gênero *Eucalyptus* se destaca pelo volume de madeira tratada em função do preço e disponibilidade da matéria prima, do desempenho no tratamento e da qualidade de seus produtos. Dentre as espécies utilizadas e indicadas para o tratamento preservativo destaca-se o *E. cloeziana*, *E. saligna*, *E. grandis* e *E. urophylla*. A utilização de híbridos desenvolvidos em programas de melhoramento dos setores de celulose e carvão vegetal vem sendo testados e alguns apresentam resultados satisfatórios.

O Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) é o produto preservativo mais utilizado para o tratamento de madeira no Brasil, utilizado em 2010 por 90% das usinas de tratamento de madeira no país (NETTO, 2010). Reage com a madeira formando complexos insolúveis, por isso apresenta boa resistência à lixiviação e resultados satisfatórios na proteção aos agentes xilófagos. Entretanto apresenta alto risco de contaminação ao ambiente, sendo classificado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como Classe 1. Pela presença, principalmente, de arsênio também apresenta riscos às pessoas. Além disso, segundo dados de Pavlak, Romero e Ecker (2013), o CCA-C corresponde à 53% do custo total variável para empresas de preservação de madeira. Sendo assim, buscando menor utilização deste produto e proteção satisfatória da madeira, a estratégia deve ser trabalhar com valores de retenção mais próximos possível do mínimo exigido para cada produto comercializado. Entretanto, este é um desafio constante trabalhado nos pátios das usinas de tratamento, uma vez que são muitos os fatores que afetam diretamente a retenção dos ingredientes ativos na madeira.

Inerentes à matéria prima, a umidade, permeabilidade, densidade, estrutura anatômica e quantidade de cerne no lenho são os principais fatores que influenciam a retenção de preservativo na madeira. Sobre a umidade da madeira, não se tem conhecimento completo de valores ideais específicos, nem de metodologias operacionalmente viáveis para sua determinação confiável nos pátios. Montana Química (2008) considera ideal o tratamento

preservativo industrial em madeiras com a umidade abaixo de 30%, mas que não estejam absolutamente secas.

Com relação à solução preservativa, a concentração de ingrediente ativo é o principal fator influente na retenção, que em geral, quanto maior a concentração do produto, maior será a retenção obtida. Entretanto, o melhor entendimento dos outros fatores possibilita a redução do consumo do CCA, por meio da diminuição da concentração nos tratamentos, mas obtendo retenções satisfatórias.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi reduzir o consumo de CCA-C sem prejuízo na qualidade do tratamento, por meio da determinação de intervalo mais eficiente de umidade da madeira para dois genótipos de *Eucalyptus* sp. em diferentes concentrações de ingredientes ativos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Caracterização da madeira**

A madeira apresenta grande variação em sua macro e microestrutura, por isso é considerada um material heterogêneo e complexo. Estas variações existem entre diferentes espécies, entre árvores da mesma espécie, e até mesmo, em diferentes partes da mesma árvore (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980).

#### **2.1.1 Propriedades anatômicas da madeira**

A estrutura macroscópica do lenho de uma árvore é composta pelas estruturas visíveis a olho nu, ou em lente de aumento de até 10 vezes. São essas estruturas: casca externa ou ritidoma, floema ou casca interna e o xilema, onde estão muitas vezes distintos os raios, cerne, albarno e medula (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980).

Segundo Siau (1984), o cerne é sempre menos permeável que o albarno, devido às pontuações aspiradas em gimnospermas e às incrustações e ocorrência de tilose em angiospermas. Espécies que têm o cerne permeável apresentam pouca ocorrência de tilose.

Segundo Oliveira (1997), a quantificação da relação cerne/albarno é importante, do ponto de vista tecnológico, dependendo da utilização que se queira dar à madeira. As diferentes proporções de cerne e albarno observadas entre as espécies, juntamente com outros fatores, proporcionam diferentes desempenhos em retenção e penetração de produtos preservativos na madeira. Outros fatores referentes à matéria prima que afetam a penetração e

retenção são a permeabilidade, umidade e a estrutura anatômica (composição microscópica do lenho).

As angiospermas eudicotiledôneas são constituídas basicamente por fibras, parênquima axial, raios e vasos. O estudo da microestrutura possibilita a identificação de espécies e identificar aspectos referentes à resistência mecânica, permeabilidade e trabalhabilidade (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980).

Os vasos são estruturas tubulares, de comprimento indefinido, podendo corresponder de 5 a 60% do total da madeira. São reconhecidos como as estruturas anatômicas mais significativas para a penetração inicial dos preservativos na madeira, por formarem o caminho longitudinal de menor resistência à passagem de líquidos. Para que a penetração dos preservativos seja efetiva nos vasos, é necessário que estes não estejam obstruídos por tiloses, ou extrativos. A frequência, distribuição e diâmetros são características importantes para o bom desempenho dos vasos na penetração. Esta estrutura também propicia a penetração radial na madeira, através dos pares de pontuações (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980; REDMAN et al., 2016).

As fibras são células longas, de extremidade afilada, cuja função nas árvores é de sustentação mecânica, constituem a maior parte do tecido lenhoso da maioria das angiospermas. Estas células não são importantes na penetração inicial de solução preservativa, mas podem exercer influência na extensão subsequente dos líquidos provenientes dos vasos e de outros pontos de concentração. Em algumas madeiras, as fibras podem assumir papel mais importante que os vasos na dispersão do preservativo, quando estes apresentam-se obstruídos por tiloses (HUNT; GARRAT, 1967).

O papel dos raios na penetração de substâncias na madeira é controverso, sendo abordado de maneira variada por diferentes autores. Trata-se de uma estrutura de grande variabilidade, que se não obstruída por substâncias de reserva, contribuem para penetração no sentido transversal (SIAU, 1971). Silva et al. (2010) avaliaram o desempenho dos raios quanto a penetração de líquidos e ar em duas espécies de *Eucalyptus*. Estes autores não relataram fluxo significativo de nenhum dos fluidos, na direção radial, no cerne ou alburno. A explicação mais aceita é que as células parenquimáticas do raio, em algumas espécies de *Eucalyptus*, desempenham além da função de translocação radial, a função de armazenamento de substâncias nutritivas que podem obstruir a passagem dos fluidos no sentido transversal da madeira (RUDMAN, 1965).

## 2.1.2 Propriedades físicas da madeira

### 2.1.2.1 Densidade

A densidade da madeira refere-se diretamente a quantidade de material lenhoso por unidade de área, é o resultado de uma complexa combinação dos constituintes internos, que também indica a quantidade de espaços vazios na madeira. Trata-se da propriedade física de maior importância, devido a intrínseca relação com as demais propriedades, tanto físicas, quanto mecânicas (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968). Ainda é considerada como característica tecnológica determinante para classificação da qualidade de madeiras, apesar de descrições como a anatômica e/ou química, serem cada vez mais utilizadas por sua natureza mais específica.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), a densidade apresenta grande variação entre árvores até mesmo da mesma espécie e ainda dentro da mesma árvore. As variações existentes se devem, principalmente, a estrutura anatômica e também a quantidade de extrativos em determinado volume. São influenciadas principalmente pela idade da árvore, genótipo, sítio, clima, localização e tratamentos silviculturais (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968).

Segundo Tamblin (1978), indivíduos do gênero *Eucalyptus* classificados como de alta densidade, apresentam geralmente, maior durabilidade natural quando comparados aos de densidade baixa. Chimelo (1980) e Gérard et al. (1995) ressaltaram que quase sempre a densidade da madeira está também relacionada à retratibilidade, trabalhabilidade, secagem e impregnabilidade.

Espera-se que madeiras menos densas sejam mais simples de impregnar com produto preservativo, porém, segundo Santini (1988) esta correlação nem sempre é expressiva. A explicação não é completamente conhecida, sendo frequentemente atribuída à estrutura anatômica das diferentes espécies ou árvores.

### 2.1.2.2 Umidade

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997), Anexo “B” – item 5.2 a umidade da madeira é definida como a relação de água existente na peça e a massa seca da mesma. Trata-se do parâmetro físico com dinâmica distinta entre espécies e muito importante, por ter influência direta sobre outras propriedades da madeira, sejam elas físicas ou mecânicas.

A água é encontrada na madeira em três formas distintas. A água presente nos espaços vazios da madeira, elementos de vaso e lume de fibras ou traqueídes é denominada água livre. O segundo tipo é a água adsorvida, presente na ultraestrutura da parede celular. É encontrada entre as regiões amorfas das microfibrilas de celulose e também associadas às hemiceluloses. Ela requer maior gasto energético para sua retirada quando comparada à água livre. E, por fim, observa-se moléculas de água de constituição, a qual é retirada da madeira apenas a partir da degradação do material, pois é parte constituinte da parede celular (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968). O valor da umidade que representa o limite entre a presença de água de adsorvida e a ausência de água livre é conhecido como Ponto de Saturação das Fibras (PSF), que varia entre espécies de madeira e, geralmente, encontra-se entre 22 e 30%.

A umidade da madeira é um dos fatores a ser considerado na busca de tratamentos eficientes. Acima do PSF, o aumento da umidade diminui a fração de vazios na madeira, impedindo que o tratamento atinja a penetração desejada. É também importante parâmetro para escolha do método e do preservativo a ser usado no tratamento. Para tratamentos caseiros como difusão e substituição de seiva, a madeira deve ser utilizada verde ou saturada, já em processos industriais o uso deve se dar com a umidade abaixo do PSF (LEPAGE, 1986; MONTANA QUÍMICA, 2008; SANTINI, 1988).

### **2.1.2.3 Permeabilidade**

A permeabilidade pode ser definida como a facilidade com que um fluido é transportado em materiais porosos sob influência de gradiente de pressão. Esta propriedade exerce influência sobre a secagem da madeira e todas as aplicações que requerem o preenchimento da madeira com outros componentes, como a produção de painéis colados e o tratamento preservativo (NICHOLAS; SIAU, 1973).

Ainda segundo os mesmos autores, vasos desobstruídos se comportam na madeira como capilares abertos ao longo do seu comprimento. Como o diâmetro dos vasos é consideravelmente maior quando comparado ao das pontuações, o escoamento através das fibras e do parênquima axial é insignificante baseando-se nos vasos. A porosidade, estrutura anatômica, umidade e permeabilidade da madeira são propriedades intrinsecamente correlacionadas, que definem a facilidade ou dificuldade de penetração e distribuição de preservativos em diferentes madeiras. Diferentemente da permeabilidade, a porosidade corresponde à fração volumétrica dos espaços vazios de um sólido, ou seja, interligando os conceitos: todo material para ser permeável, precisa ser poroso, porém nem todo material

poroso é permeável. Para que haja permeabilidade precisa necessariamente de haver conexão entre os poros do material. Na madeira é possível observar este fenômeno com os elementos de vasos, que são poros interconectados pelas placas de perfuração (SIAU, 1984).

## 2.2 Preservação de madeiras

A celulose é o principal constituinte químico da parede celular das fibras da madeira. Esse polímero, dentre outros, é utilizado como fonte nutricional para o desenvolvimento de microorganismos e insetos que possuem sistema enzimático capaz de metabolizar os açúcares. Essa relação representa a principal via de deterioração da madeira e seus produtos (CARVALHO et al., 2009). Os agentes responsáveis pela deterioração da madeira foram classificados por Lepage (1986) como agentes bióticos e abióticos. Dentre os bióticos (xilófagos), os agentes de maior destaque são fungos apodrecedores, coleópteros, térmitas ou cupins e brocas marinhas.

