



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS PATOS – PB



ÁTILA BRUNO DE MORAES ALMEIDA

**EFICIÊNCIA DA IMUNIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Azadirachta indica* COM CCB
POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA, COMBINADA COM IMERSÃO**

PATOS – PARAIBA – BRASIL

2019

ÁTILA BRUNO DE MORAES ALMEIDA

**EFICIÊNCIA DA IMUNIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Azadirachta indica* COM CCB
POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA, COMBINADA COM IMERSÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos, na Área de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Calegari

PATOS – PARAIBA – BRASIL

2019



A447e Almeida, Átila Bruno de Moraes.

Eficiência da imunização da madeira de Azadirachta indica com CCB por substituição de seiva, combinada com imersão. / Átila Bruno de Moraes Almeida. - 2019.

48 f.

Orientador: Professor Dr. Leandro Calegari.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

1. Imunização de madeira. 2. Azadirachta indica. 3. Dendrologia. 4. Madeira - estrutura anatômica. 5. Borato de cobre cromado - CCB. 6. Atendimento - microempresa. I. Calegari, Leandro. II. Título.

CDU:631.571(043.2)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

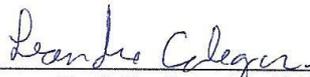
Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

ÁTILA BRUNO DE MORAES ALMEIDA

**EFICIÊNCIA DA IMUNIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Azadirachta indica* COM CCB
POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA, COMBINADA COM IMERSÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Aprovada em 30 de agosto de 2019



Prof. Dr. Leandro Calegari
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Orientador



Prof. Dr. Alexandre Santos Pimenta
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
1º Examinador



Prof. Dr. Pedro Nicó de Medeiros Neto
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
2º Examinador

Prof. Dr. Flávio Cipriano de Assis do Carmo
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
3º Examinador

Irtylo Morgano dos Santos Monteiro,
pelo companheirismo, parceria e paciência em
todos os momentos vividos juntos até agora.

DEDICO

Aos meus Avós Maternos,
Juvino Amaro Cordeiro (*In memoriam*) e
Geralda Cordeiro de Moraes, principais
alicerces da minha vida.

À minha mãe,
Geane Cordeiro de Moraes e meu pai
Arnaldo Lúcio Gomes de Almeida, por terem
me colocado neste mundo e por me
consentirem trilhar meu próprio caminho.

Aos meus irmãos,
Alicia Gabrielle Moraes Silva e
Edvaldo Fernandes Ferreira Junior.
Ao meu tio,
Gerson Cordeiro de Moraes.
Por ser motivo de orgulho e exemplo de vida
para cada um.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus Criador, fonte da vida e de toda sabedoria, por me permitir cumprir mais um ciclo da minha vida profissional e contribuir para a ciência do nosso sertão brasileiro.

A toda minha família, em especial à minha avó materna Geralda Cordeiro de Moraes e à minha mãe Geane Cordeiro de Moraes, que sempre apoiaram as minhas decisões.

Ao meu orientador, Prof^o. Dr^o. Leandro Calegari, por toda compreensão, atenção, ajuda, paciência e incentivo concedidos.

Aos membros da banca de qualificação, Prof^o. Dr^o. Alexandre Santos Pimenta e Prof^o. Dr^o. Pedro Nicó de Medeiros Neto, pela contribuição para melhoria deste trabalho.

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

Ao meu parceiro Irtylo Morgano dos Santos Monteiro e aos amigos de trabalho, Wagner Alex de Medeiros Silva, Pedro Jorge Goes Lopes e José Lenildo Barbosa Leite da Silva, pela força e apoio durante o período de execução da pesquisa.

Por fim, a todos que contribuíram diretamente e indiretamente e que permaneceram comigo durante este percurso acadêmico, por toda ajuda, compreensão e motivação.

OBRIGADO!

*“Não há tempo perdido quando se faz ciência, pois
um resultado diferente pode significar uma nova
descoberta”*

(Átila Almeida)

ALMEIDA, Átila Bruno de Moraes. **Eficiência da imunização da madeira de *Azadirachta indica* com CCB por substituição de seiva, combinada com imersão.** 2019. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2016.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da imunização da madeira de *Azadirachta indica*, tratada com (CCB) borato de cobre cromatado, através da técnica de substituição de seiva combinada com a técnica da imersão simples prolongada. Os fustes de *Azadirachta indica* foram coletados no Horto Florestal da Universidade Federal de Campina Grande Campus de Patos – PB. Foram selecionados aleatoriamente 16 indivíduos de nim, anotando-se os dados dendrométricos de cada fuste. Avaliaram-se quatro situações de (T) tratamento (três tratamentos T1, T2 e T3 submetidos à substituição de seiva com CCB e T4 testemunha). Duas das três situações foram sujeitadas à pré-imersão, uma em água (T1) e a outra em solução (T2). Após o tratamento, retiraram-se amostras das extremidades dos fustes para calcular a retenção do boro e instalar o teste de resistência a xilófagos (*Nasutitermes corniger*). Os resultados indicaram que o incremento da umidade dos tratamentos submetidos à pré-imersão (T1 e T2) favoreceu o processo de substituição de seiva e retenção do boro, diferenciando-se estatisticamente da situação em que não houve pré-imersão (T3). No teste de preferências alimentar dos cupins, não houve diferença entre os tratamentos T1, T2 e T3 em relação à perda de massa, mas os tratamentos se diferenciaram de T4 (testemunha). Contudo, os fustes de *Azadirachta indica*, submetidos à pré-imersão em água e à pré-imersão em solução, antes de serem submetidas ao tratamento preservativo, apresentaram significativa melhoria de sua tratabilidade e maior resistência ao ataque do *Nasutitermes corniger*. Na comparação dos dois pré-tratamentos, o da imersão em água teve maior destaque.

