

DIEGO MARIANO VIEIRA

**AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO PRESERVATIVO DE MOIRÕES DE
EUCALIPTO EM DIFERENTES SOLUÇÕES PELO MÉTODO DE
SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
JULHO - 2015**

DIEGO MARIANO VIEIRA

**AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO PRESERVATIVO DE MOIRÕES DE
EUCALIPTO EM DIFERENTES SOLUÇÕES PELO MÉTODO DE
SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA**

Monografia apresentada ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
do curso de Engenharia Florestal

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
JULHO – 2015

DIEGO MARIANO VIEIRA

**AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO PRESERVATIVO DE MOIRÕES DE
EUCALIPTO EM DIFERENTES SOLUÇÕES PELO MÉTODO DE
SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA**

Monografia apresentada ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
do curso de Engenharia Florestal

APROVADA: 10 de Julho de 2015

Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho (Orientadora)

Walter Torezani Neto Boschetti (Co-Orientador)

Jordão Cabral Moulin (Examinador externo)

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
JULHO – 2015**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder forças e guiar meu caminho em direção a luz.

Aos meus pais, Dário e Maira, pelo apoio incondicional e por terem possibilitado os meus estudos.

Aos meus queridos irmãos, Caio e Pedro pelas alegrias compartilhadas durante todos esses anos.

A todos os familiares que me concederam apoio e incentivo, em especial aos meus Avós José Augusto, Marcy e Janir.

À Danusa, pelo amor, carinho e companheirismo.

Ao meu filho Murilo, por ter trazido muitas alegrias às nossas vidas e me conceder forças para lutar.

Aos companheiros das repúblicas que passei em viçosa, em especial ao João Paulo, Alan, Alef, Diego, Gabriel, Filipe e Guilherme, pela amizade e pelas inúmeras risadas e troca de idéias.

Aos companheiros de Engenharia Florestal, em especial a todos que ingressaram no ano de 2009.

À Professora Ana Márcia e ao Walter Boschetti, pela oportunidade, orientação e confiança.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

DIEGO MARIANO VIEIRA, filho de Dário Vieira Neto e Maira Cristina Bigonha Mariano, nasceu no dia 11 de setembro de 1989, em Ubá – Minas Gerais.

Cursou o primeiro grau no Colégio Anglo de Ubá – Minas Gerais, concluindo o segundo grau na mesma instituição, no ano de 2007.

Em 2009 ingressou no curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa – Minas Gerais, concluindo a graduação em julho de 2015.

CONTEÚDO

LISTA DE TABELAS -----	v
LISTA DE FIGURAS -----	vi
EXTRATO -----	vii
1 INTRODUÇÃO -----	1
2 OBJETIVOS -----	3
2.1 Objetivo Geral -----	3
2.2 Objetivos específicos -----	3
3 METODOLOGIA -----	4
3.1 Coleta e Preparo dos moirões -----	4
3.2 Preparo da solução e Tratamento preservativo da madeira -----	4
3.3 Secagem e Amostragem dos moirões tratados -----	5
3.4 Análises colorimétricas, determinação da penetração do cobre e boro -----	6
3.5 Determinação da área preservada por segmentação fotocolorimétrica -----	7
3.6 Determinação da retenção do CCB na madeira tratada -----	8
3.7 Análise estatística -----	9
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	10
4.1 Penetração do Cobre e Boro na madeira tratada -----	10
4.2 Área preservada pelo cobre e boro na madeira tratada -----	12
4.3 Retenção do CCB na madeira tratada -----	14
5 CONCLUSÕES -----	17
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade (Kg) de reagentes usados para a preparação do CCB -----	5
Tabela 2 - Penetração média (cm) dos elementos cobre e boro na madeira tratada com CCB --	10
Tabela 3 - Área de madeira tratada com CCB (%) em relação aos elementos cobre e boro -----	13
Tabela 4 - Retenção média do CCB (kg i.a/m ³) para a madeira de eucalipto em diferentes concentrações do preservativo e em quatro posições do tronco -----	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posições na peça onde os discos foram retirados para as análises químicas-----	5
Figura 2 – Posição e dimensão das amostras retiradas dos discos para a análise de retenção ----	6
Figura 3 - Mensuração da área da seção transversal do disco preservada -----	7

