

AValiação e Eficiência do CCB na Madeira de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. pelo Método da Substituição de Seiva

EVALUATION AND EFFICIENCY OF CCB IN *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. WOOD THROUGH THE SAP SUBSTITUTION METHOD

Sócrates Martins Araújo de Azevêdo¹ Leandro Calegari² Elisabeth de Oliveira² Alexandre Santos Pimenta³ Juarez Benigno Paes⁴ Carlos Roberto de Lima²

RESUMO

Neste estudo, avaliaram-se a penetração e a retenção do preservativo borato de cobre cromatado (CCB) em peças roliças de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) quando submetidas ao método de substituição da seiva. Foram aleatoriamente selecionados 16 fustes, os quais foram divididos em quatro grupos. O primeiro grupo foi submetido à solução preservante duas horas após o abate (situação denominada “normal”); o segundo grupo foi submetido à solução preservante 24 horas após o abate (situação denominada “posterior”); o terceiro grupo foi mantido imerso em água durante 15 dias antes de ser submetido à solução preservante (situação denominada “imersa”); o quarto grupo não foi submetido à preservação. Após o término do processo de imunização, foram retirados discos em três distintas posições de cada tronco (base, meio, topo) para a avaliação dos parâmetros de penetração e retenção. Para análise da penetração, utilizaram-se reações colorimétricas, sendo avaliados os elementos boro e cobre. As análises de retenção para os elementos cromo, cobre e boro foram realizadas por espectrofotometria. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial, com quatro repetições (peças roliças), considerando-se dois fatores: Situação e Posição. O fator Situação foi composto por três níveis (normal, posterior, imersa), assim como o fator Posição (base, meio, topo). O efeito dos fatores principais e suas interações, assim como a comparação de médias, foram analisados considerando-se 5% de probabilidade. Os resultados obtidos permitem concluir que peças mantidas imersas antes de serem submetidas ao tratamento preservativo apresentaram significativa melhoria de sua tratabilidade, mantendo uma distribuição uniforme dos elementos químicos ao longo do seu comprimento.

Palavras-chave: tratamento de moirões; umidade; substituição de seiva.

ABSTRACT

In this study, penetration and retention of the preservative chromated copper borate (CCB) in round pieces of algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC) were evaluated when subjected to the sap substitution method. Sixteen trunks were randomly selected and divided into four groups. The first group underwent preservative solution 2 hours after felling (called “normal”); the second group underwent preservative solution 24 hours after the cutting down (called “posterior”); the third group was kept immersed in water for 15 days before being subjected to the preservative solution (called “immersed”); the fourth group was not subjected

1 Engenheiro Florestal, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, Av. Universitária s/n, Bairro Santa Cecília, Caixa Postal 61, CEP 58708-110, Patos (PB), Brasil. engflor.socrattes@hotmail.com

2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, Av. Universitária s/n, Bairro Santa Cecília, Caixa Postal 61, CEP 58708-110, Patos (PB), Brasil. leandrocalegari@yahoo.com.br / betholiveira12@gmail.com / crlima16@hotmail.com

3 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, CEP 59072-970, Lagoa Nova (RN), Brasil. aspimenta@ufrnet.br

4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Governador Lindemberg, 316, Bairro Centro, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES), Brasil. jbp2@uol.com.br

to preservation. After the end of the preservation process, disks were obtained at three different positions of each trunk (base, middle and top) for the evaluation of the parameters of penetration and retention. For analysis of the penetration, colorimetric reactions were used as well as the reviews of the boron and copper elements. Analyses for retaining the elements chromium, copper, and boron were carried out by spectrophotometry. It used a completely randomized factorial design with four replications (round wood) considering two design factors: Situation and Position. The situation factor consisted of three levels (immediate, posterior, immersed), and the position factor (base, middle, top). The effect of the main factors and their interactions, along with the comparison of means, were analyzed considering 5% of probability. The results indicated that pieces that were kept submerged before being submitted to the preservative treatment showed significant improvement in their treatability, maintaining an even distribution of the chemical elements along its length.

Keywords: treatment of the fence posts; moisture content; sap substitution.

INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga apresenta uma diversidade de plantas muito grande, sendo a vegetação utilizada para os mais variados fins, tais como madeireiros, forrageiros, medicinais, produção de frutos, dentre outros, vindo a satisfazer as necessidades humanas da região semiárida brasileira (BRASIL, 2010).

Com a diminuição das reservas naturais de várias espécies para o uso da madeira, juntamente com a sua empregabilidade no comércio e no meio rural, hoje, já se exige uma busca por espécies exóticas com qualidades iguais ou superiores às espécies nativas, quanto à durabilidade e à tolerância a fungos e insetos. É nesse contexto que a algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.), planta exótica de origem peruana, está sendo utilizada em diversos fins e necessita ser mais estudada para que o seu aproveitamento seja mais satisfatório.