Palavras-chave: Tratabilidade da madeira. Umidade da madeira. Cupim.

ALMEIDA, Átila Bruno de Moraes. **Efficiency of *Azadirachta indica* wood immunization with CCB by sap substitution combined with dipping.** 2019. Dissertation – Masters Degree in Forest Sciences. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2016.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the immunization quality of *Azadirachta indica* wood, treated with chromed copper (CCB) borate, by the sap substitution technique combined with the prolonged simple immersion technique. The stems of *Azadirachta indica* were collected in the Forest Garden of the Federal University of Campina Grande Campus of Patos - PB. Sixteen neem individuals were randomly selected, noting the dendrometric data of each stem. Four (T) treatment situations were evaluated (three T1, T2 and T3 treatments submitted to sap replacement with CCB and T4 control). Two of the three situations were subjected to pre-immersion, one in water (T1) and the other in solution (T2). After treatment, samples were taken from the stem ends to calculate boron retention and to install the xylophagus resistance test (*Nasutitermes corniger*). The results indicated that the increase of moisture in the pre-immersion treatments (T1 and T2) favored the process of sap replacement and boron retention, statistically different from the situation in which there was no pre-immersion (T3). In the termite food preference test, there was no difference between T1, T2 and T3 treatments in relation to weight loss, but the treatments differed from T4 (control). However, *Azadirachta indica* stems submitted to pre-immersion in water and pre-immersion in solution before being subjected to preservative treatment showed significant improvement in their treatability and increased resistance to attack by *Nasutitermes corniger*. In the comparison of the two pre-treatments, the immersion in water was more prominent.

Keywords: Treatability of wood. Moisture of the wood. Termite.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Ilustração das dimensões dos corpos-de-prova da madeira de *Azadirachta indica* para o ensaio de retenção do boro.....38
- Figura 2** – Ilustração das dimensões dos corpos-de-prova da madeira de *Azadirachta indica* para ensaio biológico ao cupim *Nasutitermes corniger* 39
- Figura 3** – Ilustração da disposição dos corpos-de-prova da madeira de *Azadirachta indica* colocados no cupinzeiro para ensaio biológico de preferência alimentar com térmitas39
- Figura 4** – Absorção do CCB na madeira de *Azadirachta indica* durante o processo de imunização por substituição de seiva41
- Figura 5** – Comparações das médias de perda de massa de *Azadirachta indica* submetida ao teste biológico à cupim xilófago *Nasutitermes corniger* 44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Comparações de médias das características da madeira de *Azadirachta indica* para todas as situações de tratamentos40
- Tabela 2** – Comparações de médias dos teores de umidade da madeira de *Azadirachta indica* submetidas à pré-imunização por imersão simples prolongada..... 42
- Tabela 3** – Comparações de médias da retenção de boro e perda de massa de amostras da madeira de *Azadirachta indica* para todas as situações de tratamento 43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivo específico.....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 Estrutura anatômica da madeira	15
3.1.1 Influência dos elementos macroscópicos da madeira	15
3.1.2 Influência dos elementos microscópicos da madeira	16
3.2 Densidade da madeira	17
3.3 Umidade.....	17
3.4 Estrutura química da madeira	18
3.5 Importância da imunização de madeiras	19
3.6 Técnicas de tratamento imunizantes de madeira.....	20
3.6.1 Métodos industriais	20
3.6.2 Métodos não industriais ou caseiros	20
3.7 Produtos preservantes para a madeira.....	21
3.8 Avaliação da tratabilidade da madeira por testes químicos	22
3.8.1 Penetração dos preservativos na madeira	23
3.8.1 Retenção dos preservativos na madeira.....	23
3.9 Avaliação da tratabilidade da madeira por testes biológicos	24
3.10 Avaliação de tratabilidade em espécies do semiárido	24
3.11 Características gerais da <i>Azadirachta indica</i>.....	26
REFERÊNCIAS.....	27
CAPÍTULO 1 - EFICIÊNCIA DA IMUNIZAÇÃO DE MOIRÕES DE <i>Azadirachta indica</i> POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA, COMBINADA COM IMERSÃO	33
RESUMO.....	34
ABSTRACT	34
1 INTRODUÇÃO	35
2 METODOLOGIA.....	35
2.1 Seleção das árvores.....	35

2.2	Preparo dos troncos.....	36
2.3	Determinação da umidade, massa específica básica e volume de madeira tratável...	36
2.4	Preparo da solução imunizante	36
2.5	Processo de imunização.....	36
2.5.1	Processo de imunização pela técnica de imersão simples prolongada.....	36
2.5.2	Processo de imunização pela técnica de substituição de seiva.....	37
2.6	Monitoramento das condições ambientais durante a imunização	37
2.7	Secagem e amostragem dos moirões tratados.....	37
2.8	Análises da retenção do boro.....	37
2.8.1	Seleção dos corpos de prova	37
2.8.2	Digestão dos corpos de prova	38
2.8.3	Quantificação do elemento boro na solução.....	38
2.9	Teste biológico para avaliação da resistência a cupim xilófago (<i>Nasutitermes corniger</i>)	38
2.9.1	Preparo dos corpos de prova	38
2.9.2	Implantação e condução do ensaio biológico de alimentação forçada.....	39
2.9.3	Avaliação da resistência aos cupins	39
2.10	Análise dos dados.....	40
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.1	Caracterização dos troncos de <i>Azadirachta indica</i> submetidos à imunização.....	40
3.2	Umidade da madeira de <i>Azadirachta indica</i>	42
3.3	Análises de retenção do boro e perda de massa da madeira de <i>Azadirachta indica</i> ...	43
3.4	Teste de preferência alimentar	44
4	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Dentre os materiais de origem biológica, a madeira é um dos mais utilizados por possuir características químicas e físicas que permitem sua aplicação a diversos fins, tais como, construção civil, movelaria e produção de celulose. O setor madeireiro movimenta parte da economia mundial, e o Brasil tem uma fatia representativa por ser um dos maiores produtores de madeira no mundo.