EXTRATO

Vieira, Diego Mariano. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2015. **Avaliação do tratamento preservativo de moirões de eucalipto em diferentes soluções pelo método de substituição de seiva.** Orientadora: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho. Co-Orientador: Walter Torezani Neto Boschetti.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a penetração e a retenção do preservativo CCB em moirões de uma espécie do gênero *Eucalyptus* submetidos ao método de substituição de seiva. As árvores foram coletadas no município de Viçosa – MG e, produzidos a partir destas, moirões com comprimento de 2,2 metros, e com classe diamétrica variando entre 8 e 12 cm. Os moirões foram tratados por capilaridade e expostos às concentrações de 2, 3 e 4% de ingredientes ativos do produto CCB, durante 10 dias. Foram analisadas a penetrações e a retenção do produto em quatro posições na madeira tratada. As peças submetidas aos tratamentos obtiveram camadas de penetração satisfatórias, porém, os valores de retenção foram insuficientes para atender o exigido pela norma, inviabilizando assim o uso dos moirões tratados em situações onde ocorra contato com o solo, em todas as concentrações testadas.

1 INTRODUÇÃO

Espécies de rápido crescimento como do gênero *Eucalyptus*, provenientes de reflorestamentos, tem sido uma boa opção para o uso em moirões. Todavia, grande parte da madeira proveniente deste gênero tem apresentado resistência moderada a organismos xilófagos, principalmente a cupins e fungos, em situações onde existe contato direto da madeira com o solo e a água, havendo assim a necessidade de preservá-las para aumentar sua vida útil (CSIRO, 1997).

Para impedir ou retardar a deterioração da madeira, diversas técnicas de preservação foram desenvolvidas ao longo dos tempos. Atualmente, são utilizados de forma frequente, produtos químicos hidrossolúveis que se fixam na madeira e a tornam mais resistentes à ação dos organismos xilófagos.

Os métodos de preservação que se valem desses produtos podem ser classificados em industriais, caso utilizem equipamentos que exercem pressão superior à pressão atmosférica, ou, não-industriais, em que não há pressão externa aplicada para promover a penetração do produto preservativo na madeira.

Dentre os métodos não-industriais de preservação da madeira, o de substituição da seiva destaca-se pela facilidade e simplicidade operacional, pelo baixo custo das instalações e pela possibilidade de ser realizado nas pequenas propriedades rurais (LEPAGE, 1986; PAES et al., 2005; RAMOS et al., 2006).

O método de substituição de seiva consiste em tratar peças roliças de madeira recém-abatida, com elevado teor de umidade e boa proporção de alburno. O método

dispõe as toras descascadas verticalmente, com a base submersa em um tambor com preservativo hidrossolúvel (HUNT & GARRATT, 1967; MODESET et al., 2011) e se vale do fenômeno da difusão e da capilaridade para promover a substituição da seiva presente na árvore pela solução que irá conferir proteção.

Quanto aos produtos hidrossolúveis, o borato de cobre cromatado (CCB) destaca-se no tratamento de madeira sem o uso de pressão, geralmente com a concentração em torno de 2,0% de ingrediente ativo/m³ (PAES et al., 2005; RAMOS et al., 2006; PAES et al., 2007; PAES et al., 2008; TORRES et al., 2011). É importante destacar que, além de características relacionadas à madeira e ao método de tratamento utilizado, a concentração de ingredientes ativos da solução influencia na eficiência do tratamento preservativo, que é determinada principalmente pelos parâmetros penetração e retenção (PAES, 1991). Desta forma, a quantidade de produtos retidos na madeira depende diretamente da concentração da solução.

A penetração é determinada pela profundidade da camada tóxica que protege a madeira. A retenção é um parâmetro quantitativo, considerada o fator mais importante para se avaliar a qualidade de um tratamento preservativo e, refere-se à quantidade de produto tóxico retido em um determinado volume de madeira.

A Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 9480 (2009), da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, estabelece que os moirões utilizados no meio rural devem apresentar penetração total do produto no alburno e retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos (i.a) por metro cúbico (m³) de madeira.