Para que uma madeira tenha a sua durabilidade aumentada e/ou melhorada, é possível aplicar nela alguns tratamentos simples para proporcionar uma maior proteção e durabilidade. Dentre as várias técnicas empregadas para o tratamento da madeira, para a sua venda comercial ou para o uso rural, a substituição da seiva pode ser utilizada por se tratar de uma técnica simples, de fácil operacionalidade e baixo custo (FARIAS SOBRINHO; PAES; FURTADO, 2005). Um ponto fundamental que deve ser considerado quando da execução desse método diz respeito ao controle da umidade, pois é necessário utilizar a madeira contendo alto teor de água.

Referindo-se à substituição de seiva, Sgai (2000) relata que a madeira deve ser submetida ao tratamento preservativo em até 48 horas após seu abate, a fim de evitar perda de umidade, o que vem a prejudicar o processo de preservação. No entanto, considerando a região semiárida do Brasil, que apresenta clima tropical semiárido (Bsh segundo a classificação de Köppen), com médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar de 25°C, 726 mm e 55%, respectivamente (BRASIL, 2005; ALVARES et al., 2013), esse período de tempo é muito longo, favorecendo uma rápida secagem da madeira. Portanto, seria necessário o desenvolvimento de uma metodologia que aumentasse a umidade das peças, fortalecendo, assim, a eficiência do tratamento preservativo. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a eficiência do preservativo borato de cobre cromatado (CCB) em peças roliças de *Prosopis juliflora*, as quais foram anteriormente submetidas a diferentes situações que alteraram a umidade e, consequentemente, refletiram na qualidade do processo de imunização.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material

Troncos de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) foram obtidos de um povoamento de regeneração natural de aproximadamente 13 anos de idade, implantados em um espaçamento de 2,5 m x 2,5 m, na Fazenda Caicu, Município de São José de Espinharas, Estado da Paraíba, com longitude 37°19'33" W, latitude 06°50'50" S e altitude de 208 m (FARIAS SOBRINHO; PAES; FURTADO, 2005).

Coleta e preparo das amostras

Foram demarcadas 16 árvores de diâmetro a altura do peito, com casca, entre 6 e 10 cm, que tiveram seus diâmetros determinados de maneira a constituir quatro grupos de diâmetros médios semelhantes. O corte das árvores ocorreu em dias distintos, levando-se em consideração os grupos formados e as situações que lhes seriam destinadas, possibilitando que o processo de imunização pudesse ser realizado simultaneamente em todos os grupos, evitando-se possíveis influências climáticas. Os fustes foram seccionados a campo em comprimento aproximado de 2,50 metros, sendo então transportados para o Município de Patos-PB, localizado a aproximadamente 50 km do local de coleta, em que tiveram seus comprimentos padronizados em 2,20 m e descascados manualmente. Com o auxílio de uma escova de aço, retirou-se o excesso de casca para facilitar a evaporação radial da umidade durante a imunização e, consequentemente, melhorar o efeito do tratamento. No momento de padronização do comprimento dos moirões, de cada um deles foram retirados dois discos das extremidades (superior e inferior), os quais foram utilizados para as determinações de volume, umidade e massa específica básica.

Determinação do volume, massa específica e umidade dos moirões

Nos discos obtidos das extremidades, foi inicialmente demarcada uma linha passando pela medula e atingindo as bordas do disco, considerando o sentido do maior diâmetro. Posteriormente, demarcou-se uma segunda linha, perpendicular à primeira, sobre a qual foram obtidos os diâmetros total do disco, assim como os do cerne, com o auxílio de uma régua graduada em milímetros. A partir dos diâmetros médios obtidos dos discos e do comprimento (2,0 m), calculou-se o volume total de cerne e, por diferença, o volume de alburno presente nos moirões. Após as medições, os discos foram seccionados nos locais demarcados pelas linhas, obtendo-se, assim, quatro cunhas, sendo seus pares opostos destinados à determinação da massa específica básica e umidade. Para a determinação da massa específica básica, foi utilizada uma balança analítica com precisão de 0,001g, tanto para a determinação do volume dos discos pelo método de deslocamento (VITAL, 1984) quanto para a determinação da massa anidra a $103 \pm 2^\circ\text{C}$. A umidade (base seca) dos discos foi obtida pelo método de secagem em estufa, empregando-se uma estufa com circulação de ar ($103 \pm 2^\circ\text{C}$) e balança analítica (precisão 0,001g).