Com o aumento da demanda de madeira no mercado mundial, surgiu a necessidade da aplicação de novas tecnologias para beneficiar e aprimorar sua utilização. Mesmo sendo resistente e durável, a madeira também possui limitações, pois está susceptível ao ataque de organismos que biodeterioram sua estrutura e inviabilizam seu uso. No entanto, existem alguns tratamentos imunizantes que melhoram as condições físicas e químicas da madeira com o objetivo de preservar a estrutura anatômica e morfológica do lenho por mais tempo, atuando como repelentes a organismos biodeterioradores.

Os tratamentos preservativos de madeira também podem ser aplicados de forma caseira e não somente pelas grandes indústrias (MODES et al., 2011). Sabendo-se que, no sertão nordestino brasileiro, também existe uma demanda por madeira, mesmo sendo em menor escala que outras regiões, os estudos de imunização de moirões e estacas com métodos não industriais surgem como uma alternativa para suprir a demanda regional de madeira tratada.

O método preservativo de substituição de seiva é uma alternativa para a produção de estacas e/ou moirões tratados em pequena escala, por ser um método caseiro, de fácil aplicabilidade e baixo custo. Este método é realizado em moirões recém-abatidos, assemelhando-se às condições naturais da planta no ambiente ao conduzir sua seiva através do xilema (TIBURTINO et al., 2016), podendo também ser combinado com outros métodos, como, por exemplo, o da imersão.

Assim como a substituição de seiva, a imersão substitui a seiva da planta ou os espaços vazios dos moirões pela água e/ou solução imunizante. Neste caso, as toras de madeira são dispostas no sentido horizontal, e não no sentido vertical como no caso anterior. A combinação dos dois métodos tem sido satisfatória para os testes de tratamento preservativo de madeira (ROSA et al., 2016).

O borato de cobre cromatado (CCB) vem sendo bastante utilizado e indicado na preparação de solução imunizante por apresentar resultados de fixação mais eficientes,

ou seja, menos lixiviação pós-tratamento e conseqüentemente menor impacto ao meio ambiente. Depois de fixados na madeira através do cromo, o cobre e o boro atuam como fungicida e inseticida, respectivamente.

Após a finalização, para avaliar a eficácia do tratamento a organismos xilófagos, existem alguns métodos, através dos quais se expõe a madeira a cupins por um determinado período de tempo e, posteriormente, analisa-se a resistência através da perda de massa, ou perda de densidade da madeira (LOPES et al., 2017b).

Sabendo-se que a caatinga possui predominantemente espécies vegetais rústicas de pequeno porte e que se faz necessária a sua conservação, a utilização de espécies exóticas adaptadas à região surge como alternativa para a demanda de estacas e moirões imunizados (PAES et al., 2014b). Dentre outras espécies vegetais, o nim indiano (*Azadirachta indica*) se destaca por ter um rápido crescimento em menor tempo em relação às espécies nativas, e isso pode ser uma alternativa para aplicação do teste preservativo e utilização de sua madeira na região semiárida.

A *Azadirachta indica* tem se mostrado adaptada às condições de clima e solo da região semiárida brasileira. Portanto, essa espécie pode ser uma alternativa quanto à utilização de madeira para estacas e moirões, evitando o desmatamento das espécies nativas e se tornando uma alternativa sustentável.

As temperaturas elevadas e baixas umidades relativas do ar, apresentadas em maior parte do ano no nordeste brasileiro, favorecem a evaporação da umidade da madeira, favorecendo o uso da técnica imunizante, substituição de seiva por promover uma melhor absorção da solução imunizante (PAES et al., 2014a). Apesar de existirem pesquisas com espécies florestais exóticas na caatinga com tratamento imunizante pelo método de substituição de seiva, poucas são as tentativas para aumentar, ou, pelo menos, manter o teor de umidade das peças roliças para melhorar sua tratabilidade, uma vez que as condições climáticas locais proporcionam uma rápida secagem da madeira.

Portanto, estudar espécies exóticas ao invés de explorar a vegetação nativa é justificável pelo fato de haver uma exploração excessiva das espécies da caatinga. A ausência de fiscalização e de políticas públicas eficazes para proteger e manejar esse bioma adequadamente, facilita ainda mais o seu desmatamento. Contudo, ao aplicar métodos de conservação da madeira de nim, além de ser uma alternativa sustentável, este recurso natural terá um tempo de vida útil maior, sendo, também, uma alternativa para não suprimir as espécies nativas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da imunização em estacas de nim indiano (*Azadirachta indica*) tratadas com borato de cobre cromatado (CCB) pela técnica de substituição de seiva, combinada com a técnica da imersão.

2.2 Objetivos específicos

- Mensurar a tratabilidade dos troncos por meio da análise de retenção do elemento boro.
- Conferir a resistência com aplicação de teste biológico a cupim xilófago.
- Verificar o efeito da prévia imersão dos troncos na solução imunizante, comparando-a com a prévia imersão em água.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Estrutura anatômica da madeira

A madeira é um tecido complexo das plantas lenhosas, e as células que constituem o tecido são dispostas em diferentes proporções e arranjos, sendo formado a partir do câmbio vascular. Estudos anatômicos da madeira têm como objetivo auxiliar na identificação das espécies, ou seja, compreender propriedades da madeira através de variáveis físicas como, por exemplo, massa específica, resistência mecânica e permeabilidade. O estudo dessas variáveis permite o entendimento do comportamento da madeira para fins tecnológicos, facilitando a escolha da espécie florestal de acordo com o objetivo de como será usada, seja no comércio ou zona rural (AMARAL, 2012; CHAGAS, 2013; BENITES et al., 2015).