Em geral, madeiras provenientes de plantios de rápido crescimento no Brasil, como *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., apresentam relativa baixa resistência natural aos agentes xilófagos, principalmente, quando expostas a ambientes agressivos, ou seja, ambientes que contribuem para o desenvolvimento desses agente deterioradores, como condições de alta temperatura, umidade e contato com o solo (TREVISAN et al., 2008). Tais madeiras devem então, obrigatoriamente, receber tratamento preservativo preventivo de maneira a garantir maior vida útil a seus produtos. O setores elétrico, rural, ferroviário e construções são exemplos de utilizações em condições de exposição destes produtos tratados.

Jankowsky, Barillari e Freitas (2002) definiram de forma abrangente a preservação de madeira como conjunto de produtos, técnicas, métodos e pesquisas destinadas a alterar, medir ou estudar a durabilidade da madeira. Atualmente de forma mais simples pode-se entender o tratamento como a aplicação de produtos químicos de forma preventiva, com o objetivo de impedir a degradação, principalmente, biológica do material.

A preservação de madeiras é uma técnica em crescimento no Brasil, que apresenta como uma das maiores dificuldades o grande número de fatores que influenciam a penetração e retenção dos preservativos na madeira.

## 2.3 Fatores que afetam a preservação de madeira

### 2.3.1 Tipo de tratamento

É importante ressaltar que existem processos industriais e não industriais ou sem vácuo/pressão para tratamento de madeira, que atualmente, sua utilização se restringe, praticamente, às pequenas propriedades ou comunidades rurais (SANTINI, 1988). Os processos industriais de preservação são aqueles em que a introdução do produto preservativo no material a ser tratado se dá por meio da aplicação de pressão na superfície do material. Geralmente nas folhosas o produto se espalha apenas no alburno e em algumas espécies de coníferas a penetração pode ocorrer em todo lenho.

Segundo Richardson (1978), os principais processos de tratamento industrial de madeira são o Célula Cheia e Célula Vazia. O primeiro, idealizado e desenvolvido por John Bethell no ano de 1838, atualmente, ainda é o processo mais utilizado nos tratamentos industriais no Brasil. Consiste de vácuo inicial para retirada de ar do lume, seguido de período de pressão, cujo objetivo é impregnar a madeira com o produto preservativo, e por fim, a terceira etapa, que se trata de vácuo final para supressão do excesso de produto. Como resultado, o lume e a parede celular são impregnados, por isso o nome *Full Cell* ou Célula Cheia.

O processo Célula Vazia idealizado por Wasserman, em 1902, surge como alternativa aos elevados gastos com preservativos, observados no processo Célula Cheia. A economia de produto se deve à não impregnação do lume das células, onde apenas a parede celular da madeira recebe o preservativo. Para isto não é aplicado o vácuo inicial, portanto com a injeção do preservativo ocorre uma compressão do ar interno da madeira, o qual, após o alívio da pressão, se expande e expulsa parte do preservativo que ficaria contido no lume. É indicado apenas para madeira que apresentem alta permeabilidade (YAMAMOTO, 1974).

Segundo Evangelista (2011), o tempo de tratamento, basicamente o tempo de injeção do produto sob pressão, e a própria pressão de trabalho são os fatores referentes ao processo, que mais influenciam nos resultados obtidos. Geralmente, aumento no tempo de tratamento converge em aumento na penetração e retenção de produto. Tempo mais prolongado é recomendado para madeiras de difícil impregnação.

Com relação à pressão de impregnação na autoclave, esta deve ser superior à pressão de capilaridade da madeira (NICHOLAS; SIAU, 1973). Segue-se o raciocínio para o tempo

de tratamento, onde aumento da pressão, geralmente, implica em aumento na penetração e retenção de produto preservativo. Atualmente as empresas do setor de preservação de madeira no Brasil trabalham em intervalo de pressão de 12 a 14 kgf\*cm<sup>-2</sup>, valores bem inferiores ao relatado por Tamblyn (1978) em empresas na Austrália, que por volta do ano de 1960 utilizavam pressão de até 70 kgf\*cm<sup>-2</sup>. Pressão e tempo são, então, dois dos fatores relativos ao processo que devem ser controlados para obtenção de retenção satisfatória e economia na utilização dos preservativos (LEPAGE, 1986).

### 2.3.2 Matéria prima

A umidade da madeira afeta diretamente sua trabalhabilidade e impregnabilidade, portanto influencia na penetração e retenção de preservativo. Dessa forma é considerado um parâmetro importante a ser controlado para otimização dos tratamentos preservativos.

A primeira versão da Norma NBR 9480 (ABNT, 1986) preconizava umidade da madeira de *Eucalyptus* spp. igual ou inferior a 35% para impregnação com preservativos hidrossolúveis. Montana Química (2008) recomendou o uso da madeira de *Eucalyptus* spp. com umidade inferior a 30% para tratamentos em autoclave, sob vácuo e pressão.

Amaral et al. (2014), avaliaram o tratamento preservativo industrial de moirões de *Eucalyptus urophylla* com concentração de I.A de 1,7%, para diferentes classes diamétricas, sob diferentes tempos de secagem ao ar livre. O valor central das classes diamétricas estudadas foram 7, 9, 11 e 13 cm e as umidades médias dos moirões dessas classes foram 19,3; 25,5; 33,9; e 40,5%, respectivamente. As retenções apresentadas foram de 6,41 kg\*m<sup>-3</sup> para a classe de 7 cm, e de 5,70 kg\*m<sup>-3</sup> para as demais classes. Esses autores correlacionaram a umidade geral dos moirões com a retenção de CCA-C e observaram correlação negativa e forte ( $r = -0,86$ ) entre esses parâmetros. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) apresentado por esses autores foi de 0,737.

Evangelista (2011), apresentou retenções inferiores às preconizadas pela NBR 9480 (ABNT, 2009) para utilização de moirões em contato com o solo, valores de 4,71 kg\*m<sup>-3</sup> e 5,78 kg\*m<sup>-3</sup> para *E. cloeziana* e *E. urophylla* tratados com CCA-C com umidade de 99,6 e 127,5%. A pressão utilizada foi de 12,5 kgf\*cm<sup>-2</sup> por 60 minutos e a concentração de I.A de 1,5%.

Usta (2004), avaliando o efeito da umidade na retenção de preservativo hidrossolúvel na madeira de *Abies nordmanniana*, verificou que valores abaixo do PSF proporcionaram maior absorção do produto, sendo a umidade de aproximadamente 22% a de maior destaque.

O mesmo autor não observou retenção significativa de preservativo abaixo de 20% de umidade.

Vale ressaltar então, que devido ao efeito da histeresis da madeira, peças extremamente secas não apresentam a penetração nem a retenção de preservativo favorecidas. Logo, o ponto ótimo de umidade deve ser encontrado entre o PSF e a condição absolutamente seca (LEPAGE, 1986; USTA, 2004).

A relação cerne/alburno é outro fator referente à madeira que afeta diretamente a performance no tratamento preservativo. A idade das árvores é o fator de maior contribuição para a relação cerne/alburno. Botelho et al. (2000), avaliaram o tratamento preservativo de seis espécies de *Eucalyptus*, com idades de 18 a 22 anos, provenientes do Distrito Federal e observaram baixa retenção de preservativos hidrossolúveis. Venkatasamy (2002) obteve resultados no mesmo sentido, estudando madeiras de *Eucalyptus saligna* com idades distintas. Avaliou o desempenho do material no tratamento preservativo com produtos hidrossolúveis e observou maior fixação em madeiras mais jovens, de 4, 8 e 12 anos, com relação às com idades mais avançadas de 20 e 24 anos. A explicação para os resultados de ambos os estudos foi a elevada quantidade de cerne nos lenhos avaliados, oriunda da idade avançada das árvores.

### **2.3.3 Solução preservativa**

O tratamento preservativo da madeira pode ser afetado por materiais particulados presentes, oriundos dos produtos químicos utilizados e dos seus produtos de reação, além dos extrativos e pequenos cavacos da madeira. A estrutura porosa da madeira faz que esta tenha comportamento similar a um filtro e esses materiais particulados na solução preservativa podem obstruir a passagem de fluidos pela vedação das microaberturas da madeira. A reutilização contínua da solução pode então aumentar a concentração destes materiais particulados e causar diminuição da penetração e retenção de produto, prejudicando a qualidade do tratamento. Em solução aquosa, os extrativos têm comportamento parecido com o dos materiais particulados, obstruindo os poros da madeira, reduzindo também a penetração. Além disso, podem causar desbalanceamento químico entre os elementos das soluções preservativas hidrossolúveis, principalmente quando essas soluções já foram utilizadas inúmeras vezes (NICHOLAS; SIAU, 1973).

A concentração de ingrediente ativo na solução preservativa é outra propriedade que tem grande relevância para o tratamento preservativo, dos pontos de vista social, ambiental,

econômico e técnico. Em geral, aumento da concentração de ingrediente ativo aumenta os níveis de retenção dos preservativos na madeira (APPEL, 2006; NICHOLAS; SIAU, 1973).

Paes, Moreschi e Lelles (2005) avaliaram três concentrações de ingrediente ativo (2,0%; 3,5%; e 5,0%) e seus respectivos efeitos na retenção de CCB e na penetração de cobre e boro. Utilizando o método de substituição de seiva, em moirões de *Eucalyptus viminalis* com aproximadamente 5 anos de idade, em 3 diferentes posições radiais. Na posição do alburno mais próxima ao cerne os autores observaram que o aumento na concentração de ingrediente ativo aumentou também os níveis de penetração e retenção de CCB. Nas outras duas posições mais próximas à casca, houve aumento de retenção até a concentração de 3,5% e decréscimo em 5%.

Segundo Schneid, Gatto e Cademartori (2013), a concentração de CCA-C de 2%, com pressão de  $12 \text{ kgf*cm}^{-2}$  por 120 minutos, são parâmetros que possibilitam retenção satisfatória para postes a serem utilizados em contato com o solo de *E. saligna* e não são suficientes para *E. cloeziana*.

Lima (2012), avaliou a retenção de CCA-C em moirões de *Eucalyptus* sp. e *Corymbia citriodora*, variando o tempo de pressão (0,5; 1; 2 horas), com pressão de  $12 \text{ kgf*cm}^{-2}$  e concentração de 2%. Para o *C. citriodora*, *E. camaldulensis*, e o híbrido (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), os três tempos testados possibilitaram retenções satisfatórias para o uso em contato com o solo, acima de  $6,5 \text{ kg*m}^{-3}$ . Os dois últimos materiais citados, apresentaram retenção bem superior à preconizada pelas normas (9,0 e  $7,4 \text{ kg*m}^{-3}$ ), mesmo no menor tempo testado (0,5 horas). Para o *E. urophylla* a retenção obtida no tempo de 0,5 horas foi de  $6,3 \text{ kg*m}^{-3}$ , valor próximo ao mínimo exigido para uso externo em contato com o solo. Já para o híbrido (*E. urophylla* x *E. grandis*), o tempo de 0,5 horas não foi suficiente, apresentando retenção bem inferior ( $5,2 \text{ kg*m}^{-3}$ ) à exigida pela norma NBR 9480 (ABNT, 2009). Para esse material indicou-se a utilização do tempo de 1 hora de pressão ou aumento na concentração no caso da manutenção do tempo de 0,5 horas.

## 2.4 Preservativos químicos

Os preservativos destinados à proteção de madeira são geralmente classificados em três categorias: hidrossolúveis, oleossolúveis e oleosos. Como exemplos dos dois últimos grupos podem ser citados o pentaclorofenol e o creosoto (HUNT; GARRATT, 1967).