Preparo da solução preservativa

Para o preparo da solução preservativa, foi utilizada uma concentração de 1% de ingredientes ativos, usando-se o dicromato de sódio p.a. como fornecedor de cromo (elemento fixador), o sulfato de cobre p.a. como o fornecedor de cobre (fungicida) e o ácido bórico p.a. como fornecedor de boro (inseticida).

Foram preparados 200 litros da solução preservativa borato de cobre cromatado (CCB), considerando-se a ABNT NBR 16202 (2013) para sua formulação. A partir do conhecimento da porcentagem de ingredientes ativos da mistura dos produtos químicos (40%), da concentração requerida (1%) e do volume de solução (200 L), foi calculada a quantidade total da mistura dos produtos químicos, sendo essa subdividida em 40,2% de dicromato de sódio, 34,6% de sulfato de cobre e 25,2% de ácido bórico, além de 0,25 mL/L de ácido acético para garantir a acidez da solução e, consequentemente, sua solubilidade (MAGALHÃES; PEREIRA, 2003).

Processo de imunização dos moirões

Os quatro grupos de fustes foram submetidos a distintas situações: na primeira, denominada “normal”, as peças foram submetidas à solução preservante duas horas após o abate; na segunda, denominada “posterior”, as peças foram submetidas à solução preservante 24 horas após o abate; na terceira, denominada “imersa”, as peças foram mantidas imersas em água durante 15 dias antes de serem submetidas à solução preservante. Adicionalmente, um quarto grupo de peças foi testado sem ser submetido a qualquer tratamento preservativo (testemunha), o qual foi utilizado para fins de comparação.

A técnica empregada para a imunização das peças foi a de substituição da seiva (MAGALHÃES;

PEREIRA, 2003; PAES; MORESCHI; LELLES, 2005; TORRES et al., 2011). O experimento foi conduzido em um ambiente com cobertura e aberto lateralmente, de modo que os moirões, assim como a solução, ficassem à sombra e sob ventilação natural. Nesse ambiente, as peças foram dispostas verticalmente num recipiente metálico (62 cm de diâmetro e 60 cm de altura) que possuía sua parte superior totalmente aberta. A solução preservativa foi adicionada de forma que as peças ficassem parcialmente submersas a um nível de 50 cm de altura e com sua parte aérea separada entre si para facilitar a circulação do ar, favorecendo a evaporação da seiva, tanto pelo topo quanto radialmente. Para evitar a evaporação da água da solução preservativa e manter o nível inicial da solução nos recipientes, o que alteraria a concentração da solução, foram adicionados 500 mL de óleo vegetal. Era realizada a reposição diária da solução à medida que ela era absorvida pelas peças, mantendo-se o nível inicial e anotando-se a quantidade reposta. Os moirões foram mantidos nessa situação durante 15 dias, quando então foram retirados, sem que fosse realizada sua inversão.

Condições ambientais

Durante o período de tempo em que os troncos estiveram submetidos à imunização, foram obtidos dados meteorológicos diários da Estação Meteorológica 82791, localizada em Patos-PB, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (2013). Não houve precipitação pluviométrica, apesar da reduzida insolação (3,9 horas) e maior umidade relativa do ar (71,5%) em alguns dias durante o período de realização do experimento. As temperaturas apresentaram pouca variação (média de 26,7°C), e a umidade relativa média do ar foi de 58,2% (Tabela 1).

TABELA 1: Dados meteorológicos diários correspondentes ao período em que peças roliças de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. estiveram submetidas ao tratamento preservativo pela técnica de substituição de seiva. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2013).

TABLE 1: Daily weather data corresponding to the period in which round pieces of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC were subjected to preservative treatment by the sap substitution technique. Source: Instituto Nacional de Meteorologia (2013).

Dia	Precipitação (mm)	T _{máx} (°C)	T _{mín} (°C)	Insolação (horas)	Evaporação (mm)	Tc (°C)	UR (%)	Vv (m/s)
1º	0,0	32,0	23,0	6,6	7,3	26,6	64,3	2,2
2º	0,0	32,3	23,3	6,7	3,9	26,9	58,8	4,7
3º	0,0	33,4	20,5	10,4	6,9	26,5	55,5	3,8
4º	0,0	31,7	22,7	4,4	5,5	26,3	71,5	2,9
5º	0,0	33,5	22,0	9,8	3,4	27,0	59,0	3,9
6º	0,0	33,0	22,6	8,3	7,5	26,9	58,0	4,0
7º	0,0	34,0	22,2	5,9	7,6	26,8	65,8	2,5
8º	0,0	33,5	23,2	8,1	5,7	27,9	55,0	3,5
9º	0,0	34,4	22,0	7,4	9,5	26,5	64,5	3,1
10º	0,0	31,8	22,0	3,9	7,4	26,3	52,5	2,3
11º	0,0	33,4	20,0	10,6	9,2	26,3	54,0	3,1
12º	0,0	33,1	21,8	5,8	8,7	26,8	58,0	3,1
13º	0,0	33,5	20,0	7,5	7,2	26,6	53,0	2,8
14º	0,0	34,3	22,2	10,2	9,2	27,5	45,8	3,5
15º	0,0	32,6	21,4	10,4	10,3	26,0	57,0	5,1
Média	0,0	33,1	21,9	7,7	7,3	26,7	58,2	3,4

Em que: T_{máx} = Temperatura máxima; T_{mín} = Temperatura mínima; Tc = Temperatura compensada média; UR = Umidade relativa média do ar; Vv = Velocidade média do vento.