A permeabilidade é uma variável muito importante para a estrutura anatômica da madeira, principalmente quando se refere à penetração de substâncias. Algumas espécies têm maior facilidade de penetração, enquanto que outras podem apresentar dificuldade de retenção por serem menos permeáveis. Nas folhosas, os vasos são as estruturas mais importantes na absorção dos preservativos, pois estes formam um caminho longitudinal ao longo da madeira, facilitando a condução de substâncias líquidas. Da mesma maneira, os preservativos podem ser absorvidos de forma radial e tangencial através dos pares de pontuações que se localizam entre os vasos (CHAGAS, 2013).

De um modo geral, o estudo da estrutura anatômica da madeira tem fundamental importância para a sua tratabilidade, fornecendo subsídios que permitem auxiliar a indicação do melhor tratamento preservativo de acordo com a estrutura da espécie que se estuda.

3.1.1 Influência dos elementos macroscópicos da madeira

A estrutura macroscópica de um lenho é aquela que pode ser observada a olho nu ou com equipamentos de lentes de aumento de pequena proporção (lupa 10x). Considerando o lenho na direção medula casca, encontram-se as estruturas conhecidas como medula, xilema, câmbio vascular, floema e casca (AMARAL, 2012; CHAGAS, 2013).

O xilema compreende a maior parte do lenho e é composta pela medula, cerne e alburno. Sua estrutura celular possui formas e funções diversas e é responsável pela condução de líquidos da madeira (AMARAL, 2012).

Para os estudos de tratamento de madeira, o alburno é a parte do tronco que tem maior responsabilidade quanto à condução de substâncias preservativas, pois é a parte mais jovem e funcional do xilema. Azevêdo (2014) relata que o alburno é a parte tratável do lenho. Chagas (2013) e Amaral (2012) reforçam esse conceito e ainda relatam que a sua permeabilidade é facilitada pela presença de pontuações funcionais não incrustadas e pelo baixo teor de extrativos.

O cerne constitui a parte mais velha do lenho e tem função estrutural. De acordo com o avanço da idade da árvore, essa estrutura também aumenta em relação ao alburno. Por ter maior resistência e não possuir estruturas ativas de condução de seiva como o alburno, o cerne não é considerado como parte tratável da madeira. Para testes de tratabilidade, indicam-se espécies mais jovens por possuírem mais alburno ou apenas alburno, ao invés de espécies com idades avançadas ou com presença de cerne (COSTA et al., 2017).

3.1.2 Influência dos elementos microscópicos da madeira

Os elementos microscópicos das folhosas são formadas por fibras, parênquima, raio e vasos, sendo que estes têm maior responsabilidade pela penetração e exclusão de substâncias líquidas na madeira das angiospermas (AMARAL, 2012).

Os vasos podem conter outras substâncias que, por sua vez, podem afetar ou diminuir o fluxo de condução, tal como a presença de tilos. Essas substâncias se formam nas células parenquimáticas que se encontram próximas a um elemento de vaso ou traqueíde inativo, projetando-se através das pontuações para dentro dos vasos, provocando a obliteração dos mesmos (HEERDT; MELO JUNIOR, 2016; MARCHIORI; MACHADO, 2016; PEREIRA et al., 2016). O tamanho, a ocorrência e a disposição dos vasos também são características a serem levadas em consideração na absorção, permeabilidade e/ou penetração, muito embora o seu diâmetro seja mais importante que o comprimento.

Os raios são estruturas extremamente variáveis e não possuem importância como os vasos, pois o fluxo de líquido e ar na direção radial não é eficaz, embora também auxiliem na absorção dependendo da disposição dos mesmos na espécie vegetal. Outra

explicação para a má condução de seiva no plano radial seria a presença de gomas e extrativos que dificultam também o fluxo de líquidos neste plano (LONGUI et al., 2010).

As fibras, por sua vez, são células das angiospermas e apresentam poucas e pequenas pontuações que exercem função de sustentação do lenho (BENITES et al., 2015). Inicialmente não tem função ligada à absorção, porém, quando a espécie vegetal possui tilos que obstruem os vasos, as fibras exercem a função primordial na absorção. Vale ressaltar também que a permeabilidade das fibras é um fator que pode favorecer ou não a condução do fluxo líquido (HEERDT; MELO JUNIOR, 2016; MARCHIORI; MACHADO, 2016).

3.2 Densidade da madeira

A densidade da madeira é um parâmetro físico muito importante, pois é influenciada pela composição anatômica e química, e a compreensão desse parâmetro é extremamente necessária quanto à produção e utilização de produtos florestais. Esse parâmetro é bastante variável entre gêneros, espécie e até mesmo na mesma planta (AZEVEDO, 2014; ALMEIDA et al., 2015; ALVES et al., 2017).

Para a determinação da densidade básica, segundo a Norma Brasileira (NBR) 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de 2002, basta relacionar a massa seca em estufa a (105 ± 2) °C pelo volume da madeira saturada. A durabilidade natural da madeira é uma característica que tem relação direta com a densidade, pois, quanto mais densa, mais resistente será, e, além da durabilidade, esse parâmetro é importante também no processo de secagem, no tratamento usado e na impregnabilidade de substâncias (MEDEIROS NETO et al., 2012; ALMEIDA et al., 2015; ALVES, 2017).