Dentre os hidrossolúveis é grande o número tanto de misturas de diferentes ingredientes ativos, quanto de produtos comerciais disponíveis. Essa categoria é vista como a

de maior importância, do ponto de vista industrial, correspondendo aos produtos mais modernos e de maior emprego atualmente. Os hidrossolúveis utilizam a água como veículo de translocação, sendo constituídos, principalmente, de sais e íons metálicos (ingredientes ativos), os quais são empregados na forma de mistura e visam melhor fixação do preservativo, redução de efeitos corrosivos dos metais e proteção da madeira contra maior número de agentes xilófagos.

Segundo dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2012), os principais produtos preservativos no Brasil atualmente são o Arseniato de Cobre Cromatado tipo C (CCA-C), Borato de Cobre Cromatado (CCB), Cobre Azol tipo B (CA-B) e o Creosoto. Dos quais apenas o último não corresponde à categoria dos hidrossolúveis.

O Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) corresponde ao produto preservativo mais utilizado atualmente pelas empresas do setor de preservação de madeira no Brasil. Pode ser encontrado em três formulações, CCA tipo A, B ou C, em que a única diferença é a concentração dos ingredientes ativos (cobre, cromo e arsênio). Apenas a formulação tipo C é liberada para comercialização e uso no Brasil e apresenta 47,5%, 18,5% e 34% de cromo, cobre e arsênio respectivamente, todos na forma de óxido. A formulação tipo C é a que apresenta as menores taxas de lixiviação e o melhor desempenho em campo (LEPAGE, 1986).

O início da utilização de compostos arseniados para tratamento preservativo de madeira se deu em 1930. Mas em 1950, a partir da substituição de todo zinco destes compostos por cobre, originou-se o CCA, comercialmente conhecido como Boliden K33 (LEPAGE, 1986).

Na prática, o cobre fornece proteção contra os fungos. Já o arsênio previne o ataque de insetos e de alguns fungos resistentes ao cobre. Finalmente, o cromo tem a função de fixar quimicamente o cobre e o arsênio na madeira (LEPAGE, 1986).

## **2.5 Controle de qualidade da madeira preservada**

O controle de qualidade em madeira tratada é feito, normalmente, por meio da determinação dos parâmetros de retenção, penetração e distribuição do preservativo na madeira (GALVÃO; BARBIN; CARVALHO, 1967). Oliveira e Lepage (1986) definiram retenção e penetração como parâmetros básicos para a avaliação de eficiência do tratamento preservativo.

### 2.5.1 Ensaio de penetração

A forma como o produto se distribui pela peça a tratar é definida como penetração, a qual pode ser classificada, segundo Montana Química (2008) em quatro classes:

- a) penetração profunda e regular: quando ocorre penetração em toda extensão do alburno e essa apresenta distribuição uniforme;
- b) penetração profunda e irregular: quando ocorre penetração em toda extensão do alburno, porém com distribuição desuniforme;
- c) penetração parcial e regular: quando a penetração não ocorre em toda extensão do alburno, porém apresenta distribuição uniforme;
- d) penetração parcial e irregular: quando a penetração é desuniforme e não atinge todo o alburno.

Em madeiras de folhosas a impregnação do cerne, geralmente, é insignificante quando comparada à do alburno, portanto quando a penetração se mostra regular apenas no alburno, considera-se o tratamento satisfatório. A penetração, normalmente, é medida em milímetros e para a avaliação utilizam-se seções transversais ou discos recém cortados das peças tratadas, ou ainda cilindros lenhosos retirados perpendicularmente às fibras com auxílio de trado especial. Nessas amostras são aplicados corantes que indicam presença ou ausência de cobre. Em madeiras tratadas com CCA, comumente, utiliza-se o corante Cromoazurol S, acetato de sódio e água, após a reação a coloração rosa representa ausência de cobre e a coloração azul a presença desse metal (SANTINI, 1988).

A madeira de *E. cloeziana* apresenta dificuldade quanto a penetração de preservativo, mesmo quando submetida a tratamento com concentração de 2% (BRITO, 2013). Já as espécies *E. urophylla* e *E. camaldulensis* e o híbrido *E. camaldulensis* x *E. grandis*, segundo Amaral (2012) e Evangelista (2011), apresentam resultados considerados satisfatórios segundo a norma NBR 9480 (ABNT, 2009).

Rodriguez Herrera (1977) afirmou que apesar da penetração ser bom indicativo da qualidade do tratamento preservativo, essa não se relaciona de forma isolada ao verdadeiro grau de proteção proporcionado à madeira. É necessário definir a retenção e analisá-la de forma conjunta à penetração.

### 2.5.2 Ensaio de retenção

A quantidade de produto preservativo contido em determinado volume de madeira é definida como retenção e é apresentada em quilogramas de ingrediente ativo por metro cúbico de madeira tratável (kg de I.A.\*m<sup>-3</sup> tratável). Em folhosas o volume tratável refere-se exclusivamente ao volume de alburno, após a secagem do solvente.

Peças tratadas que apresentam alto valor de retenção não significa exatamente serem bem preservadas, já que penetração irregular favorece o ataque de agentes xilófagos nas áreas isentas do produto, que aparecerão sinais de deterioração. Richardson (1978) observou deterioração em madeiras de folhosas que apresentaram nível de retenção elevado e atribuiu à micro distribuição irregular dos elementos tóxicos que poderiam estar em grandes quantidades nos lumes, não protegendo totalmente a parede celular que é a estrutura que recebe os ataques. Por isso para atingir preservação satisfatória é importante conhecer as características da madeira e ainda os fatores físicos envolvidos no processo de tratamento, como a pressão, a temperatura e o tempo de impregnação. O conhecimento e adequação desses fatores além de possibilitar o controle otimizado, ainda permite que sejam atingidos níveis satisfatórios tanto da penetração, quanto da retenção, que ao serem analisados em conjunto oferecem conclusões determinantes da qualidade dos produtos tratados (MENDES; ALVES, 1988). Neste sentido, valores mínimos de retenção de preservativo foram regulamentados em função das condições de uso da madeira e encontram-se apresentados na Tabela 1 (NBR 7190, ABNT 1997; NBR 9480, ABNT 2009; AWWA, 2010).

Tabela 1 - Condições de uso de madeira tratada e valores mínimos exigidos de retenção de preservativo

Condições de uso da madeira	Retenção mínima (kg de I.A.*m <sup>-3</sup> tratável)
Protegida das intempéries e não sujeita à reumidificação. Umidade média de equilíbrio da madeira varia entre 12 e 18%. <sup>1</sup>	4,0 ou 6,5 <sup>1</sup>
Protegida das intempéries, mas sujeita à reumidificação ocasional. Umidade média de equilíbrio da madeira varia entre 12 e 18%. <sup>1</sup>	4,0 ou 6,5 <sup>1</sup>
Não protegida das intempéries, ou protegida, mas sujeita à reumidificação frequente. Umidade média de equilíbrio da madeira é maior ou igual a 25%. <sup>1</sup>	4,0 ou 6,5 <sup>1</sup>
Permanentemente em contato com o solo ou água doce. <sup>1</sup>	4,0 ou-6,5 <sup>2</sup>
	9,6 <sup>3</sup>
	9,6 <sup>4</sup>
Permanentemente em contato com água salgada. <sup>1</sup>	24,0-40,0 <sup>5</sup>

Em que: <sup>1</sup> Categoria de uso da madeira, de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997); <sup>2</sup> NBR 9480 (ABNT, 2009), para peças roliças suspensas, fora do contato com o solo (4,0 kg I.A/m<sup>3</sup>) e em contato direto com o solo (6,5 kg I.A/m<sup>3</sup>); <sup>3</sup> NBR 8456 (ABNT, 1984); <sup>4</sup> NBR 7511 (ABNT, 2005); <sup>5</sup> Standards da AWWA (2010), para ataques menos (24,0 kg I.A/m<sup>3</sup>) e mais severos (40,0 kg I.A/m<sup>3</sup>) de *Limnoria* sp.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado foi selecionado no pátio da empresa *Santos & Dias Florestal*, localizada na cidade de Martinho Campos no Estado de Minas Gerais. Foram selecionados 72 moirões, com diâmetro entre 8 e 10 cm, comprimento de 2,20 m, oriundos de árvores de 6 anos, referentes à espécie *Eucalyptus cloeziana* e ao híbrido *E. camaldulensis* x *E. urophylla*. Com o objetivo de obter heterogeneidade de umidade dos moirões, esses foram selecionados aleatoriamente de pilhas de estocagem com distinto tempo de estocagem no pátio. As madeiras estocadas até 20 dias no pátio correspondem ao curto tempo de estocagem. Já entre 20 dias e um ano no pátio correspondem ao tempo de estocagem intermediário. As madeiras com tempo superior a um ano no pátio correspondem ao longo tempo de estocagem. É importante salientar que os moirões com mais de um ano no pátio encontravam-se aptos ao tratamento preservativo, livre de deterioração por agentes bióticos, devido às condições ambientais do pátio de estocagem, com temperatura elevada e baixa umidade relativa do ar. Foram selecionados 12 moirões para cada tempo de estocagem e para cada material genético.

Para avaliar a influência da umidade da madeira e da concentração de ingrediente ativo na qualidade do tratamento, os moirões foram subdivididos em 3 concentrações de tratamento: 1,2%; 1,4%; 1,6% de ingrediente ativo. Conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 1 - Número de moirões de cada tempo de estocagem que foram tratados em cada concentração

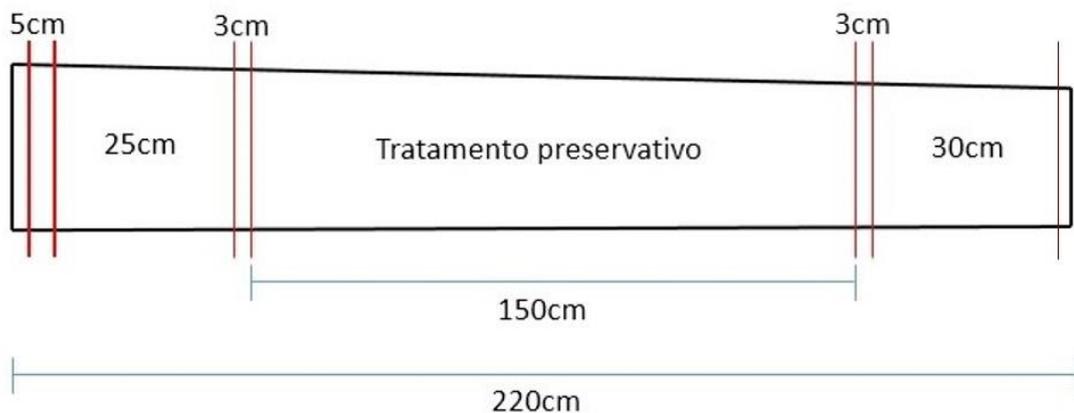
Material Genético	Concentrações (%)	Número de moirões tratados por tempo de estocagem no pátio			Total
		Curto	Intermediário	Longo	
Híbrido	1,2	5	2	5	12
	1,4	4	4	4	12
	1,6	3	6	3	12
<i>E. cloeziana</i>	1,2	3	5	4	12
	1,4	6	2	4	12
	1,6	3	5	4	12
Total		24	24	24	72

Fonte: Do autor (2017).

### 3.1 Processamento dos moirões pré tratamento preservativo

Na marcenaria da *S&D Florestal*, os moirões foram processados, confeccionando corpos de prova para caracterização dos materiais genéticos. Foram realizadas determinações de volume de alburno, de umidade, de densidade básica e anatomia quantitativa de fibras e de vasos. A Figura 1 representa a amostragem dos moirões e os respectivos discos retirados para caracterização.