Amostragem e análise das peças tratadas

Ao final do processo de imunização, as peças foram empilhadas em local seco e ventiladas por um período de 30 dias para que ocorresse sua secagem natural e fixação dos ingredientes ativos da solução imunizante à madeira. Retiraram-se, então, dois discos de 2 cm de espessura em distintas posições ao longo das peças imunizadas, tomando-se como referências a base, o meio e o topo (Figura 1).

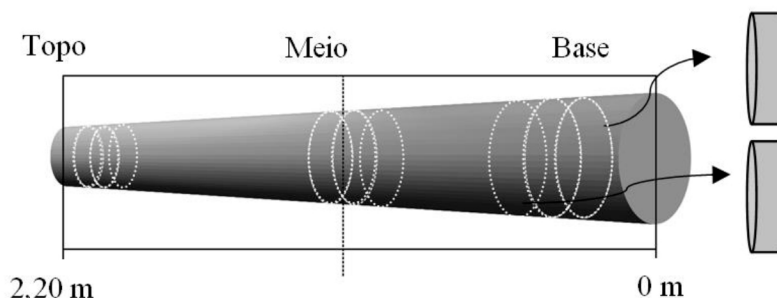


FIGURA 1: Retirada dos discos para avaliação dos parâmetros de penetração e retenção.

FIGURE 1: Removal of discs to evaluate the penetration and retention parameters.

Análises da penetração do preservativo

Um dos discos retirados de cada uma das três posições ao longo do tronco foi utilizado para a determinação da penetração, em mm, sendo um dos lados do disco usado para a análise do boro e, seu lado oposto, para a análise do cobre. Os discos foram lixados e, inicialmente, foi demarcada uma linha passando pela medula e atingindo as bordas do disco, quando então uma segunda linha foi demarcada, perpendicular à primeira, sendo tal procedimento realizado em ambas as faces do disco. A penetração do preservativo (elementos boro e cobre) foi determinada por reações colorimétricas. Para a avaliação da presença do boro, utilizou-se uma solução de iodo a 0,1 N e álcool polivinílico a 1%, que tornam a madeira azulada na presença do elemento, conforme especificações da ABNT MB 790 (1973). De modo semelhante, aplicou-se uma solução de cromoazurol a 0,17% para avaliar a presença do cobre, que torna a madeira azul-escura na presença do elemento, conforme especificações da ABNT NBR 6232 (2013). Nos espaços em que houve revelações dos elementos (boro e cobre) sobre as linhas demarcadas, foi feita a leitura da distância de sua penetração, a partir da borda do disco e em direção à medula. Utilizou-se um paquímetro digital para as medições e considerou-se a média das quatro leituras, para cada um dos elementos avaliados.

Análises da retenção do preservativo

O segundo disco retirado de cada uma das três posições ao longo do tronco foi utilizado para a análise de retenção dos elementos boro, cobre e cromo. De cada um dos discos foram retirados corpos de prova de dimensões nominais 2 cm x 2 cm x 1,5 cm da porção tratável do alburno em lados opostos da medula, totalizando-se quatro corpos de prova por disco, os quais foram identificados conforme sua posição e sua simetria no disco.

A digestão das amostras e o cálculo da retenção foram realizados de acordo com a metodologia descrita por Paes (1991). As soluções provenientes das amostras foram encaminhadas para o Laboratório Agroambiental da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, no qual foram feitas as leituras dos elementos cromo e cobre, e para o Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Instituto Federal do Sertão (IF-SERTÃO), Campus de Petrolina-PE, para a leitura do elemento boro. A retenção total do CCB foi obtida pelo somatório da retenção de cada elemento, considerando-se as respectivas Situações e Posições.