Diante deste contexto, ressalta-se a importância em testar concentrações distintas de produto preservativo para encontrar a quantidade que satisfaça as exigências asseguradas pela norma e, desta forma, reduzir os custos com a quantidade de reagentes que serão usados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus* sp. pelo método de substituição da seiva e, verificar qual a concentração mínima da solução em ingredientes ativos necessária para atender a norma.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a penetração e a retenção do preservativo CCB em moirões de eucalipto submetidos ao método de substituição da seiva em diferentes concentrações de solução preservativa;
- Avaliar a mensuração da área de penetração do preservativo através do software Image Pro Plus 4.5

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta e preparo dos moirões

Foram utilizadas moirões de *Eucalyptus* sp. com comprimento de 2,2 metros e classe diamétrica variando entre 8-12 cm. As árvores foram abatidas no município de Viçosa – MG, situado à latitude de 20° 45'S, longitude de 42° 52'W e altitude de 648 metros. Após o abate, as peças foram transportadas para o local de tratamento. O período entre o abate das árvores e a colocação dos moirões nas soluções preservativas foi inferior a 5 horas. No local de tratamento, os moirões foram descascados, chanfrados e, posteriormente retirados o cambio vascular por meio de escova de aço.

3.2 Preparo da solução e tratamento preservativo da madeira

A solução preservativa (CCB) foi preparada segundo a NBR 9480 da ABNT (2009), constituída de cromo, cobre e boro, com a seguinte composição química:

- Cromo hexavalente, calculado como CrO_3 63,5%
- Cobre, calculado como CuO26,0%
- Boro, calculado como B (elemento)10,5%

Os reagentes usados para a preparação do CCB foram o dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CrO}_3$), sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuO}$) e o ácido bórico ($\text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{B}$) nas quantidades apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade (Kg) de reagentes usados para a preparação do CCB.

Reagentes	Concentrações		
	2% i.a	3% i.a	4% i.a
Dicromato de potássio	1,05	1,57	2,10
Sulfato de cobre	0,81	1,22	1,62
Ácido bórico	0,60	0,90	1,20

Foram utilizados três tambores com capacidade de 50 litros de solução/tambor. Para cada recipiente preparou-se uma solução preservativa com concentração de 2%, 3% e 4% de ingredientes ativos (i.a). Em cada solução preservativa foram tratados três moirões.

O tratamento das peças se deu em local coberto e ventilado. Os moirões foram parcialmente submersos (60 cm sentido base-topo) na solução preservativa por oito dias e, posteriormente, invertidos (60 cm sentido topo-base) por dois dias, totalizando 10 dias de tratamento. As porções aéreas dos moirões foram mantidas separadas, a fim de proporcionar boa aeração entre as peças e facilitar o processo de absorção da solução.

3.3 Secagem e amostragem dos moirões tratados

Após o tratamento, os moirões foram submetidos à secagem em local sombreado e ventilado, durante 90 dias. Em seguida, retiraram-se dois discos em quatro posições nos moirões (Figura 1).

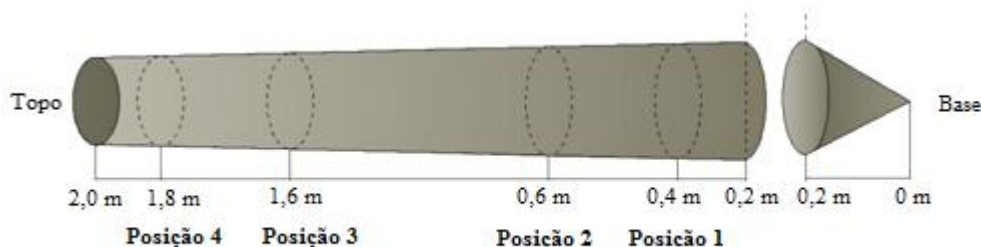


Figura 1 – Posições na peça onde os discos foram retirados para as análises químicas.

Em um disco de cada posição foram realizadas análises colorimétricas para determinação da penetração dos elementos cobre e boro na madeira. No outro grupo de discos foram retiradas amostras de 1 x 1 x 3 cm (largura, espessura e comprimento, respectivamente) na região do albúrnio, com as quais foram realizadas as análises de retenção do CCB (Figura 2). Os discos foram identificados em relação à posição na peça e concentração da solução preservativa (2, 3 e 4 % de i.a).