Figura 1 - Representação da amostragem realizada para caracterização dos moirões



Fonte: Do autor (2017).

Nas extremidades dos moirões foi descartada uma porção de madeira quando observada presença de rachaduras de topo e impurezas. Posteriormente, foi retirado na extremidade de maior diâmetro um disco de 5 cm de espessura, o qual foi utilizado para determinação da densidade básica, anatomia quantitativa e volume de alburno. A 30 cm das extremidades de cada moirão foram retirados mais dois discos, com 3 cm de espessura, para determinação da umidade média dos moirões. Após esse processamento, o comprimento dos moirões era de aproximadamente 150 cm, que foram utilizados no tratamento preservativo e análises da qualidade do tratamento.

### **3.2 Tratamento preservativo**

Imediatamente após o processamento para retirada dos discos de caracterização do material, os moirões foram submetidos ao tratamento preservativo, na própria *S&D Florestal*, para que a umidade amostrada não fosse alterada.

O tempo de pressão e a pressão de injeção do produto foram constantes em todas as bateladas. O procedimento de preservação é descrito a seguir:

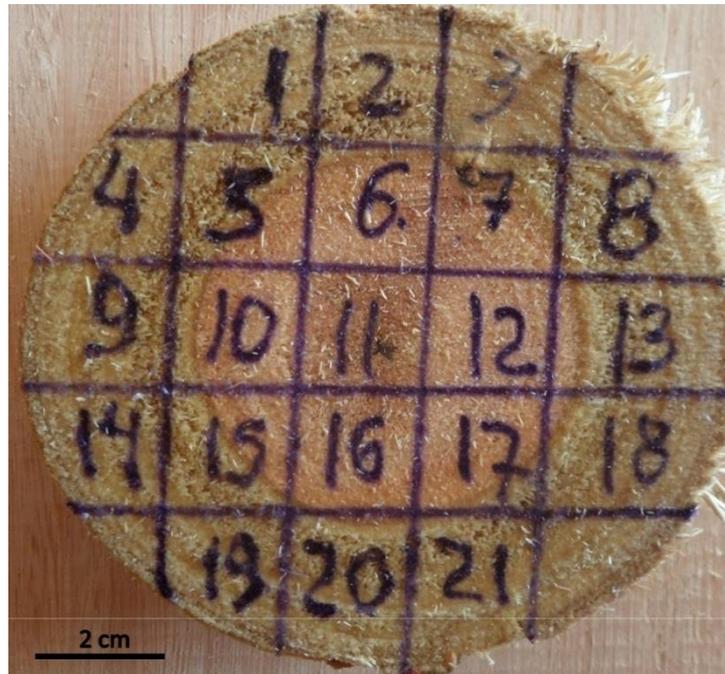
- a) Carregamento da autoclave;
- b) Vácuo inicial de 515 mmHg durante 50 minutos;
- c) Injeção do preservativo sob pressão de 12 kgf durante 45 minutos;
- d) Vácuo final de 200 mmHg durante 10 minutos;
- e) Descarregamento da autoclave e armazenamento dos moirões em local coberto.

O produto preservativo utilizado foi o TMB, composto de cobre, cromo e arsênio do tipo C, fornecido pela empresa *Koppers Performance Chemicals Brasil Comércio de Preservantes Ltda.*

### **3.3 Determinação da umidade média dos moirões**

Imediatamente após o corte dos discos de 3 cm de espessura, esses foram seccionados em corpos de prova com aproximadamente 1,5 x 1,5 x 3 cm, os quais foram identificados (FIGURA 2) e imediatamente pesados para obtenção da massa úmida. A umidade de cada corpo de prova foi determinada conforme a norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Por meio da média aritmética das umidades de cada corpo de prova foi possível determinar a umidade média geral de cada moirão estudado. A média aritmética dos corpos de prova inseridos no cerne, distinguível a olho nu, informou a umidade média do cerne de cada moirão.

Figura 2 – Esquema da retirada de corpos de prova para determinação da umidade média dos moirões antes do tratamento



Fonte: Do autor (2017).

### 3.4 Percentual de alburno e volume tratável dos moirões

Os discos retirados da base dos moirões com 5 cm de espessura foram levados ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFLA. Foram fotografados por câmera digital de 16 Megapixels, em mesa estativa. A partir das imagens digitais dos discos, com auxílio do software *ImageJ* foram medidos o diâmetro total e de cerne. A seguir, foi calculada a área de total e de cerne da seção transversal. Pela diferença foi obtida a área de alburno, que multiplicada pelo comprimento médio dos moirões (150 cm) gerou o volume tratável ou de alburno.

### 3.5 Anatomia quantitativa

Para determinação do diâmetro e frequência dos vasos foram selecionados aleatoriamente 3 discos de cada material genético, com 5 cm de espessura, que foram seccionados em quatro cunhas. Uma das cunhas de cada disco foi aleatoriamente selecionada para obtenção dos corpos de prova. Apenas material do alburno foi utilizado.

Após a completa saturação dos corpos de prova, com auxílio do micrótomo foram realizados os cortes histológicos para confecção das lâminas, com aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  de

espessura. Para as medições do diâmetro e frequência de vasos por milímetros quadrados foi utilizado microscópio óptico Ken-A Vision modelo *TT-1010*, com aumento de 4 a 100x, associado à câmera digital e o software de análise de imagem Wincell-Pro. Foram medidos os diâmetros de 150 vasos por material genético. Para frequência de vasos fez-se a contagem em 120 repetições para cada material genético.

Para o preparo do macerado utilizou-se os corpos de prova das mesmas cunhas utilizadas nos cortes histológicos. Com auxílio de estilete foram retirados fragmentos de madeira desses corpos de prova para preparo do macerado. As seis amostras foram submetidas à tratamento com solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético, na proporção de 1:1 (v/v), deixadas por doze horas em estufa à 60°C. Após a completa maceração, foram avaliadas quarenta fibras individualmente de cada amostra, totalizando 120 medições para cada material genético. Para essas medições foi utilizado microscópio de mesa giratória da marca *Olympus*, modelo *BX51TF* e software *Image-Pro Plus 5.1* para aquisição de imagens. Foram medidas as larguras da fibra e do lume e calculou-se a espessura da parede celular.

### **3.6 Determinação da densidade básica**

A densidade básica foi determinada para cada moirão, a partir de cunhas opostas às cunhas para as medições anatômicas. A determinação da densidade foi realizada utilizando o método de imersão em água, conforme NBR 11941 (ABNT, 2003).

### **3.7 Ensaio de penetração do CCA-C**

Os moirões tratados foram usinados para retirada de um disco com aproximadamente 5 cm de espessura na metade do comprimento. O ensaio de penetração do CCA-C foi realizado por meio de reação colorimétrica utilizando o corante Cromoazurol S, conforme NBR 6232 (ABNT, 2013). A seção transversal de cada disco foi fotografada antes e depois do ensaio. A avaliação foi feita por três avaliadores, com auxílio das imagens fotografadas dos discos antes e após a aplicação do corante. Cada avaliador, separadamente, classificou os moirões nas classes propostas por Montana Química (2008). Foi feita uma adaptação a essa metodologia que se trata da inclusão de mais uma classe, referente a penetração nula, em que toda a seção transversal apresentou-se com coloração rosa, indicando ausência de cobre naquela região específica.

Posteriormente a classificação isolada, buscou-se o consenso dos três avaliadores para a classificação final. Quando não esse consenso não foi observado, realizou-se nova discussão para que houvesse concordância de pelo menos dois avaliadores, sendo essa considerada a classificação final.

### **3.8 Ensaio de retenção do CCA-C**

A determinação da retenção de produto na madeira foi realizada para todos os moirões, apenas na região do alburno. Para isso, com auxílio de broca extratora acoplada à furadeira foram retiradas 3 baguetas, sendo uma no centro e duas à, no mínimo 20 cm, das extremidades do seu comprimento.

As baguetas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e levadas ao Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira (DCF/UFLA) para determinação da densidade anidra. Elas foram secas em estufa à  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ , por 8 horas e após esta fase mediu-se o diâmetro e o comprimento com paquímetro digital (0,01 mm). Posteriormente foram pesadas em balança de 0,0001 g. Com esses dados, calculou-se a densidade e por meio da média aritmética das densidades das 3 baguetas foi obtida a densidade anidra de cada moirão.

Após a determinação da densidade, as baguetas foram moídas em moinho de martelo modelo *MA 090CF* e posteriormente processadas em moinho de facas modelo *MA 048*. Depois o material foi peneirado e coletou-se a granulometria entre 40 e 60 mesh para análise da retenção. A serragem foi colocada em estufa ( $T = 103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), por 60 minutos para garantir umidade de 0%. A seguir, o material foi acondicionado em cubetas plásticas próprias e procedeu a leitura de absorvância no equipamento *Oxford LAB-X 2500* obtendo-se o valor da retenção.

### **3.9 Delineamento experimental e análise estatística**

A coleta de dados do experimento foi realizada conforme Delineamento Inteiramente Casualizado, disposto em arranjo fatorial. Com dois fatores: a concentração de ingrediente ativo (I.A) da solução preservativa e o tempo de estocagem dos moirões no pátio (umidade da madeira) e cada um desses fatores com 3 níveis. Para análise estatística das características da madeira foi realizada análise de variância e quando essa se mostrou significativa foi realizado o teste de Tukey, a 5% de significância.

Confrontando as médias de retenção de cada tempo de estocagem para cada concentração foi realizado teste de Scott Knott, a 5% de significância, para nove tratamentos (três concentrações e três tempos de estocagem).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização dos materiais genéticos

#### 4.1.1 Umidade média geral

Analisando todos os corpos de prova de determinação da umidade, para todos os moirões amostrados, observou-se grande amplitude de variação, com valores de 6,4 até 140,2% de umidade. A amostragem realizada foi considerada satisfatória com base na análise dos coeficientes de variação, uma vez que para verificar a influência da umidade da madeira na qualidade do tratamento preservativo industrial era necessário ter heterogeneidade desses dados. O coeficiente de variação da umidade dos moirões foi de 48,52%, para os genótipos estudados. De forma isolada, para o *E. cloeziana* e para o híbrido foram de 35,57% e 48,3%, respectivamente (TABELA 3).

Observou a discrepância entre os valores médios da umidade dos moirões do curto tempo de estocagem. O *E. cloeziana* apresentou média de umidade de 37,31% e o híbrido de 60,6% (TABELA 3). Esse fato pode ter ocorrido pela diferença existente no tempo de estocagem dos diferente materiais genéticos no campo, que é controlado pela Empresa.

Tabela 3 - Médias de umidade e coeficientes de variação das umidades obtidas com a divisão dos moirões por tempo de estocagem

Material genético	Tempo de estocagem			CV (%)
	Longo	Intermediário	Curto	
	Umidade média (%)			
<i>E. cloeziana</i>	15,72 (13%-18%)	27,97 (18%-35%)	37,31 (>35%)	35,57
Híbrido	17,60 (13%-24%)	38,57 (25%-49%)	60,60 (>50%)	48,30
Média geral	16,66	33,27	48,96	48,52

Valores entre parêntesis referem-se aos limites inferior e superior das umidades para os tempos de estocagem.

Fonte: Do autor (2017).

Segundo NBR 9480 (ABNT, 1986) e Montana Química (2008) o tratamento preservativo não deve ser realizado em madeiras com umidades superiores a 35%, portanto para *E. cloeziana* apenas os moirões selecionados com curto tempo de estocagem não estavam aptos ao tratamento. Para o híbrido apenas os moirões com longo tempo de estocagem apresentaram essa aptidão. Esta é uma forma de otimizar o tratamento da madeira evitando obstrução da passagem de preservativo nos vasos pela presença de água.