Para os testes de preservação da madeira, além da durabilidade, a densidade está relacionada aos mecanismos como na retratabilidade, tratabilidade, secagem e impregnabilidade. Esses mecanismos podem ser favorecidos ou não dependendo da massa celular e dos espaços vazios da madeira (AMARAL, 2012; ROSA et al., 2016).

3.3 Umidade

A umidade exerce influência direta quanto às propriedades físico-mecânicas da madeira, podendo essa relação ser favorável ou não. O cálculo da umidade é obtido na

relação direta entre a massa de água do lenho e sua massa (base seca) de acordo com a ABNT NBR 7190 (1997).

A água de um lenho pode ser encontrada de forma livre (H_2O : por força de capilaridade), adsorvida (H_2O : por pontes de hidrogênio) e/ou como água de constituição que se dá por ligações covalentes (H^+ e OH^-). Existe água de forma livre ou capilar quando está contida nos espaços vazios; adsorvida quando está quimicamente ligada à parede celular por pontes de hidrogênio, e água de constituição quando faz parte da parede celular, ou seja, sendo a água, neste caso, parte da estrutura da madeira (AMARAL, 2012).

A relação da água livre na madeira com a água adsorvida está diretamente ligada à umidade de saturação das fibras. Essa relação pode afetar o desempenho da madeira em absorver substâncias líquidas, porque a elevada umidade de um lenho diminui a fração de vazios na madeira. Para tratamentos preservativos caseiros como, por exemplo, imersão e substituição de seiva, a madeira não pode estar com umidade inferior ao Ponto de Saturação das Fibras sendo, portanto, primordial que se aplique o teste imediatamente após o abate dos moirões (TORRES et al., 2016; ALMEIDA et al., 2016).

3.4 Estrutura química da madeira

Os principais componentes químicos celulose, hemicelulose e lignina são os principais elementos que constituem a estrutura química da madeira e possuem alto grau de polimerização. Existem também os componentes chamados de acidentais que podem ser orgânicos (solventes orgânicos, solúveis em água e extrativos) e inorgânicos (minerais; cinzas) (AMARAL, 2012; CHAGAS, 2013).

Nos testes de preservação de madeira, a quantidade de lignina e de extrativos é determinante para a fixação das substâncias preservantes. Ainda segundo os mesmos autores, um teor elevado de lignina pode melhorar o tratamento imunizante, pois o cobre, quando distribuído na madeira, segue o mesmo padrão que a lignina, assim como também alguns extrativos reagem com o cobre (fungicida) e cromo (agente fixador) (AMARAL, 2012; CHAGAS, 2013; COSTA et al., 2017).

Segundo Costa et al. (2017), os estudos das propriedades anatômicas e químicas da madeira auxiliam no isolamento de fatores intrínsecos à espécie que se estuda e aumentam o rendimento e qualidade quanto ao uso da madeira.

3.5 Importância da imunização de madeiras

Mesmo se tratando de um único indivíduo vegetal, as características anatômicas e morfológicas não são semelhantes ao longo da madeira. Essa grande variabilidade anatômica e morfológica é o que permite ampla aplicação da madeira a diferentes situações (BENITES et al., 2015). Entretanto, quando exposta no ambiente, a madeira, mesmo sendo mecanicamente resistente, está sujeita ao ataque de organismos que biodeterioram sua estrutura. Daí surgiu a necessidade de tratá-la com substâncias químicas, que imunizam o lenho contra esses organismos, sejam eles fungos ou insetos (PAES et al., 2014a).

A imunização consiste em aplicar produtos químicos que atuam principalmente contra fungos e insetos (brocas; cupins) que biodegradam o lenho. A aplicação dos produtos imunizantes se dá através do tecido condutor da planta no sentido vertical e radial, e esses produtos contribuem para a proteção da madeira, aumentando seu tempo de vida útil (MODES et al., 2011).

Para Tiburtino et al. (2016), os estudos com tratamentos imunizantes são cada vez mais frequentes por causa da ascendência do uso da madeira que é um material vulnerável ao ataque de organismos xilófagos.

Lopes et al. (2017a) e Paes et al. (2014a), ao aplicarem solução imunizante para teste de tratabilidade, ressaltaram a importância dos tipos de elementos químicos aplicados na madeira visto que, quanto melhor for o processo de impregnação, menor será a lixiviação desses produtos no meio ambiente. Se o tratamento imunizante não for eficaz, no decorrer do tempo, os elementos tóxicos impregnados poderão lixiviar e poluir o ambiente em que a madeira está sendo utilizada. Na região semiárida, por exemplo, os tratamentos são aplicados a moirões e estacas que são utilizadas diretamente no ambiente e podem poluir o solo.

Contudo, para o Semiárido, os tratamentos preservativos caseiros têm se tornado uma alternativa para prolongar o tempo de vida útil da madeira visto que, devido às condições climáticas, na maioria das vezes, a madeira é atacada por cupins que biodeterioram sua estrutura rapidamente. Dentre esses xilófagos, destaca-se o *Nasutitermes corniger* (LOPES et al., 2017b; PAES et al., 2014a)

3.6 Técnicas de tratamento imunizantes de madeira

Existem várias técnicas de preservação da madeira e, dentre elas, Amaral (2012) destaca a preservação natural, indireta, biológica e química. A proteção natural consiste em evitar a exposição das peças de madeira no solo e umidade. Na indireta, o meio em que a madeira está sendo utilizada é tratado ao contrário do químico. O biológico requer o uso de organismos e agentes naturais que previnem e controlam biologicamente o ataque de xilófagos. Os procedimentos químicos se dividem em industriais (com pressão) e não industriais (métodos caseiros ou sem pressão).