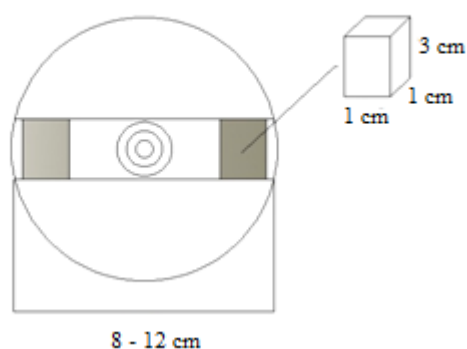


Figura 2 – Posição e dimensão das amostras retiradas dos discos para a análise de retenção.

3.4 Análises colorimétricas, determinação da penetração do cobre e boro

A penetração e a distribuição do CCB tiveram como base o cobre e o boro presente na madeira tratada. Desse modo, foi feita a análise colorimétrica, seguindo-se as recomendações da NBR 6232 da ABNT (1973). Foi aplicado em uma das faces do disco seco uma solução de cromo-azurol S, que revela uma coloração azul metálico na presença do cobre, e, na outra face, foi aplicada uma solução de álcool polivinílico e o iodeto de potássio, que revela uma coloração azul escuro na presença do boro.

Para as determinações da penetração, foram demarcados sobre os discos dois diâmetros perpendiculares entre si, a partir dos quais foram medidas, com uma régua milimétrica, as penetrações. O valor médio das medições foi utilizado para avaliar a penetração do elemento cobre ou boro em cada posição nos moirões. A distribuição foi avaliada com base nas médias das medidas de penetração ao longo do comprimento de cada moirão.

3.5 Determinação da área preservada por segmentação fotolorimétrica

Foi determinada a área preservada na seção transversal de cada moirão, e para isso, os discos corados com cromo-azurol, álcool polivinílico e o iodeto de potássio foram escaneados em uma determinada área conhecida. As imagens foram medidas pelo programa Image Pro Plus 4.5. Primeiro mensurou-se a área do disco. A área preservada foi medida através do desempenho de segmentação fotolorimétrica por sensibilidade a cor azul, na qual foi aplicada uma máscara em que a cor azul presente na imagem se convertesse em branco, e as demais cores em preto, posteriormente, foi feita a mensuração automática do objeto brilhante das imagens (Figura 3). A proporção de área preservada de cada disco foi determinada pela relação da área do disco corado em azul e a área do disco total.