Por estarem a mais de um ano no pátio de estocagem da empresa, esperava-se que a umidade desses moirões estivesse em equilíbrio higroscópico com o ambiente. Corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, Vivian et al. (2012) apresentaram umidades de equilíbrio de 13,5 e de 15,3%, respectivamente, para tábuas de *E. grandis* e *E. cloeziana* com 2,2 × 9,0 × 200,0 cm após secagem ao ar livre.

#### 4.1.2 Umidade média de cerne e alburno

De acordo com a Tabela 4, nos 3 tempos de estocagem, a umidade do cerne foi superior à do alburno estatisticamente. Nos moirões com tempo de estocagem intermediário, as 3 médias de umidade apresentadas foram diferentes entre si e para os moirões de tempo de estocagem curto a umidade de alburno não diferiu estatisticamente da geral. Já para os moirões com tempo de estocagem longo, as umidades de cerne e de alburno diferiram somente entre si, sendo estatisticamente iguais à geral. Observa-se a tendência de homogeneização da umidade interna da madeira exposta ao ambiente com o passar do tempo. O resumo da análise de variância das umidades geral, do alburno e do cerne está apresentada no Apêndice 1A.

Tabela 4 - Comparação de umidades entre posições radiais, por tempo de estocagem, para o híbrido

Umidade (%)	Tempo de estocagem		
	Longo	Intermediário	Curto
Geral	17,60 ab	38,57 a	60,60 a
Alburno	15,93 b	28,36 b	53,99 a
Cerne	21,37 a	62,01 c	75,85 b

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2017).

O cálculo da umidade de albarno para *E. cloeziana* não foi realizado pelo fato desse material não ter apresentado distinção visual do cerne.

Os dados de Amaral et al. (2014) corroboram com os resultados apresentados na Tabela 4, esses autores observaram, para *Eucalyptus* com mesma idade, umidade de cerne estatisticamente superior a de albarno para todos os moirões avaliados.

#### 4.1.3 Densidade básica

A Tabela 5 apresenta os resultados de densidade básica obtidos para os materiais genótipos amostrados. O *E. cloeziana* apresentou densidade média de  $0,642 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  e com valores mínimo e máximo, respectivamente, de  $0,500$  a  $0,716 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Para o híbrido a densidade básica média obtida foi de  $0,522 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , valor estatisticamente inferior ao do *E. cloeziana*. O resumo da análise de variância da densidade básica para os diferentes materiais genéticos encontra-se apresentado no Apêndice 2A.

Tabela 5 - Estatística descritiva referente a densidade básica dos moirões antes do tratamento preservativo

Material Genético	Densidade básica ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )			
	Mínimo	Máximo	Média	CV%
<i>E. cloeziana</i>	0,500	0,716	0,642*	7,17
Híbrido	0,444	0,638	0,522	8,55

\* = Existe diferença significativa entre as médias na coluna, pela ANAVA, a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2017).

O resultado obtido para o *E. cloeziana* está de acordo com o encontrado por Brito (2013), que observou densidade básica média de  $0,660 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  para esse material. Já Sousa Júnior (2004) avaliou esse genótipo oriundo de Turmalina-MG e de Paraopeba-MG e obteve valores de  $0,742$  e  $0,737 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , respectivamente. Trugilho (2009) também avaliou esse genótipo oriundo de localidades distintas e obteve densidades básicas de  $0,610$  e  $0,575 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Com relação ao híbrido, Quinhones (2011) apresentou resultado de  $0,560 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . No mesmo sentido, Rezende et al. (2009) apresentaram valor de densidade básica de  $0,527 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  para o mesmo híbrido.

#### 4.1.4 Dimensões das fibras

Os valores médios encontrados para espessura da parede celular das fibras foram de 3,2  $\mu\text{m}$  e 4,2  $\mu\text{m}$  para o híbrido e *E. cloeziana*, respectivamente. Na observação geral dos dados, a espessura da parede foi aquela que apresentou o maior coeficiente de variação, seguido pelo diâmetro do lume (TABELA 6). As fibras são os elementos anatômicos mais abundantes no lenho das árvores e os constituintes químicos de suas paredes celulares são o substrato final para os ingredientes ativos dos produto preservativo. Portanto, o estudo quantitativo das fibras é fundamental para avaliações referentes ao tratamento preservativo.

Tabela 6 - Estatística descritiva dos parâmetros medidos das fibras

Estatística descritiva	Híbrido			<i>E. cloeziana</i>		
	Largura da fibra	Diâmetro do lume	Espessura da parede	Largura da fibra	Diâmetro do lume	Espessura da parede
Média ( $\mu\text{m}$ )	13,8	7,4	3,2	15,4	7,1	4,2
Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	7,0	2,8	1,4	7,5	1,8	2,1
Máximo ( $\mu\text{m}$ )	23,5	17,6	8,0	33,2	14,4	11,1
CV (%)	22	33,3	35,9	24,3	29,8	33,3

Fonte: Do autor (2017).

Amaral (2012) apresentou para *E. urophylla* com 9 anos e diâmetro aproximado de 9 cm, valores de largura da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede de 18,14  $\mu\text{m}$ , 8,86  $\mu\text{m}$  e 4,60  $\mu\text{m}$ . Evangelista et al. (2010) também estudaram *E. urophylla* porém com 8 anos e apresentou valor de largura da fibra de 19,3  $\mu\text{m}$ . Esse mesmo autor apresentou para diâmetro do lume e espessura da parede valores de 8,8  $\mu\text{m}$  e 5,3  $\mu\text{m}$ . Sousa Júnior (2004) estudou peças de *E. cloeziana* de 30 cm de diâmetro e apresentou para largura das fibras, diâmetro do lume e espessura da parede valores de 21,6  $\mu\text{m}$ , 9,1  $\mu\text{m}$  e 6,3  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Os valores apresentados acima são superiores aos observados na Tabela 6. Pelo fato dos autores supracitados terem trabalhado com madeiras de idades superiores, essa discrepância pode ser explicada pela relação existente entre as dimensões das fibras e a maturação do câmbio que se dá com o avanço da idade das árvores (PANSIN; DE ZEEUW, 1980).

#### 4.1.5 Diâmetro e frequência de vasos

Os vasos são a principal via de penetração de substâncias preservativas na madeira (PANSWIN; DE ZEEUW, 1980; REDMAN et al., 2016), portanto o conhecimento específico de suas dimensões para os genótipos utilizados nos tratamentos preservativos industriais é fundamental. Os valores de diâmetro e frequência de vasos dos genótipos estudados são apresentados na Tabela 7. Com relação ao diâmetro de vasos para o híbrido e *E. cloeziana* respectivamente, foram de 119,6  $\mu\text{m}$  e 115,92  $\mu\text{m}$ . Para quantidade de vasos em um milímetro quadrado para o híbrido e *E. cloeziana* os valores médios encontrados foram de 30,8 e 27,9, respectivamente.

Tabela 7 - Estatística descritiva para diâmetro e frequência de vasos

Estatística descritiva	Híbrido		<i>E. cloeziana</i>	
	Diâmetro de vasos ( $\mu\text{m}$ )	Frequência de vasos por $\text{mm}^2$	Diâmetro de vasos ( $\mu\text{m}$ )	Frequência de vasos por $\text{mm}^2$
Média	119,6	30,8	115,9	27,9
Mínimo	41,7	22,0	43,0	15,0
Máximo	177,3	42,0	190,7	49,0
CV (%)	23,2	14,5	26,6	21,6

Fonte: Do autor (2017).

Os valores apresentados de diâmetro de vasos de ambos os genótipos foram superiores aos obtidos por Amaral (2012) ao avaliar a madeira de *E. urophylla*, o valor apresentado por esse autor foi de 109,23  $\mu\text{m}$ . Florsheim et al. (2009) e Sousa Júnior (2004) também avaliaram a madeira de *Eucalyptus* sp. e apresentaram diâmetros inferiores para os vasos, 103,60  $\mu\text{m}$  e 105,84  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Com relação à frequência de vasos, Evangelista (2011), Amaral (2012) e Sousa Júnior (2004) estudaram a madeira de *Eucalyptus* sp. e apresentaram valores referentes a essa característica 56%, 38% e 49% menores que os apresentados na Tabela 7. Segundo Alfonso (1987) o gênero *Eucalyptus* apresenta dimensões e abundância dos vasos afetados pelo ambiente devido a capacidade adaptativa das árvores, característica denominada de plasticidade. Portanto, neste trabalho, as variações ambientais podem ter sido responsáveis pelas diferenças observadas na frequência de vasos.

#### 4.1.6 Percentual e volume de alburno

O conhecimento da relação cerne-alburno ou volume de alburno da madeira a ser tratada é fundamental para as usinas de tratamento de madeira, pois espera-se que a impregnação com produto preservativo ocorra apenas no alburno. No presente trabalho os valores médios de volume e percentual de alburno dos moirões tratados do híbrido foram de 7,04 dm<sup>3</sup> e 83,6%, respectivamente. A estatística descritiva é apresentada na Tabela 8.

Essa análise também não foi realizada para *E. cloeziana*, pelo fato desse genótipo não apresentar distinção visual do cerne.

Tabela 8 - Estatística descritiva do volume e percentual de alburno nos moirões do híbrido

Estatística descritiva	Volume de alburno (dm <sup>3</sup> )	Percentual de alburno (%)
Média	7,04	83,6
Mínimo	4,16	51,4
Máximo	10,11	100
CV (%)	23,36	17,48

Fonte: Do autor (2017).

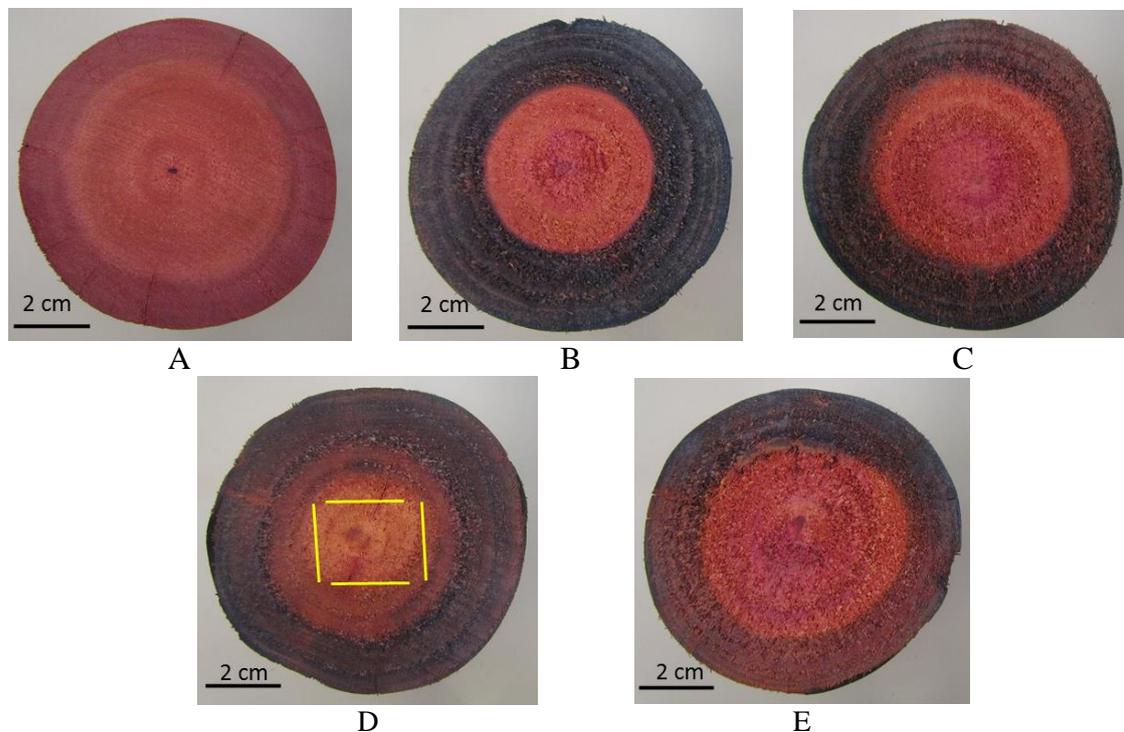
Por tratar-se de material clonal, era esperado para o híbrido coeficiente de variação baixo, ou seja, maior homogeneidade da quantidade de alburno entre os moirões. Ainda assim, observou-se coeficiente de variação de 23,4% e 17,5% para volume e percentual de alburno, respectivamente. Essas variações podem ser explicadas pelas diferentes origens dos moirões dentro das árvores das quais foram obtidos e por fatores ambientais, os quais podem influenciar comportamentos distintos quanto à cernificação até em indivíduos de mesmo talhão. Amaral (2012) avaliou moirões de *E. urophylla* de classe de diâmetro de 10 a 12 cm e o valor de percentual de alburno apresentado foi de 81,8%, o que corrobora com o observado na Tabela 8. Esse autor obteve resultado superior de volume de alburno médio (14,98 dm<sup>3</sup>) uma vez que seus moirões possuíam comprimento de 2,20 m.