3.6.1 Métodos industriais

Os métodos industriais são mais eficazes e proporcionam uma distribuição e penetração uniforme dos elementos preservativos na madeira. Entretanto, faz-se necessário o uso de equipamentos caros e complexos, como, por exemplo, a autoclave. Além disso, também é necessário ambiente para armazenamento da madeira e bombas de vácuo e pressão para auxiliarem no processo de imunização. Dentre esses processos, temos o da célula cheia e célula vazia (AMARAL, 2012). Na célula cheia, ocorre a aplicação de vácuo inicial, e o preservativo fica retido no lume e parede celular; na célula vazia, há retenção apenas nas paredes das células (lúmens vazios) e não há aplicação de vácuo inicial. Neste método, ocorre maior recuperação do preservativo, devendo a madeira estar com umidade entre 25 e 30% de acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR 9480 (2009).

3.6.2 Métodos não industriais ou caseiros

De acordo com Modes et al. (2011), Moreschi (2013), Rosa et al. (2016) e Tiburtino et al. (2016), dentre os métodos caseiros, há o pincelamento, por meio do qual se utiliza um pincel e se aplica a solução superficialmente na madeira; aspersão, que se baseia no mesmo princípio que o anterior, porém utiliza-se um aspersor ao invés de um pincel; imersão simples, em que a madeira é mergulhada em um grande recipiente contendo uma solução adequada, podendo ser rápida ou prolongada; substituição de seiva, que consiste em substituir a água ou seiva original do lenho recém-abatido por uma solução preservativa hidrossolúvel, em que se coloca a base da madeira ainda úmida em

um recipiente com a solução imunizante e, desse modo, ao evaporar a umidade da madeira, o preservativo é absorvido naturalmente.

3.6.2.1 Substituição de Seiva

O método de substituição de seiva pode ser por difusão simples ou dupla. Na difusão simples, a madeira verde é colocada em contato com alguma solução preservativa hidrossolúvel concentrada por um determinado tempo até que os ingredientes ativos penetrem em profundidade e em quantidades satisfatórias para assegurar a proteção. Na difusão dupla, o processo é semelhante, o que as diferenciam é que neste caso a madeira é colocada em duas soluções preservantes em tempos diferentes (MORESCHI, 2013).

Esse método pode ser estudado de várias formas, por exemplo, quando a madeira é colocada em diferentes concentrações de preservativos com o intuito de avaliar a melhor concentração, ou quando se modifica a umidade da madeira com pré-tratamentos, tendo em vista que esse parâmetro (umidade) é bastante influenciador na condução e impregnação do imunizante na peça tratada (LOPES et al., 2017a; AZEVÊDO et al., 2018).

3.6.2.2 Imersão simples prolongada

A imersão simples consiste em mergulhar a madeira em recipientes que a comportem no sentido horizontal. Assim como a substituição, para um melhor resultado nesse tratamento, os fustes devem ser colocados logo após o seu abatimento no campo, conservando a umidade. Ao mergulhar a madeira em água ou mesmo em solução, a higroscopia do lenho pode atuar de forma positiva e, conseqüentemente, melhorar a absorção do imunizante. Portanto, alguns autores usaram o método de imersão combinado com o de substituição de seiva, e os resultados têm apontado melhoria na retenção e distribuição dos agentes imunizantes (LOPES et al., 2017a; AZEVÊDO et al., 2018).

3.7 Produtos preservantes para a madeira

São produtos químicos introduzidos dentro da estrutura do lenho com o objetivo de torná-lo tóxico a fungos, bactérias e insetos xilófagos. Os produtos reagem com os

constituintes químicos da madeira, tornando-se insolúvel e conseqüentemente repelindo a ação de agentes biodegradadores (MENDES et al., 2014).

Souza e Demenighi (2017), abordam em seu trabalho alguns dos principais produtos imunizantes e, dentre eles, estão os preservativos hidrossolúveis, que são compostos a partir da associação de vários sais. O sulfato de cobre, dicromato de potássio ou sódio, sulfato de zinco, ácido crômico, ácido arsênico, ácido bórico, entre outros, são alguns dos compostos mais utilizados na imunização. As soluções aquosas desses sais penetram profundamente na madeira, reagem com as células do tecido lenhoso e produzem compostos insolúveis.

Dentre as combinações desses sais, destaca-se o arseniato de cobre amoniacal (ACA) que é preservativo hidrossolúvel à base de cobre e arsênio em solução amoniacal. O arseniato de cobre cromatado (CCA) é um sal hidrossolúvel muito eficiente e o mais utilizado em todo o mundo, sendo composto basicamente de arsênio (agente inseticida), cobre (agente fungicida) e o cromo (elemento fixador). Por fim, borato de cobre cromatado (CCB) é uma mistura de ácido bórico (agente inseticida), sulfato de cobre (agente fungicida) e bicromato de potássio ou sódio (elemento fixador), podendo ser misturado de modo artesanal, aplicado por imersão ou em autoclave (SOUZA e DEMENIGHI, 2017). De modo geral, os compostos de CCB são à base de cobre, cromo e boro e sugiram como alternativa de substituir os preservativos à base de arsênio por ter menor lixiviação.

3.8 Avaliação da tratabilidade da madeira por testes químicos

A avaliação da tratabilidade da madeira é realizada a partir de padrões de disposição dos elementos químicos impregnados na madeira; tais elementos são a penetração e a retenção (PAES et al., 2012; ABNT NBR 6232, 2013).