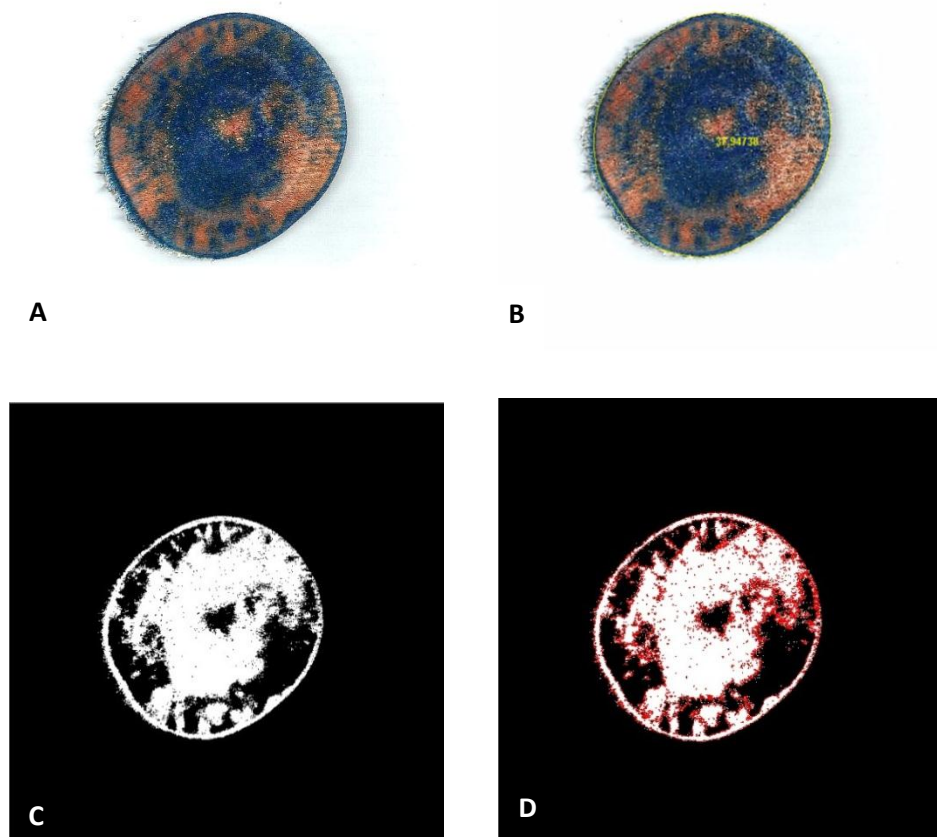


Figura 3 - Mensuração da área da seção transversal do disco preservada. A) calibração das imagens; B) mensuração da área total do disco; C) realização do desempenho de segmentação com o histograma baseado no pico de coloração azul e, aplicação da máscara; D) mensuração automática do objeto brilhante.

3.6 Determinação da retenção do CCB na madeira tratada

Para a determinação da retenção do CCB, efetuou-se a digestão da madeira, obtida conforme Figura 2. Seguiu-se a metodologia descrita por Wischer, citada por Moreschi (1985), onde constaram as seguintes etapas:

- determinação do volume das amostras e combustão para obtenção das cinzas e sais metálicos, a 510°C, até transformação em cinzas;
- adição de 3 ml da mistura dos ácidos sulfúrico, perclórico e nítrico, todos concentrados, nas proporções de 7:2:1, às cinzas obtidas pela incineração;
- digestão acelerada pelo aquecimento da mistura dos ácidos e das cinzas, em chapa aquecida, até a mistura ficar límpida;
- diluição das soluções ácidas com água destilada a volumes fixos.

Com os dados obtidos por meio de espectrofotometria de absorção atômica e dos resultados das determinações do volume, obtidos com auxílio de um paquímetro, efetuaram-se os cálculos da retenção, pelo emprego da Equação 1.

$$R = (F * L * F_d * 10^{-3}) / V \quad (1)$$

Em que:

R = retenção do elemento na madeira (kg/m³);

F = fator estequiométrico empregado para transformação dos elementos químicos para óxidos: (cobre x 1,2518 = CuO; cromo x 1,9230 = CrO₃);

L = leitura obtida do espectrofotômetro (mg/L);

F_d = fator de diluição; e

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

3.7 Análise estatística

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial, em que foram testados a concentração das soluções preservativas, com 3 níveis (2, 3, 4% de i.a); a posição da peça, com 4 níveis (0,4; 0,6; 1,6; 1,8 m) e 3 repetições. Os valores de penetração do preservativo (cm), da área preservada (%), e de retenção (Kg i.a/m³) do preservativo empregado, obtido para cada experimento, foram inseridos no delineamento proposto e serviram para verificar se há diferenças significativas, pelo teste de F, entre as concentrações das soluções e, nas posições das peças. Quando houve diferença pelo resultado do teste F, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Penetração do cobre e boro na madeira tratada

As médias da penetração de boro e cobre foram significativamente afetadas pela concentração da solução preservativa e a posição do moirão tratado. Não foi observado, porém, interação significativa entre os fatores. Os valores médios de penetração dos elementos para cada posição nas peças de madeira submetidas ao tratamento preservativo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Penetração média (cm) dos elementos cobre e boro na madeira tratada com CCB.

Cobre					
Concentrações de ingredientes ativos	Posição				Média
	1	2	3	4	
2%	1,19	0,80	0,45	2,30	1,19 b
3%	1,41	0,62	0,37	2,01	1,10 b
4%	2,48	2,00	2,05	2,77	2,32 a
Média	1,69 AB	1,14 BC	0,96 C	2,36 A	

Boro					
Concentrações de ingredientes ativos	Posição				Média
	1	2	3	4	
2%	0,77	0,45	0,21	1,08	0,63 c
3%	1,76	0,57	0,34	1,30	0,99 b
4%	1,38	0,86	0,47	3,28	1,50 a
Média	1,30 B	0,63 C	0,34 C	1,89 A	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, ou maiúscula, na horizontal, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade.

Paes (1991) observou que a penetração total do produto preservativo no alburno das madeiras de folhosas, estipulada pela NBR 9480 (ABNT, 2009), dificilmente é alcançada com a utilização de métodos não-industriais. Desse modo o presente trabalho considerou como satisfatória uma penetração superior a 1,0 cm, valor este considerado como o mínimo necessário para conferir efetiva proteção a madeira para Paes et al. (2005) e Farias Sobrinho et al. (2005).