Análise dos dados

Os dados relativos ao diâmetro, ao volume das peças e à massa específica básica foram submetidos

à análise de variância (teste de F). As penetrações e as retenções na madeira totalizaram 36 análises para as 16 peças estudadas. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial, considerando-se dois fatores: fator Situação, com três níveis (normal, posterior, imerso), e fator Posição, com três níveis (base, meio, topo). No caso do grupo de peças não submetido ao tratamento preservativo (testemunha), suas amostras foram analisadas, considerando-se a interação entre os fatores Elemento (cobre, cromo e boro) e Posição (base, meio e topo), além da quantidade total desses elementos. Os valores de penetração e os de retenção foram analisados, verificando-se o efeito da interação e o dos fatores principais (Situação e Posições). As variáveis penetração e retenção foram transformadas em logaritmo neperiano e raiz quadrada, respectivamente, a fim de homogeneizar as variâncias. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Para todos os casos, considerou-se um nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características das peças

Considerando-se o diâmetro médio, o volume e a massa específica básica, não se observou diferença estatística significativa nas três situações estudadas. Já para a umidade, foi observada diferença estatística significativa, em que a situação Imersa diferenciou-se das demais (Tabela 2).

TABELA 2: Comparações entre as situações estudadas para as propriedades físicas de peças roliças de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. submetidas ao tratamento preservativo pela técnica de substituição de seiva.

TABLE 2: Comparisons among the studied situations for the physical properties of round pieces of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC subjected to preservative treatment by the sap substitution technique.

Situação	Número de repetições	Diâmetro médio (cm)	Volume (dm ³)	Umidade (%)	Massa específica básica (g/cm ³)
Normal	4	6,40 a	6,19 a	52,00 b	0,69 a
Posterior	4	6,74 a	6,90 a	48,56 b	0,67 a
Imersa	4	6,20 a	5,82 a	82,41 a	0,61 a
F _{cal}		1,13	1,15	129,00	3,08
p		0,3657	0,3551	<0,001	0,0955

Em que: F_{calc} = valor de F calculado; p = valor p. Médias seguidas pela mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A diferença estatística não significativa ao comparar o volume de madeira, assim como a massa específica básica nas três situações, indica que foi possível obter uma homogeneidade dentre as peças, o que é atribuído à prévia observação dos valores do diâmetro a altura do peito ainda a campo, sendo tal comportamento benéfico, indicando que os demais resultados obtidos neste estudo não foram influenciados por esses fatores.

A umidade apresentou um comportamento benéfico quando os troncos foram mantidos imersos em água antes de serem submetidos à imunização, atingindo 82%, enquanto nas demais situações, foi observado um valor aproximado de 50%. Comparando a situação Normal com a Posterior, não foi observada qualquer diferença estatística significativa, apesar de tais valores de umidade serem inferiores à situação Imersa.

Para a mesma espécie, Farias Sobrinho, Paes e Furtado (2005) citaram umidade média de 56,6% no momento da imunização dos troncos, valor esse próximo ao obtido no presente estudo para as situações em que as peças não foram previamente imersas. Consideraram esse valor baixo, alegando ser a causa da dificuldade de penetração e difusão do preservativo nas peças, uma vez que esses autores não obtiveram bons resultados.

Em relação à quantidade dos elementos cobre, cromo e boro nos troncos não tratados, a interação entre os fatores (Elemento x Posição) apresentou-se não significativa (F = 0,18 e p = 0,9475). Em relação

aos efeitos principais, o fator Posição também se apresentou não significativo; porém, o fator Elemento apresentou-se significativo, de modo que o boro destacou-se pela sua maior concentração (0,22 kg/m³). Considerando a totalidade dos elementos químicos, o valor médio foi de 0,23 kg/m³, sem apresentar diferença estatística significativa entre as distintas posições, com grande contribuição do boro (Tabela 3).

TABELA 3: Comparações múltiplas entre médias para a retenção dos elementos cobre, cromo e boro em peças roliças de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC não imunizadas.

TABLE 3: Multiple comparisons among averages for retaining the elements copper, chromium, and boron in non-immunized round wood pieces of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

Fator	Elemento	Fator	Posição	Retenção	Total (kg/m ³)
Níveis do fator	Retenção (kg/m ³)	Níveis do fator	Retenção (kg/m ³)		
Cobre	0,00011 a	Base	0,00512 a	Base	0,20689 a
Cromo	0,00762 b	Meio	0,00552 a	Meio	0,22539 a
Boro	0,22071 c	Topo	0,00662 a	Topo	0,25671 a
F _{cal}	1174,20	F _{cal}	1,42	F _{cal}	0,37
p	<0,001	p	0,2603	p	0,7026

Em que: F_{calc} = valor de F calculado; p = valor p. Análises de variância e comparações de médias realizadas com dados transformados para raiz quadrada. Médias são apresentadas nos valores originais. Médias seguidas pela mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Absorção de solução pelos troncos

Foi absorvido um total de 53,3 L de solução, sendo que os troncos submetidos à situação Normal foram responsáveis por 16,2 L (28,8% do total); os da situação Posterior absorveram 13,6 L (24,1% do total), sendo a maior parcela absorvida pelos troncos submetida à situação Imersa (26,5 L), correspondendo a 47,1% do total absorvido. Observa-se, portanto, uma relação direta entre a umidade dos moirões e a quantidade de solução absorvida por eles, com uma menor absorção da solução imunizante pelos troncos de menor umidade e uma maior absorção pelos troncos previamente imersos em água.