Segundo Amaral et al. (2014), para que a madeira tratada seja comercializada, a penetração e a retenção dos produtos imunizantes precisam ser satisfatórias. É importante ressaltar que a umidade e o diâmetro são variáveis importantíssimas quanto à impregnação dos produtos químicos. Para os mesmos autores, o diâmetro da parte tratável do tronco (alburno) e sua disposição ao longo da peça tratada podem beneficiar ou não a qualidade da imunização, dependendo da idade e quantidade de cerne presente, uma vez que, quanto mais jovem for o lenho, maior será sua área tratável. O alburno tem características tais como menor densidade, células jovens com parede celular mais fina e

se desenvolve mais rapidamente se comparado com o cerne, apresentando, conseqüentemente, maior permeabilidade.

Para teste de substituição de seiva, a umidade ou teor de água da madeira influenciam também na penetração e retenção de produtos imunizantes, pois a umidade elevada é um indicativo de que existem vários espaços ao longo do mourão aos quais a solução poderá ser substituída pela seiva da planta (AMARAL, 2012; MORESCHI, 2013).

3.8.1 Penetração dos preservativos na madeira

A penetração dos reagentes na madeira refere-se às profundidades nos sentidos axial e transversal, os quais os reagentes impregnaram no tecido lenhoso, e a unidade de medida é dada normalmente em milímetros. A forma como o preservativo é impregnado e sua avaliação ocorrem através de padrões de distribuição. A análise desses padrões é realizada a partir de observações colorimétricas em discos retirados de diferentes partes da peça tratada (AMARAL, 2012; TELEGINSKI et al., 2016).

Conforme abordam Mendes e Alves (1988), existem cinco padrões de distribuição: nula, vascular, parcial periférica, parcial irregular e total. Distribuição nula quando não há penetração do preservante; distribuição vascular quando não ocorre impregnação radial; distribuição periférica quando os elementos são impregnados de forma vascular e radial, mas sem completar a impregnação na parte tratável; distribuição total quando todo o tecido lenhoso tratável (alburno) é totalmente impregnado.

3.8.1 Retenção dos preservativos na madeira

A retenção é a quantidade de um produto impregnado por volume de madeira. Nos testes de preservação de madeira, a retenção de reagentes hidrossolúveis tem por unidade de medida a quantidade de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratável (kg de i.a. \times m⁻³) (MENDES; ALVES, 1988; AMARAL, 2012; VIDAL et al., 2015). A retenção é o fator mais importante no desempenho do material tratado e os padrões de quantidade de preservativo retido na peça de madeira são determinados por normas técnicas como as da ABNT NBR 6232 (2013) e ABNT NBR 9480 (2009), sendo que esta última norma técnica determina que a quantidade de ingrediente ativo seja de 6,5 kg de i.a. \times m⁻³ para uso direto no solo e 4,0 Kg de i.a. \times m⁻³ para peças suspensas.

3.9 Avaliação da tratabilidade da madeira por testes biológicos

Um teste biológico consiste em expor corpos-de-prova (CP's) de madeira tratada aos agentes biodeterioradores. Para calcular a eficiência da imunização, basta diferenciar a massa inicial (antes da exposição aos xilófagos) da massa resultante (após a exposição aos cupins) (LOPES et al., 2017b). Segundo Mendes et al. (2014), a tratabilidade da madeira proporciona melhores condições de durabilidade e resistência contra agentes biológicos degradadores.

Os cupins xilófagos estão no grupo dos agentes degradadores de madeira que mais prejudicam o lenho, em especial, os cupins de solo. Diante disso, mesmo as espécies mais resistentes ao ataque desses organismos são degradadas como, por exemplo, a *Azadirachta indica*. No entanto, a imunização é capaz de aumentar o tempo de vida útil da madeira (CORASSA et al., 2013).

Testes de resistência natural realizados por Corassa et al. (2013) apontam a necessidade de tratar a madeira contra insetos. Tiburtino et al. (2015), avaliando a eficiência do CCB a esses agentes xilófagos, concluíram que o tratamento foi eficaz para as duas espécies de bambus ao observarem alta resistência dos corpos de prova aos coleópteros e aos cupins de solo após o tratamento.

Ao tratar painéis de madeira, Mendes et al. (2014) concluíram que o tratamento preservativo com produtos CCA e CCB proporcionou aos painéis maior resistência contra os agentes biodeterioradores e que o CCB obteve melhor retenção do imunizante.

Lopes et al. (2017b), após aplicar ensaio de preferência alimentar, constatou aumento médio de resistência a cupins xilófagos *Nasutitermes corniger*, nove vezes maior, após aplicação de CCB na espécie vegetal *Prosopis juliflora*.

3.10 Avaliação de tratabilidade em espécies do semiárido

A região semiárida do nordeste brasileiro é caracterizada pelas elevadas temperaturas e pela irregularidade das precipitações durante o ano. Essas características fizeram com que a maioria das espécies do bioma se tornassem mais rústicas e resistentes às condições do clima e também aos agentes degradadores. Segundo Lopes et al. (2017b), as espécies florestais que possuem características fisiológicas, como as da região semiárida, podem ser tratadas por métodos preservativos caseiros e posteriormente avaliadas por meio de testes de resistências a organismos xilófagos.

Alguns pesquisadores realizaram trabalhos no semiárido com espécies exóticas, como, por exemplo, Paes et al. (2014a), que avaliaram a resistência da *Leucaena leucocephala* ao cupim *Nasutitermes cornirger* e Lopes et al. (2017b), que testaram a resistência da *Prosopis juliflora* em um ensaio de preferência alimentar submetido aos mesmos térmitas. Paes e colaboradores observaram, também, que, após três dias de tratamento, houve um incremento maior na penetração dos elementos cobre e boro, sendo que o boro obteve melhor penetração na base (distância de 0,5m).