#### 4.2 Ensaio de penetração de CCA-C

A Figura 3 exemplifica as classes de penetração obtidas por meio da classificação dos moirões estudados. Ausência completa de cobre evidenciada pela colocação rosa em toda seção transversal, penetração nula (FIGURA 3A). Na Figura 3B é apresentada a penetração profunda regular, onde nota-se apenas a região de cerne com coloração rosa e toda região de

alburno apresenta de maneira uniforme a coloração azul, indicando a presença de cobre. A penetração profunda irregular é apresentada na Figura 3C, em que a penetração ocorreu em toda extensão de alburno, porém de maneira desuniforme. Na Figura 3D é apresentada a penetração parcial e regular, em que as linhas amarelas delimitam a região de cerne e não é observada presença de coloração azul em toda área externa às linhas. Portanto, a penetração apesar de apresentar-se uniforme, não foi profunda. Por fim, na Figura 3E observa-se a penetração parcial e irregular, em que não observa-se coloração azul (presença de cobre) em toda extensão de alburno e essa não se apresenta de maneira uniforme.

Figura 3 – Classes de penetração de CCA-C obtidas pelo teste do Cromoazurol S



Fonte: Do autor (2017).

Após a classificação, foi feito o cálculo do percentual de moirões em cada classe de penetração. Referindo-se ao *E. cloeziana*, a maioria dos moirões tratados (41,4%) tiveram a penetração classificada como nula. Já para o híbrido, a classe com o maior número de moirões foi a profunda e regular, com 39,4%, como apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Percentual de moirões de *E. cloeziana* e híbrido (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) por classe de penetração

Material genético	Classes de Penetração				
	Nula	Profunda e regular	Profunda e irregular	Parcial regular	Parcial irregular
<i>E. cloeziana</i>	41,4%	13,9%	11,1%	3,0%	30,6%
VM01	15,2%	39,4%	21,2%	3,0%	21,2%

Fonte: Do autor (2017).

A NBR 9480 (ABNT, 2009) preconiza, que para serem comercializadas, madeiras de *Eucalyptus* devem apresentar penetração de produto preservativo em toda extensão do albarno, além das retenções mínimas específicas para cada produto (moirões, postes, etc.). Segundo a metodologia utilizada, a classe de penetração que satisfaz o pressuposto pela norma é a profunda e regular, em que observa-se coloração azul em toda extensão do albarno de maneira uniforme. Portanto, conforme mostra a Tabela 9, apenas 13,9% e 39,4% dos moirões de *E. cloeziana* e do híbrido, respectivamente, estariam aptos à comercialização, sendo necessário ainda, analisar se as retenções dessas peças também atendem o previsto na norma.

Brito (2013) e Evangelista (2011) avaliaram os genótipos em questão e corroborando com os dados da Tabela 9, apresentaram dificuldade de penetração para *E. cloeziana* e melhores resultados para o híbrido. Amaral (2012) avaliou a penetração em *E. urophylla* e classificou todos os moirões com penetração profunda e regular. A penetração de substâncias preservativas tem relação direta com a porosidade do material, conseqüentemente é influenciada diretamente pela densidade (NICHOLAS; SIAU, 1973). Os valores de densidade básica para *E. cloeziana* reportados pelo presente trabalho e pela literatura são superiores aos dos demais genótipos citados, isso indica menor permeabilidade, portanto pode explicar a maior dificuldade para a penetração do CCA-C.

Vale salientar que a o parâmetro de penetração não se relaciona de maneira isolada com a qualidade do tratamento preservativo. Refere-se à forma como o produto preservativo está distribuído na peça tratada. O parâmetro que indica quantitativamente a performance da impregnação é a retenção e quando essa apresenta-se satisfatória, a penetração pode auxiliar tomadas de decisão no sentido de verificar se a quantidade de produto preservativo retido está distribuída de maneira uniforme nas peças.

### 4.3 Retenção de CCA-C

O menor valor de retenção de CCA-C observado foi de 1,357 kg\*m<sup>-3</sup>, pertencente à concentração 1,4% e ao curto tempo de estocagem do *E. cloeziana*. O maior valor observado foi de 8,356 kg\*m<sup>-3</sup>, referente à concentração 1,6% e ao longo tempo de estocagem no pátio do híbrido. O menor valor observado para o híbrido foi de 3,375 kg\*m<sup>-3</sup>, refere-se à concentração de 1,2% e ao curto tempo de estocagem. 100% dos valores mínimos de retenção de cada concentração, para os dois genótipos, referem-se a moirões do curto tempo de estocagem. Da mesma forma, 100% dos valores máximos de retenção de cada concentração referem-se a moirões do longo tempo de estocagem.

O resumo da análise variância da retenção de CCA-C, para os materiais genéticos testados, em função das concentrações de ingredientes ativos e para os diferentes tempos de estocagem da madeira no pátio, bem como a interação entre esses dois fatores encontram-se na Tabela 10. Observa-se que houve diferença significativa apenas para ingredientes ativos e para tempos de estocagem e o efeito da interação desses não foi significativo, independentemente do material genético.

Tabela 10 - Resumo na análise de variância para a retenção de CCA-C dos genótipos estudados

Fonte de variação	GL	QM	
		Híbrido	<i>E. cloeziana</i>
Concentração de ingrediente ativo (C)	2	12,981*	3,384*
Tempo de estocagem (T)	2	5,873*	4,392*
C x T	4	0,1099 <sup>n.s.</sup>	0,946 <sup>n.s.</sup>
Resíduo	27	0,341	0,907
Total	35		

\* = significativo a 5%; n.s. = não-significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2017).

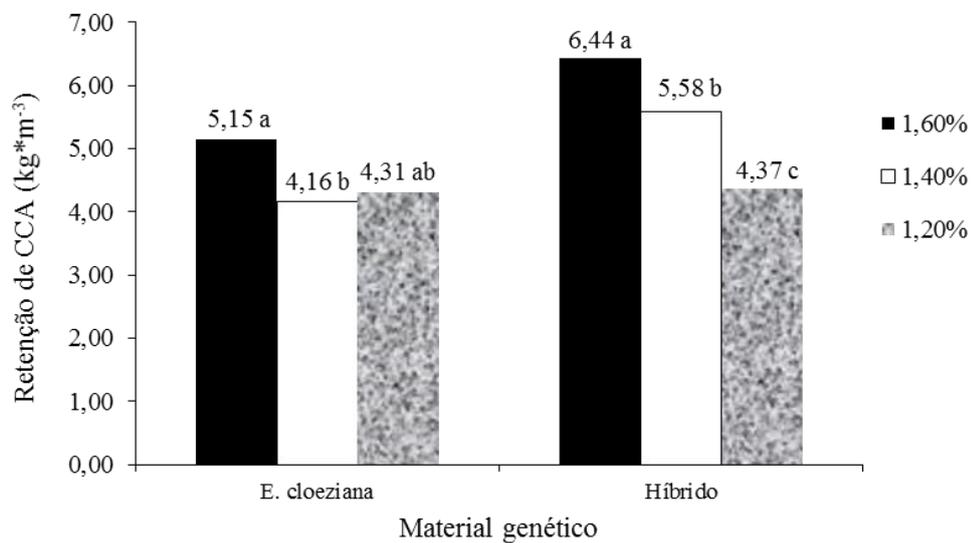
#### 4.3.1 Efeito da concentração de ingrediente ativo na retenção de CCA-C

Observa-se que o aumento da concentração de ingrediente ativo gerou aumento da retenção. Para o híbrido as retenções médias obtidas nas concentrações 1,2; 1,4 e 1,6% foram de 4,37; de 5,58 e de 6,44 kg\*m<sup>-3</sup>, respectivamente. Essas médias apresentaram estatisticamente diferentes, a 5% de significância. No *E. cloeziana* as retenções médias obtidas (4,31; de 4,16 e de 5,15 kg\*m<sup>-3</sup>, respectivamente para 1,2; 1,4 e 1,6%) apresentaram

padrão de variação diferente, em que a concentração 1,2% foi estatisticamente igual a concentração de 1,4% e de 1,6%, mas que essas últimas foram diferentes (FIGURA 4).

Avaliando a retenção com as demais características da madeira medidas, o *E. cloeziana* apresentou maior densidade básica, menor frequência de vasos e menor diâmetro de vasos, ou seja, a fração de espaços vazios desse material é menor ao comparar com o híbrido. Esse fato pode ter comprometido a penetração do produto na madeira, refletindo indiretamente na retenção, sendo responsável pelo menor valor para o *E. cloeziana* e mascarando o efeito da concentração, fazendo com que a concentração de 1,2% fornecesse retenção superior a 1,4.

Figura 4 – Valores médios da retenção de CCA-C por concentração de I.A para cada genótipo



Médias seguidas de, pelo menos uma mesma letra, dentro do mesmo material genético, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2017).

Os moirões nas dimensões apresentadas no presente estudo podem ser utilizados em ambientes que apresentem diferentes condições. Como apresentado na Tabela 1, a utilização pode se dar em ambiente interno, sem contato com intempéries e menor exposição a agentes xilófagos. Ou em ambiente externo, com ou sem contato constante com o solo. Segundo Netto (2010), 60% do volume de madeira tratada no Brasil é destinado ao setor rural, para construções rurais e principalmente para confecção de cercas. Nessa última utilização citada, a madeira tratada fica em ambiente externo e em contato com o solo.

Os valores médios encontrados neste estudo, em todas as concentrações testadas, foram inferiores ao preconizado pela NBR 9480 (ABNT, 2009) para moirões utilizados em contato com o solo, retenção mínima de 6,5 kg de I.A\*m<sup>-3</sup>. Dos 72 moirões avaliados apenas

8 apresentaram retenção satisfatória para este fim, representado 11,1% do total. Desses 8 moirões, apenas 1 é de *E. cloeziana* e apenas 2 não foram tratados na concentração de 1,6%, sendo da concentração 1,4% do híbrido.