Penetração dos elementos boro e cobre

Em relação à penetração do elemento boro, a interação entre os fatores (Situação x Posição) apresentou-se não significativa (F = 1,21 e p = 0,333). Em relação aos efeitos principais, o fator Situação apresentou-se não significativo; contudo, o fator Posição apresentou-se significativo. Para o elemento cobre, a interação entre os fatores também se apresentou não significativa (F = 0,83 e p = 0,5199); todavia, os efeitos principais foram significativos (Tabela 4).

TABELA 4: Comparações múltiplas entre médias da penetração dos elementos boro e cobre em peças roliças de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. submetidas ao tratamento preservativo pela técnica de substituição de seiva.
 TABLE 4: Multiple comparisons among penetration averages of the elements boron and copper in round pieces of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. subjected to preservative treatment by the sap substitution technique.

Elemento	Fator	Situação	Fator	Posição
	Níveis do fator	Penetração (mm)	Níveis do fator	Penetração (mm)
Boro	Normal	6,63 a	Base	10,91 a
	Posterior	8,76 a	Meio	6,63 b
	Imersa	8,43 a	Topo	6,78 b
	F _{calc}	1,76	F _{cal}	6,21
	p	0,195	p	<0,001
Cobre	Normal	4,74 b	Base	10,41 a
	Posterior	8,39 a	Meio	5,97 b
	Imersa	7,94 a	Topo	5,07 b
	F _{calc}	5,64	F _{cal}	8,04
	p	0,0101	p	0,0023

Em que: F_{calc} = valor de F calculado; p = valor p. Análises de variância e comparações de médias realizadas com dados transformados para logaritmo neperiano. Médias são apresentadas nos valores originais. Médias seguidas pela mesma letra, em uma mesma coluna e para o mesmo elemento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Referindo-se ao fator Situação, o elemento boro não foi influenciado significativamente, ao contrário do cobre, que apresentou penetração baixa na situação Normal, sendo que o maior valor ocorreu quando os troncos foram submetidos à solução imunizante após 24 horas, comportamento esse não esperado. Tal fato provavelmente ocorreu devido a fatores anatômicos da espécie, uma vez que, assim como a maioria das espécies que se desenvolve na região semiárida, as árvores utilizadas neste estudo apresentavam troncos levemente tortuosos, presença de alguns nós e bifurcações, e densidade média (aproximadamente 0,66 g/cm³), características proporcionadas pelo crescimento lento devido às adaptações ao clima e aos solos rasos.

Uma vez que a diferença de 22 horas que se transcorreram entre os troncos submetidos à situação Posterior quando comparada à situação Normal não foi suficiente para causar diferenças estatísticas significativas na umidade (52% na situação Normal e 48,6% na situação Posterior), pode-se considerar que as influências anatômicas foram predominantes para a ocorrência desse comportamento.

Para o fator Posição, para ambos os elementos, a porção basal apresentou os maiores valores de penetração, diferindo estatisticamente dos demais níveis do fator. Trata-se de um comportamento natural, visto que, nessa posição, tem-se um maior tempo de contato do tronco com a solução preservativa, favorecendo inclusive o movimento espontâneo dos elementos da solução para a madeira por difusão (TORRES et al., 2011). O fato de os moirões não terem sido invertidos ao final do período de imunização também favoreceu para que as posições mediana e superior apresentassem o mesmo comportamento.

Trabalhando com a mesma espécie, Farias Sobrinho, Paes e Furtado (2005) também citaram valores superiores nas posições em que as peças ficaram imersas no produto preservativo. Ainda para a algaroba, Paes et al. (2006) também encontraram valores superiores na posição situada a 50 cm da base da peça, decrescendo à medida que se aproximava da parte superior (10 cm do topo das peças). Em troncos de eucalipto, Torres et al. (2011) observaram, em relação à posição, maior penetração do elemento cobre nas porções inferiores das peças do que nas posições intermediárias e superiores.

Referindo-se a tratamentos industriais, a Norma Regulamentadora ABNT NBR 9480 (2009) descreve que o produto preservativo deve penetrar totalmente no alburno. No entanto, nada descreve sobre os métodos não industriais, visto que não é possível obter essa eficiência.

Herrera (1977) citou que, se a espessura do alburno for menor que 2,0 cm, o produto preservativo deve ser impregnado de forma total e que, quando esse valor for superior, a penetração deve ser de no míni-

mo 85% de espessura, fato de maior dificuldade de ser obtido quando se trata de processos não industriais de tratamento de madeira.