Analisando os resultados de penetração da Tabela 2 e, levando em consideração a posição na madeira onde os discos foram obtidos, pode-se observar que os discos provenientes do topo das peças (posição 4) foram os que apresentaram as maiores penetrações médias, superando os valores observados nos discos da base dos moirões (posição 1). As amostras obtidas nas posições intermediárias (posições 2 e 3) apresentaram os menores valores de penetração. Esse padrão de penetração pode ser observado tanto para o elemento cobre como para o boro, em todas as concentrações testadas.

Valores superiores de penetração na posição 4 comparada a posição 1, destacam a importância de se inverter os moirões nos últimos dias de tratamento pelo método de substituição de seiva. A técnica de inversão proporciona uma maior homogeneidade dos elementos ao longo da peça tratada e eleva o nível de proteção do topo do moirão sem reduzir de maneira prejudicial sua proteção à base, posições altamente susceptíveis ao ataque de insetos e fungos nas condições de campo. Torres et al. (2011) e Paes et al. (2014) também observaram em seus estudos os benefícios provocados pela inversão das peças durante o tratamento.

Para o cobre, observou-se que as soluções de CCB com 2 e 3% de i.a conferiram uma penetração semelhante, não apresentando diferenças significativas segundo a análise estatística realizada. Ambas apresentaram uma penetração média adequada com valores satisfatórios para as posições 1 e 4, porém as amostras das posições 2 e 3 apresentaram valores insuficientes para uma efetiva proteção.

A solução 4% diferiu significativamente das soluções com 2 e 3 % de i.a, proporcionando maior proteção das peças, com valores de penetração superiores ao recomendado para todas as posições analisadas.

Já para a penetração média do boro, as soluções preservativas com 2, 3 e 4% de i.a apresentaram diferenças significativas entre os valores médios de penetração, sendo que apenas a solução com 4% conferiu às peças uma camada de penetração média superior a 1 cm.

O cobre apresentou valores de penetração superiores ao boro em todas as posições analisadas de todas as concentrações testadas, com exceção da posição 4 tratada com solução 4%. Tais resultados contrariam o observado de Paes (1991), Farias Sobrinho (2003) e Moreschi & Lelles (2005), que constataram maior penetração do boro em relação ao cobre nas peças de madeiras submetidas ao tratamento de substituição de seiva. Tal diferença talvez possa ser explicada pelo fato dos referidos autores terem trabalhado com madeira proveniente das espécies *Bracatinga (Mimosa scabrella)*, *Algaroba (Prosopis juliflora)* e *Eucalyptus viminalis* ou, ainda, em função do cobre apresentar reação mais nítida que o boro (Paes et al., 2005)

4.2 Área preservada pelo cobre e boro na madeira tratada

Os resultados do método alternativo proposto neste trabalho como forma de mensuração da área de penetração estão apresentados na Tabela 3. Assim como as médias da penetração, as médias de área preservada por boro e cobre foram significativamente afetadas pela concentração da solução preservativa e a posição do moirão tratado.

Em relação à área preservada por cobre, observa-se que os discos provenientes da posição 4 e 1 foram os que apresentaram os maiores percentuais de área penetrada, característica interessante para a posição que está em contato com o solo, uma vez que o cobre possui características fungicidas. As posições 2 e 3 apresentaram valores de área preservada inferiores, não diferindo significativamente entre elas.

Tabela 3-Área de madeira tratada com CCB (%) em relação aos elementos cobre e boro.

Cobre					
Concentrações de ingredientes ativos	Posição				Média
	1	2	3	4	
2%	44,89	34,27	37,77	60,08	44,25 b
3%	48,89	37,57	32,70	52,94	43,01 b
4%	79,62	67,82	65,05	71,27	70,94 a
Média	57,78 AB	46,55 B	45,18 B	61,43 A	
Boro					
2%	34,79	19,27	25,27	44,34	30,92 b
3%	37,23	27,29	26,39	47,21	34,53 b
4%	51,72	35,10	56,36	65,98	52,29 a
Média	41,25 AB	27,22 B	36,01 B	52,51 A	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, ou maiúscula, na horizontal, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade.