Para utilização interna, ou externa sem contato com o solo, todas as médias se mostraram satisfatórias conforme NBR 9480 (ABNT, 2009) que preconiza retenção de 4,0 kg de I.A\*m<sup>-3</sup>. Dentre os 72 moirões avaliados apenas 16 não apresentaram retenção que atenda o pressuposto para essas utilizações de menor exposição aos agentes deterioradores. Todos os dados de retenção deste trabalho estão apresentados no Apêndice B.

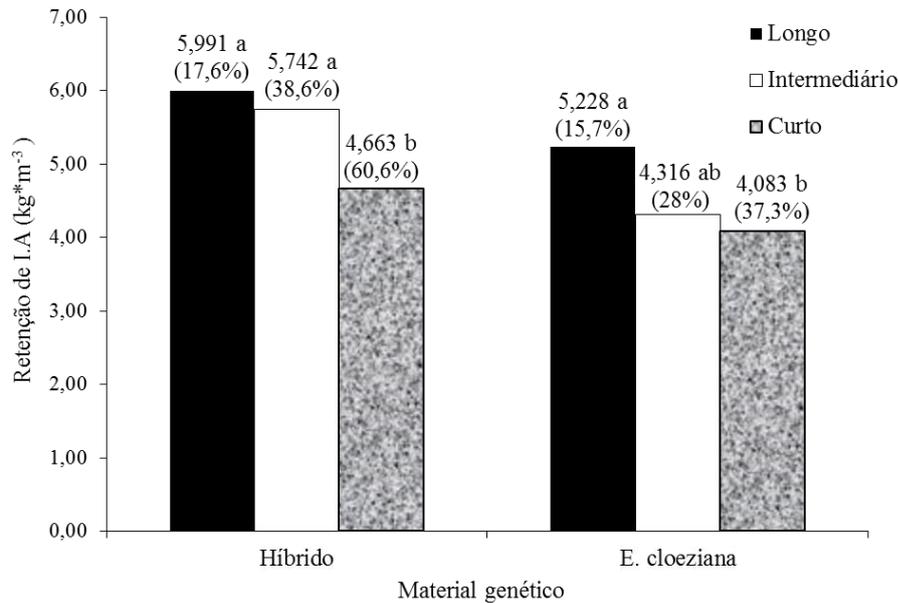
Evangelista (2011) e Amaral et al. (2014) também obtiveram valores abaixo do preconizado pela NBR 9480 (ABNT, 2009) para moirões utilizados em contato com o solo, trabalhando com os mesmo genótipos ou com parentais do híbrido em questão com concentrações de 1,5 e 1,7%, respectivamente. Já Schneid, Gatto e Cademartori (2013) apresentaram resultados satisfatórios de retenção conforme NBR 9480 (ABNT, 2009) para *E. cloeziana*: 7,20; 9,23; 9,10 kg\*m<sup>-3</sup> para os tempos de pressão de 60, 90 e 120 minutos, respectivamente e concentração de 2%. Valle et al. (2013) avaliaram a retenção de CCA em moirões de *E. urophylla* tratados também em concentração de 2% e apresentaram resultados entre 8 e 9 kg de I.A\*m<sup>-3</sup>. Lima (2012) também avaliou retenções de CCA-C em moirões tratados em concentração de 2% e apresentou 7,3; 10,6 e 9,9 kg\*m<sup>-3</sup> para *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, respectivamente.

Outros estudos com esses genótipos devem ser realizados, utilizando as concentrações 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 e 2% com o intuito de avaliar se algum desses valores fariam com que as retenções atendessem a NBR 9480 (ABNT, 2009) para utilização em contato permanente com o solo, visto que essa é, economicamente, a principal destinação da madeira tratada no Brasil.

#### **4.3.2 Efeito da umidade da madeira na retenção de CCA-C**

A Figura 5 apresenta o efeito dos tempos de estocagem no pátio (diferentes umidades da madeira) na retenção de CCA-C. Para ambos os genótipos, os moirões com longo tempo de estocagem apresentaram médias de retenção de CCA-C estatisticamente superiores aos moirões com curto tempo de estocagem, evidenciando o efeito da umidade da madeira na retenção de CCA-C.

Figura 5 – Valores médios da retenção de CCA-C por tempo de estocagem no pátio para cada genótipo.



Médias, para o mesmo genótipo, seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Valores entre parêntesis referem-se as médias de umidade dos moirões dos respectivos tempos de estocagem.

Fonte: Do autor (2017).

Pela análise da Figura 5, observa-se a importância do controle da umidade da madeira, por meio do tempo de estocagem, no tratamento preservativo industrial. Para o híbrido, o tratamento de moirões com umidades médias de 17,6% e 38,57% apresentaram melhor performance que moirões com umidade média de 60,6%. Semelhantemente, para moirões de *E. cloeziana* a menor umidade média (15,7%) apresentou melhor performance que moirões de 37,3% de umidade.

Os dados apresentados por Amaral et al. (2014) corroboram com os apresentados na Figura 5, de modo que a maior retenção de CCA-C (6,41 kg\*m<sup>-3</sup>) apresentada foi para a menor umidade testada (19,24%) e que as retenções para as demais umidades (25,53; 33,87 e 40,45%) foi a mesma (5,70 kg\*m<sup>-3</sup>). No mesmo sentido Evangelista (2011) observou valores de retenção de CCA-C abaixo do preconizado pela NBR 9480 (ABNT, 2009) para moirões utilizados em contato com o solo, com o tratamento de moirões com umidades elevadas, 99,61% e 127,53% para *E. cloeziana* e *E. urophylla*, respectivamente.

### 4.3.3 Efeito conjunto da concentração e da umidade da madeira na retenção de CCA-C

Os valores mais baixos de retenção de CCA-C obtidos na concentração de 1,2% para o híbrido e *E. cloeziana*, respectivamente, foram 3,375 e 3,316 kg\*m<sup>-3</sup>, ambos pertencentes ao curto tempo de estocagem. Para o híbrido, o menor valor de retenção obtido foi na concentração de 1,2%. Já para *E. cloeziana*, o menor valor foi observado na concentração de 1,4% (1,357 kg\*m<sup>-3</sup>). Ainda sobre o *E. cloeziana*, apenas um moirão apresentou retenção satisfatória para utilização externa em contato com o solo conforme NBR 9480 (ABNT, 2009), a umidade desse moirão foi de 16%. Seis moirões do híbrido atingiram o mínimo estabelecido e as umidades desses moirões foram de 16,7; 17,6; 42,1; 37,5; 15,2 e 22,9%. Duas umidades foram encontradas no tempo de estocagem intermediário e as demais no longo tempo de estocagem.

O resumo da análise de variância entre as médias de retenção de CCA-C dos três tempos de estocagem (T) nas três concentrações (C) testadas é apresentada na Tabela 11. Observa-se que para ambos os genótipos, o efeito conjunto do tempo de estocagem (umidade da madeira) e da concentração de ingrediente ativo na solução preservativa foi significativo.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para retenção de CCA-C dos diferentes tempos de estocagem, por concentração de ingrediente ativo

Fonte de variação	GL	QM	
		Híbrido	<i>E. cloeziana</i>
C x T	8	4.658664*	2.417178*
Resíduo	27	0.340768	0.906781
Total	35		

\* = significativo a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2017).

A análise da Tabela 12 evidencia o efeito tanto da umidade da madeira, representada nesse caso pelo tempo de estocagem dos moirões no pátio, quanto da concentração de I.A. De modo que as maiores médias de retenção foram observadas no longo tempo de estocagem e na concentração de 1,6%, para ambos os genótipos.

Tabela 12 – Valores médios de retenção de CCA-C dos tempos de estocagem, nas 3 concentrações de I.A testadas

Concentração de I.A (%)	Tempo de estocagem	Retenção de CCA-C (kg*m <sup>-3</sup> )	
		Híbrido	<i>E. cloeziana</i>
1,2	Longo	4,81 c	5,18 a
	Intermediário	4,92 c	4,00 b
	Curto	3,71 d	4,05 b
1,4	Longo	6,50 b	4,86 a
	Intermediário	5,50 c	3,18 b
	Curto	5,00 c	3,61 b
1,6	Longo	7,32 a	6,01 a
	Intermediário	6,32 b	5,08 a
	Curto	5,80 b	4,63 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Scott Knott, a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2017).

Observa-se que para o híbrido as médias do longo tempo de estocagem nas concentrações 1,4% e 1,6% satisfizeram a NBR 9480 (ABNT, 2009), tanto para utilização dos moirões em ambiente interno, quanto externo em contato com o solo. Destaca-se o tratamento com a concentração 1,6% que diferiu estatisticamente das demais concentrações. Portanto, para o híbrido deve-se realizar o tratamento preservativo de moirões utilizando as concentrações de 1,4% ou de 1,6%, sob a pressão de 12,5 kgf/cm<sup>2</sup> por 50 minutos e com umidade geral dos moirões entre 13% e 24%, que representam os limites inferior e superior do tempo de estocagem longo. Do ponto de vista econômico, a concentração de 1,4% se apresenta mais viável. Considerando a utilização dos moirões em ambiente interno, ou externo sem contato com o solo, para o híbrido, apenas os moirões tratados com concentração de 1,2%, do tempo de estocagem curto não apresentaram retenção satisfatória.

É importante salientar que os resultados apresentados referem-se a influência da umidade geral dos moirões, ou seja, considerando tanto a umidade de alburno (superficial) quanto a de cerne (interna). Medidores elétricos de resistência são muito utilizados, atingem apenas o alburno, dessa forma, a umidade fornecida refere-se a umidade superficial das peças, que entra rapidamente em equilíbrio com o ambiente, logo difere-se da umidade geral. Portanto, dada a importância da umidade geral reportada, outros estudos devem ser realizados no sentido de desenvolver metodologias operacionalmente viáveis para determinação da umidade geral de peças de madeira nos pátios das usinas de tratamento.

Para *E. cloeziana*, as 3 médias de retenção da concentração 1,6% e as médias do longo tempo de estocagem nas concentrações 1,2% e 1,4% foram superiores as demais e não

diferiram entre si. Para esse genótipo, o controle de umidade realizado e as concentrações testadas não foram suficientes para que nenhuma média atingisse a retenção mínima exigida pela NBR 9480 (ABNT, 2009), para a utilização em contato com o solo. Portanto ao se manter o tempo e intensidade de pressão utilizados (12,5 kgf/cm<sup>2</sup> por 50 minutos), o aumento da concentração pode convergir em retenções satisfatórias. Com tudo, fica evidente a importância de se controlar a umidade da madeira, uma vez que os valores obtidos para os moirões com umidade entre 13% e 18% (limites inferior e superior do longo tempo de estocagem) foram estatisticamente superiores aos demais, apesar de não satisfazerem o mínimo exigido. Para a utilização em ambiente interno, ou externo sem contato com solo, apenas os moirões da concentração de 1,4%, dos tempos de estocagem intermediário e curto não atenderam ao especificado pela norma.

Os resultados obtidos mostraram que existem peculiaridades entre os materiais genéticos, que convergiram em diferentes valores de retenção de CCA-C. O *E. cloeziana* apresentou maior dificuldade na penetração e retenção, sendo que as condições utilizadas nos tratamentos preservativos deste trabalho foram insuficientes para atender o mínimo exigido para a utilização como moirões em ambiente externo e em contato com solo, atividade de maior importância econômica. Já para o híbrido, a pressão e o tempo utilizados, além da umidade entre 13 e 24% e as concentrações de 1,4 e 1,6% foram suficientes. Portanto, do ponto de vista empresarial, não é ideal realizar o tratamento sem o controle de genótipo, misturando na mesma batelada os dois materiais genéticos. Bateladas específicas, com adequadas condições de tratamento preservativo para cada genótipo convergiriam em economia de produto preservativo. A viabilidade desse controle torna-se efetiva principalmente em empresas que possuem mais de uma autoclave, visto que o ajuste da concentração poderia ser mantido específico para cada genótipo em diferentes autoclaves. Para os dois genótipos avaliados, caso o tratamento fosse realizado sem a separação e utilizando as condições ideais para o híbrido, os moirões de *E. cloeziana* não estariam aptos para comercialização, uma vez que apresentariam baixos valores de retenção. Se fossem utilizadas as condições ideais para o *E. cloeziana*, todos os moirões estariam aptos para comercialização. Contudo os moirões do híbrido apresentariam valores bem superiores aos estabelecidos pela norma, o que configuraria em desperdício de preservativo.