Modes et al. (2011) seguiram recomendação de Galvão et al. (1968). Esses descreveram que uma penetração é considerada satisfatória quando ela for superior a 10 mm. Paes, Moreschi e Lelles (2001) encontraram valores de penetração do elemento cobre na área basal de 2,5 mm, usando o método de imersão prolongada, sendo também abaixo de 10 mm.

Comparando-se a penetração dos elementos, maiores valores ocorrem para o boro, sendo a causa mais provável a maior mobilidade desse em relação ao cobre. Outra explicação seria o fato de o produto revelador do boro ser mais eficiente que o do cobre (PAES, 1991; PAES et al., 2006).

Retenção dos elementos cobre, cromo e boro

Para os três elementos avaliados, quando considerados separadamente, não apresentaram interação significativa entre os fatores (Situação x Posição), sendo, para o cobre, $F = 2,41$ e $p = 0,741$; para o cromo, $F = 1,86$ e $p = 0,1470$; e para o boro, $F = 1,17$ e $p = 0,3451$. Em relação ao efeito dos fatores principais, o fator Situação apresentou diferença estatística significativa entre seus níveis, em todos os elementos. Já para o fator Posição, não se observou diferença estatística significativa entre seus níveis, em todos os casos (Tabela 5).

TABELA 5: Comparações múltiplas entre médias para a retenção dos elementos cobre, cromo e boro em peças roliças de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. submetidas ao tratamento preservativo pela técnica de substituição de seiva.

TABLE 5: Multiple comparisons among averages for retaining the elements copper, chromium, and boron in round pieces of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. subjected to preservative treatment by the sap substitution technique.

Elemento	Fator	Situação	Fator	Posição
	Níveis do fator	Retenção (kg/m ³)	Níveis do fator	Retenção (kg/m ³)
Cobre	Normal	0,22 b	Base	0,76 a
	Posterior	0,44 ab	Meio	0,52 a
	Imersa	1,06 a	Topo	0,33 a
	F _{cal}	7,28	F _{cal}	1,97
	p	0,003	p	0,1587
Cromo	Normal	0,60 b	Base	1,70 a
	Posterior	0,88 b	Meio	1,32 a
	Imersa	2,60 a	Topo	0,75 a
	F _{cal}	10,18	F _{cal}	2,57
	p	<0,001	p	0,0955
Boro	Normal	1,56 a	Base	0,77 a
	Posterior	0,73 b	Meio	0,87 a
	Imersa	1,16 a	Topo	0,76 a
	F _{cal}	8,7	F _{cal}	0,37
	p	0,0012	p	0,6922

Em que: F_{calc} = valor de F calculado; p = valor p. Análises de variância e comparações de médias realizadas com dados transformados para raiz quadrada. Médias são apresentadas nos valores originais. Médias seguidas pela mesma letra, em uma mesma coluna e para o mesmo elemento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o fator Situação, os troncos que foram mantidos imersos em água destacaram-se por apresentar os maiores valores de retenção para os elementos cobre e cromo. O boro, por sua vez, apresentou uma retenção semelhante às peças que foram submetidas à imunização duas horas após seu abate, não diferindo estatisticamente. Considerando-se o fator Posição, para os elementos cobre e cromo, observa-se um maior valor de retenção na parte basal, reduzindo em função do aumento da altura dos troncos, apesar de as diferenças não serem estatisticamente significativas. Para o boro, essa variação não foi observada, o que pode comprovar sua maior mobilidade em relação aos demais elementos.

Retenção total do CCB

Para a retenção total, a interação entre os fatores apresentou-se não estatisticamente significativa ($F = 1,36$ e $p = 0,2726$). Em relação aos efeitos principais, o fator Situação apresentou-se significativo estatisticamente; porém, o fator Posição apresentou-se não significativo (Tabela 6).

TABELA 6: Comparações múltiplas entre médias para a retenção total dos elementos cobre, cromo e boro em peças roliças de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. submetidas ao tratamento preservativo pela técnica de substituição de seiva.

TABLE 6: Multiple comparisons among averages for the total retention of the elements copper, chromium and boron in round pieces of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. subjected to preservative treatment by the sap substitution technique.