Na área preservada por boro, as posições 4 e 1 também foram iguais, apresentando amostras com maior percentual de área tratada. Os discos das posições 2 e 3 novamente não apresentaram diferenças significativas em relação a suas áreas preservadas, sendo que, neste caso, os maiores valores foram observados na posição 3. Essa situação é interessante pelo fato do boro apresentar ação inseticida e, maiores teores na região preferencial de ataque de muitos insetos pode tornar o processo de preservação mais eficiente.

A solução 4% proporcionou áreas preservadas significativamente superiores as áreas penetradas dos discos tratados com as soluções 2 e 3%, que por sua vez não diferiram entre si. Ao comparar as áreas preservadas pelo cobre e boro, observa-se que o cobre conferiu maior área de madeira tratada em todas as posições analisadas e em todas as concentrações testadas.

Os resultados similares observados entre as metodologias empregadas nesse estudo visando mensurar a área e a penetração dos elementos indicam que a abordagem alternativa proposta pode ser melhor explorada futuramente, para atuar de maneira

complementar ou até mesmo substituir o método tradicional, uma vez que proporciona agilidade na obtenção dos resultados e os gera de forma satisfatória.

4.3 Retenção do CCB na madeira tratada

Os valores de retenção dos ingredientes ativos do CCB foram influenciados apenas pela posição no tronco. As diferentes concentrações não afetaram nos tratamentos das toras, segundo a análise estatística realizada. Os valores médios de retenção (Kg i.a/m³) do CCB para cada tratamento se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 - Retenção média do CCB (kg i.a/m³) para a madeira de eucalipto em diferentes concentrações do preservativo e em quatro posições do tronco.

Concentrações de ingredientes ativos	Posição				Média
	1	2	3	4	
2%	1,74	0,76	0,52	1,10	1,03
3%	6,58	2,25	1,66	2,12	3,15
4%	7,80	1,50	2,29	1,58	3,29
Média	5,30 A	1,50 B	1,49 B	1,60 B	

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade.

A solução de 2, 3 e 4% de i.a não conferiram aos moirões a retenção mínima exigida pela NBR 9480 (2009), de 6,5 Kg de i.a por m³ de madeira tratada com sais hidrossolúveis, fazendo com que o uso das peças tratadas, neste caso, seja limitado a situações onde o risco de deterioração é baixo, não sendo indicadas para uso em contato direto com o solo e/ou exposição à chuva.

Pode-se observar que tanto a solução 3% quanto a 4% proporcionaram valores de retenção que atendem a NBR 9480 (2009) apenas na posição 1, sendo que nas demais posições os valores ficaram abaixo do exigido pela norma. Essa situação nos indica que, caso essas madeiras sejam utilizadas em condições de campo, existe a possibilidade de diminuição da vida útil das mesmas, mesmo após serem preservadas,

uma vez que a quantidade retida de ingredientes tóxicos a organismos xilófagos é baixa nas posições mais altas do moirão. A região basal das peças também pode ser alvo de ataques, uma vez que os discos provenientes da zona de afloramento (Posição 2) apresentaram valores insuficientes de retenção para conferir devida proteção.

Em relação à posição onde os discos foram obtidos nos moirões para determinação dos valores de retenção do CCB, observa-se que a posição 1 apresentou a maior retenção média, sendo que, ainda assim o valor determinado pela norma não foi atingido. Segundo Hunt e Garratt (1967), de modo geral, as retenções mínimas de preservativos hidrossolúveis para garantir efetiva proteção devem estar entre 5 e 16 kg i.a/m³, o que indica que a posição 1, na média, se encontra devidamente preservada, com exceção dos moirões tratados com a solução de 2% i.a.

As demais posições apresentaram valores de retenção bem abaixo do que a norma exige. A posição 4 apresentou retenção média superior às posições intermediárias (posição 2 e 3) porém, não o suficiente para que fosse observado diferenças significativas entre elas.

Nota-se que, diferentemente do padrão observado na penetração dos elementos cobre e boro, onde a posição 4 obteve os maiores valores médios, os resultados da análise de retenção constataram que a posição 1 foi a única a apresentar valores superiores ao exigido pela norma, exceto no tratamento com solução preservativa 2%. Essa situação nos indica que para projetos de pesquisa e análises de controle de qualidade na indústria não é recomendado se basear apenas no parâmetro penetração para avaliar a eficiência do tratamento preservativo, uma vez que o parâmetro retenção também é considerado como fator de extrema importância para a avaliação e, observou-se que nem sempre existe correlação entre eles.