## 5 CONCLUSÕES

- A retenção de CCA-C em moirões de 8 a 10 cm de diâmetro para o híbrido (*E. camaldulensis* x *E. urophylla*) e *E. cloeziana* foi influenciada diretamente pela concentração de ingrediente ativo na solução preservativa. Para o híbrido, as concentrações de 1,4 e 1,6% forneceram retenções satisfatórias conforme a NBR 9480 (ABNT, 2009), com o controle da umidade geral. Já para *E. cloeziana*, as condições do tratamento preservativo utilizadas forneceram retenções satisfatórias apenas para utilização dos moirões em ambiente interno, ou externo sem contato com o solo.
- A umidade geral da madeira também influenciou diretamente a retenção de CCA-C. Para o híbrido, o intervalo de umidade entre 13 e 24% possibilitou retenções satisfatórias de CCA-C para as concentrações de 1,4 e 1,6%. Para *E. cloeziana* o intervalo entre 13 e 18% de umidade possibilitou as melhores retenções.

## REFERÊNCIAS

- ALFONSO, V. A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Hérit, cultivadas no Brasil**. 1987. 189 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- AMARAL, L. S. **Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros**. 2012. 81 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.
- AMARAL, L. S. et al. Influência do diâmetro e umidade no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**. Viçosa, MG. v. 38. n. 5. set./out. 2014.
- AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. **2007 AWP book of standards**. Birmingham, Alabama, AWP, 2007. 491 p.
- APPEL, J. S. L. et al. Aspectos toxicológicos do preservativo de madeira CCA (arseniato de cobre cromatado): revisão. **Revista Brasileira de Toxicologia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 33-47, 2006.
- 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: 1997. 107 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.
- BOTELHO, G. M. L. et al. Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de eucaliptos plantadas no Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 115-121, jan./mar.2000.
- BRITO, A. F. **Avaliação da qualidade de mourões de várias espécies de *Eucalyptus* spp. tratados pelo método de substituição de seiva**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, SP, 2013.
- CARVALHO, W. et al. Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Rev. Química Nova**. Lorena, SP. v. 32, n. 8, p. 2191-2195, set. 2009.
- CHIMELO, J. P. **Development of a probability-based computerized characterization system for identification and for property prediction of selected tropical hardwoods**. 1980. 206 f. Tese (Doutorado) – Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 1980.

EVANGELISTA, W. V. et al. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 273-284, jun. 2010a.

EVANGELISTA, W. V. **Penetração e retenção de arseniato de cobre cromatado em madeira de eucalipto**. 2011. 105 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2011.

FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 79-91, jun. 2009.

GALVÃO, A. P. M.; BARBIN, D.; CARVALHO, C. M. 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.

GÉRARD, J. et al. Qualité du bois chez les eucalyptus de plantation – Etude de variation de trois propriétés de référence. **Bois et Forêts des Tropiques**, Montpellier, n. 245, p. 101-111, 1995.

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

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 221-332, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 2012. **Banco de dados produtos preservativos de madeiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicasqa/produtos-preservativos-de-madeiras>>. Acesso em: 30 abril 2016.

JANKOWSKY, I. P.; BARILLARI, C. T.; FREITAS, V. P. A preservação de madeiras no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 67, p. 49-50, 2002.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

LEPAGE, E. S. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p. 523-540; b p. 279-342.

LIMA, F. C. C. **Avaliação de nove espécies de *Eucalyptus* spp. em tratamento preservativo industrial**. 2012. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP. Botucatu, SP. 2012.

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

MONTANA QUÍMICA S. A. (1991). **Biodeterioração e preservação de madeiras**. São Paulo, Montana Química S. A.

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: 03/05/2016.

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

NICHOLAS, D. D.; SIAU, J. F. **Factors influencing the treatability of wood**. In: NICHOLAS, D. D. Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Syracuse: Syracuse University Press, 1973. 2v., cap. 4, p. 299-343.

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

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

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

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

PAVLAK, R. L. et al. Retorno econômico de usina de tratamento de eucalipto sob vácuo e pressão. **Rev. Campo Digital**. Campo Mourão, PR, v. 8, n. 1, p. 9, ago. 2013. Disponível em: <http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital>. Acesso em: 21/07/2016.

QUINHONES, R. **Relações entre as características da madeira e carvão de Eucalyptus sp. produzido a diferentes temperaturas finais de carbonização**. 2011. 78 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

REDMAN, A. L. et al. Characterisation of wood–water relationships and transverse anatomy and their relationship to drying degrade. **Wood Science of Technology**. Berlin. v. 50. p. 739-757, set. 2016.

REZENDE, R. N. Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG. **Cerne**, Lavras, MG, v. 16, Suplemento, p. 41-47, jul.2010.

RICHARDSON, B. A. **Wood preservation**. London: The Construction, 1978.

ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de Eucalyptus resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional**. 2006. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

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

RUDMAN, P. Studies in Wood Preservation, part I: The Penetration of Liquids into Eucalypt Sapwoods. **Holzforschung**, Berlin, v. 19, n. 1, p. 5-13, 1965.

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

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 Florestalis**. Piracicaba. v. 41, n. 100, p. 541-547, dez. 2013.

SETTE JÚNIOR, C. R. et al. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.36, n.6, p.1183-1190, nov./dez. 2012.

SIAU, J. F. **Flow in wood**. Syracuse: Syracuse University, 1971. p. 131.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood**. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1984. p. 245.

SILVA, M. R. et al. Permeability measurements of brazilian *Eucalyptus*. **Materials Research**, São Carlos, SP, v. 13, n. 3, p. 281-286, 2010.

SOUSA JÚNIOR, W. P. **Propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e de *Eucalyptus urophylla* oriundas dos municípios de Turmalina e de Paraopeba (MG)**. 2004. 64 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

TAMBLYN, N. E. Preservation and preserved wood. In: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. (Ed.). ***Eucalyptus for wood production***. Austrália: CSIRO, 1978. p. 333-352.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, n.36, p.35-42, ago.1987.

TREVISAN, H. et al. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, set./out., 2009.

USTA, I. The effect of moisture content and wood density on the preservative uptake of Caucasian fir (*Abies nordmanniana* (Link.) Spach.) treated with CCA. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Turkey, v. 28, n. 1, p. 1-7, 2004.

VALLE, M. L. A. et al. Retenção e penetração de CCA em madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* s.t. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 23, n. 2, p. 481-490, abr./jun., 2013.

VENKATASAMY, R. **The influence of age on retention and fixation of CCA in pressure-treated Kenyan-grown *Eucalyptus saligna*: summary of findings.** In: ANNUAL MEETING OF IRG - WP (INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PROTECTION), 33. 2002a, Cardiff, Wales, United Kingdom. 2002. 14 p.

VENKATASAMY, R. **Influence of grain direction on penetration, retention, and leaching of CCA(C) in sapwood and heartwood of Kenyan-grown *Eucalyptus saligna* and *Acacia mearnsii*.** In: ANNUAL MEETING OF IRG – WP (INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PROTECTION), 38, 2007, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA. *Proceedings...* Wyoming, 2007. 14 p.

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

YAMAMOTO, A. C. (1974). **Secagem de madeira e preservação de madeira.** São Paulo, Boletim Técnico, v.2, n.1, p.85-145.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – RESUMO DAS ANAVAS PARA O EFEITO DA POSIÇÃO RADIAL NA UMIDADE DOS MOIRÕES E DO EFEITO DOS GENÓTIPOS NA DENSIDADE BÁSICA

Apêndice 1A - Resumo da ANAVA para as umidades dos moirões dos três tempos de estocagem, avaliando o efeito da posição radial (umidade geral, de alburno e de cerne), para o Híbrido.

Fonte de variação	GL	Tempo de estocagem		
		Longo	Intermediário	Curto
		QM		
Posição radial	2	93,208*	3578,230*	1507,690*
Resíduo	33	16,517	84,727	67,759
Total	35			

\* = significativo a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2017).

Apêndice 2A - Resumo da ANAVA para densidade dos moirões, avaliando o efeito dos materiais genéticos.

Fonte de variação	GL	QM
Genótipo	1	0,259*
Resíduo	70	0,002
Total	71	

\* = significativo a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2017).

### APÊNDICE B – RESULTADO DA ANÁLISE DE RETENÇÃO DE CCA-C

Apêndice 1B - Valores de umidade média e retenção de CCA-C para os 72 moirões estudados (Continua)

Amostra	Umidade média (%)	Concentração de I.A (%)	Genótipo	Retenção (kg*m <sup>-3</sup> )
1	52,60			4,375
2	75,21			3,454
3	73,62			3,759
4	58,38			3,541
5	16,99			4,004
6	13,03			5,549
7	16,72	1,2	Híbrido	4,945
8	15,42			4,756
9	27,45			4,92
10	36,94			4,926
11	23,71			4,810
12	54,46			3,413

## Apêndice 1B, Continuação

Amostra	Umidade média (%)	Concentração de I.A (%)	Genótipo	Retenção (kg*m <sup>-3</sup> )
13	14,96			3,440
14	17,69			5,739
15	14,14			6,369
16	17,80			4,858
17	30,19			4,964
18	34,89	1,2	<i>Eucalyptus</i>	3,805
19	28,11		<i>cloeziana</i>	4,729
20	32,12			3,316
21	36,18			3,129
22	37,81			3,595
23	42,03			3,674
24	27,56			4,154
25	63,83			4,996
26	64,86			4,156
27	57,41			4,326
28	55,93			5,528
29	19,61			6,374
30	16,69	1,4	Híbrido	6,355
31	16,58			6,891
32	16,73			7,249
33	48,64			5,411
34	35,84			5,523
35	38,63			4,915
36	43,26			5,286
37	14,30			4,135
38	16,18			4,546
39	16,85			5,533
40	15,29			4,837
41	17,75			3,93
42	17,46	1,4	<i>Eucalyptus</i>	6,192
43	27,14		<i>cloeziana</i>	2,956
44	36,75			3,978
45	44,58			4,905
46	34,88			1,357
47	33,81			4,179
48	33,36			3,412

## Apêndice 1B, Continuação

Amostra	Umidade média (%)	Concentração de I.A (%)	Genótipo	Retenção (kg*m <sup>-3</sup> )
49	57,64			5,415
50	17,62			6,768
51	42,15			6,658
52	46,32			6,213
53	35,78			6,410
54	37,47	1,6	Híbrido	7,415
55	15,20			8,356
56	25,24			5,853
57	22,90			6,838
58	59,66			5,755
59	53,66			6,241
60	45,07			5,369
61	14,30			4,631
62	31,77			5,024
63	38,67			3,062
64	38,00			4,676
65	33,78			5,005
66	36,36	1,6	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	4,629
67	27,26			4,761
68	31,70			4,837
69	29,92			5,433
70	18,64			6,352
71	16,01			7,014
72	13,76			6,367

Fonte: Do autor (2017)