Fator	Situação	Fator	Posição
Níveis do fator	Retenção total (kg/m ³)	Níveis do fator	Retenção total (kg/m ³)
Normal	1,81 b	Base	3,78 a
Posterior	2,70 b	Meio	3,23 a
Imersa	5,06 a	Topo	2,56 a
F _{calc}	11,42	F _{calc}	1,51
p	<0,001	p	0,2391

Em que: F_{calc} = valor de F calculado; p = valor p. Análises de variância e comparações de médias realizadas com dados transformados para raiz quadrada. Médias são apresentadas nos valores originais. Médias seguidas pela mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De um modo geral, para todos os níveis, observam-se valores de retenção inferiores à mínima recomendada pela ABNT NBR 9480 (2009), que é de 6,5 kg i.a./m³, referindo-se ao imunizante CCB para peças em contato com o solo. No entanto, a mesma norma estabelece uma retenção mínima de 4,0 kg i.a./m³ para peças suspensas, valor esse contemplado quando os troncos foram previamente imersos em água antes de serem submetidos à imunização. Apesar de essa norma técnica referir-se a tratamentos industriais, ela cita importantes parâmetros mínimos de qualidade nos processos de imunização de madeiras, já que não existem parâmetros relacionados a técnicas não industriais, incluindo a substituição de seiva.

O fato de os troncos mantidos imersos em água apresentarem os maiores valores de retenção comprova, mais uma vez, que a madeira, estando com condições de umidade maiores, apresentou maior facilidade de absorver o produto imunizante. Por outro lado, esperava-se que a situação Normal tivesse apresentado um valor superior à situação Posterior, visto que, nesse último caso, as peças foram submetidas à imunização após terem perdido certa quantidade de água, o que também proporcionou redução na absorção da solução.

Diversos motivos podem ter contribuído para esse comportamento, dentre as quais se pode citar a heterogeneidade das peças, as quais não possuíam exatamente a mesma idade, sendo classificadas pelo diâmetro. Considerando-se que o método de substituição de seiva é indicado para árvores jovens e com ausência de cerne, a escolha das árvores, baseando-se apenas pelo diâmetro, pode ter favorecido para a ob-

tenção de indivíduos com presença de cerne fisiológico. Existem ainda influências de outras características anatômicas tais como nós, que provocam desvios e/ou descontinuidades dos tecidos lenhosos; tiloses, que promovem fechamento dos vasos e reduzem a permeabilidade; extrativos, tais como óleos, graxas e substâncias fenólicas, que se impregnam nas células condutoras e reduzem a permeabilidade da madeira; lenho de reação, que pode apresentar comportamento muito distinto do lenho normal; assim como a proporção de lenho inicial e tardio, determinada pelo padrão de crescimento de cada árvore (ALBUQUERQUE; LATORRACA, 2000).

CONCLUSÕES

Moirões mantidos imersos em água durante 15 dias antes de serem submetidos ao tratamento preservativo apresentaram significativa melhoria de sua tratabilidade, mantendo uma distribuição uniforme dos produtos preservantes ao longo do seu comprimento, contemplando a exigência para o emprego em situações em que a madeira não esteja em contato direto com o solo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa concedida ao primeiro autor, à EMBRAPA e o IF-SERTÃO Zona Rural de Petrolina-PE, pelo apoio logístico nas análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 158-166, 2000.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MB 790**: Penetração e retenção de preservativos em postes de madeira. Rio de Janeiro, 1973. 19 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6232**: Penetração e retenção de preservativos em postes de madeira. Rio de Janeiro, 2013. 16 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480**: Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16202**: Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição. Rio de Janeiro, 2013. 65 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caa-tinga**. Brasília: MMA, 2010. 368 p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: diagnóstico do município de Patos, Estado da Paraíba. Recife: CPRM; PRODEEM, 2005. 10 p.
- FARIAS SOBRINHO, D. W.; PAES, J. B.; FURTADO, D. A. Tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 225-236, 2005.
- GALVÃO, A. P. M. **Características da distribuição de alguns preservativos hidrossolúveis em moirões de *Eucalyptus alba* Reinw. tratados pelo processo de absorção por transpiração radial**. 1968. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1968.
- HERRERA, J. A. R. Preservación de maderas por métodos sencillos y de bajo costo. **Ciencia Forestal**, Coyacan, v. 2, n. 8, p. 25-49, 1977.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Período de 18 de julho a 01 de agosto de 2013. [2013]. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA, J. C. D. **Método de substituição de seiva para preservação de mourões**. Colombo: EMBRAPA, 2003. 5 p. (Comunicado Técnico EMBRAPA, n. 97). Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/35558/1/com_tec97.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.

MODES, K. S. et al. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 579-589, 2011.

PAES, J. B. et al. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) a cupins subterrâneos (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Ambiência**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 51-64, 2006.

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

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. Tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e de *Eucalyptus viminalis* Lab. pelo método de imersão prolongada. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 65- 80, 2001.

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

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras.** 2000. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000.

TORRES, P. M. A. et al. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v.17, n. 2, p. 275-282, 2011.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira.** Viçosa, MG: SIF, 1984. 21 p. (Boletim técnico, 1).