O fato dos valores de retenção apresentados no estudo não terem sido suficientes para atingir a norma, talvez possa ser explicado por fatores relacionados ao método de tratamento utilizado. Como a camada de penetração foi satisfatória na maioria dos casos, acredita-se que a madeira trabalhada não apresenta restrições anatômicas ao tratamento preservativo.

Paes et al.(2014) obtiveram valores de retenção acima do exigido pela norma ao preservar madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) com solução de 2% de ingredientes ativos de CCB, utilizando o mesmo método. Torres et al. (2011) também obtiveram valores de retenção adequados ao trabalhar com madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* e solução de 2% de i.a de CCB durante 8 dias, em situações onde ocorreu ou não a inversão das toras. Já Paes et al. (2007), ao submeter peças roliças de leucena (*Leucaena leucocephala*) com CCB a 2% i.a durante um período que variou entre 3 e 15 dias, sem inversão, promoveu um tratamento satisfatório ao obter valores de retenção superiores a 6,5 kg de i.a/m³ em todos os seus tratamentos.

. Desta forma, ressalta-se que novos estudos são necessários para embasar ainda mais o conhecimento sobre as técnicas de preservação da madeira e possibilitar o completo domínio sobre seus métodos, para que eles possam ser transmitidos de forma segura principalmente aos pequenos produtores rurais, o que geraria benefícios ambientais e econômicos.

5 CONCLUSÕES

O tratamento preservativo apresentou baixa eficiência. As peças de madeira submetidas aos tratamentos obtiveram, no geral, camadas de penetração satisfatórias. Os valores de retenção, porém, foram insuficientes, inviabilizando o uso dos moirões tratados em situações onde ocorra contato com o solo.

O fato de nenhum dos tratamentos terem proporcionado a retenção exigida pela norma pode ter sido influenciado pelas condições atmosféricas e climáticas nas quais estavam submetidas as peças durante o tratamento, o que ressalta que uma maior atenção deva ser dada a esses fatores durante o processo de preservação.

Uma vez que resultados divergentes foram observados entre as análises de penetração e retenção, recomenda-se que projetos de pesquisa e análises de controle de qualidade na indústria não se baseiem exclusivamente no parâmetro penetração para avaliar a qualidade do tratamento preservativo.

A mensuração da área de penetração através do software Image Pro Plus 4.5 se mostrou eficiente, uma vez que proporcionou agilidade na obtenção dos resultados e os gerou de forma satisfatória, sendo observada correlação entre a metodologia tradicional e a alternativa, proposta no presente estudo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Penetração e retenção de preservativos em postes de madeira:** NBR 6232. Rio de Janeiro, 1973. 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais: requisitos:** NBR 9480. Rio de Janeiro, 2009. 12p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. CSIRO. **Natural durability classification in ground durability ratings for mature outer heartwood.** Clayton: 1997.

FARIAS SOBRINHO, D.W. **Viabilidade técnica e econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição da seiva.** 2003. 52p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

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

LEPAGE, E.S. **Preservativos e sistemas preservativos.** In: LEPAGE, E.S. (Coord.). Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT, 1986. v.1, p.279-314.

MODES, K. S.; BELTRAME, R.; VIVIAN, A. L.; SANTINI, E. J.; HESELEIN, C. R.; SOUZA, J. T. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.21, n.3, p.579-589, 2011.

MORESCHI, J. C. **Ensaio biológicos: uma nova alternativa para a determinação dos ingredientes ativos do preservativo CCA e estudos de interações**. 1985. 128p. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

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

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

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. Avaliação do tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) pelo método de substituição de seiva. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.1, p.7-86, 2005.

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

PAES, J. B.; RAMOS, I. E. C.; NASCIMENTO, J. W. B. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) a cupins xilófagos, em ensaio de alimentação forçada. **Floresta e Ambiente**, v.15, n.1, p.1-12, 2008.

PAES, J. B.; SANTOS, G. C.; MELO, R. R.; LIMA, C.R.; SOBRINHO, W. N. Efeito da inversão no tratamento de mourões submetidos ao método de substituição de seiva. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 211-221, 2014.

RAMOS, I. E. C.; PAES, J. B.; FARIAS, S. D. W. D.; SANTOS, G. J. C. D. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) em ensaio de apodrecimento acelerado. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.811-820, 2006.

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