Paes et al., (2009), testaram a resistência de nove espécies do semiárido a fungos xilófagos. Segundo eles, o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) foi a espécie mais resistente ao ataque dos xilófagos quando comparado com o cumaru (*Amburana cearensis*) e a cassia (*Senna siamea*).

Em outro trabalho, Paes et al. (2007), testaram a resistência natural de sete madeiras ao *Nasutitermes cornirger*. As espécies madeiras mais resistentes ao xilófago foram louro pardo (*Cordia trichotoma*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*). Observaram também que a leucena (*Leucaena leucocephala*) e o nim indiano (*Azadirachta indica*), que são espécies exóticas adaptadas à região, obtiveram resultados inferiores, destacando-se como menos resistentes (PAES et al., 2007).

Paes et al. (2014b) aplicou teste de substituição de seiva em fustes de *Leucaena leucocephala* e *Prosopis juliflora* com estacas invertidas e não invertidas. Os autores destacaram que houve maior penetração e distribuição do boro ao longo da madeira de *Prosopis juliflora* quando comparada com a *Leucaena leucocephala*. A retenção do boro também foi mais eficaz na *Prosopis juliflora* que teve 2,77 kg de i.a. x m⁻³ a mais que os fustes de *Leucaena leucocephala*. Os autores concluíram que as peças tratadas da *Prosopis juliflora* foram superiores aos valores mínimos exigidos pela ABNT NBR 9480 (2009) e poderiam ter contato com o solo.

Após Azevêdo (2014) ter avaliado três situações de tratamentos (imediate, posterior e imerso), os resultados apontaram diferenças significativas na condição 'imerso'. As diferenças foram observadas no teor de umidade e retenção do CCB na madeira de *Prosopis juliflora*, na qual a imersão diferenciou positivamente e estatisticamente das demais situações.

Pimenta (2016) observou que a prévia imersão dos troncos de *Azadirachta indica* proporcionou um aumento do teor de umidade de 22,35% em comparação com o

tratamento sem imersão prévia. O pré-tratamento condicionou, também, uma significativa melhoria e facilitou a penetração e distribuição do boro.

3.11 Características gerais da *Azadirachta indica*

A *Azadirachta indica* (A. Juss), nativa do continente asiático, originária da Índia, é conhecida no Brasil por nim e, em países de origem inglesa, por *neem*. Pertencente à família Meliaceae, essa espécie vegetal vem sendo cultivada em algumas regiões das Américas para fins medicinais, madeireiros e controle de pragas. Caracteriza-se por ser uma espécie adaptada a climas tropicais, sendo, portanto, tolerantes a períodos de estiagem. São adaptadas também a diferentes tipos de solo, entretanto se desenvolvem melhor em solos levemente salinos com pH entre 6,2 e 7,0. Tais características, como clima e, principalmente, solo favorecem o cultivo dessa espécie na região semiárida, justificando a ascendência de estudos com o nim no Nordeste brasileiro (FERNANDES et al., 2017).

O nim é uma espécie que normalmente apresenta fuste reto e diâmetro entre 25 e 30 cm quando adultos. A madeira tem densidades entre 0,56 a 0,85 g x cm⁻³, estando a média em torno de 0,70 g/cm³ (ARAUJO et al., 2000).

A espécie é utilizada também como madeira de lei, em reflorestamento e projetos de paisagismo. A sua adaptabilidade à região, somada às características fisiológicas, facilita o rápido crescimento em altura diâmetro e copa, por isso, também é muito utilizada na arborização de praças, ruas e canteiros (ROCHA et al., 2017).

Azadirachta indica vem se tornando há anos uma aliada importante para a área medicinal, agrícola e pecuária em todo o mundo e continua sendo estudada para diversos fins (BRASIL, 2013).

Na região semiárida brasileira, Pimenta (2016) realizou teste de tratabilidade da *Azadirachta indica* com CCB, para estudar a eficiência da imunização e a resistência da madeira a cupim xilófago.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Densidade Básica da Madeira. Rio de Janeiro, 2013. 6 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6232**: Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão. Rio de Janeiro, 2013. 20 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira. São Paulo, 1997. 107 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480**: Peças roliças de eucalipto preservadas para construções rurais - requisitos. ABNT, 2009.

ALMEIDA A. M. C.; OLIVEIRA E.; CALEGARI L.; MEDEIROS NETO P. N.; PIMENTA A. S. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), 2015, v.25, n.1, p. 165-167.

ALMEIDA D. H.; FERRO F. S.; ICIMOTO F. H.; TAKESHITA S.; MODES K. S.; ALMEIDA T. H.; CHRISTOFORO A. L.; LAHR F. A. R. Determinação da rigidez de *Pinus elliottii* em diferentes teores de umidade por meio de ensaios mecânicos não destrutivos. In: **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), v. 44, n. 110, 2016. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=03&Number=110>>. Acesso em: 02 de jun. de 2016.

ALVES R. C.; OLIVEIRA A. L. C.; CARRASCO E. V. M. Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell). In: **Revista Floresta e Ambiente**, v. 24, n.01, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.015312>>. Acesso em: 18 de mai. 2017.

AMARAL L. S. **Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros**. 2012. 81p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, MG, 2012.

AMARAL L. S.; SILVA J. R. M.; HEIN P. R. G.; TRUGILHO P. F. Influência do diâmetro e umidade no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus*. In: **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.5, p. 919-925, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v38n5/v38n5a16.pdf>>. Acesso em: 31 de mai. 2017.

ARAÚJO L. V. C.; RODRIGUEZ L. C. E.; PAES J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Revista Scientia Forestalis**. Piracicaba (SP), n. 57, p. 153-159, jun. 2000. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr57/cap11.pdf>>. Acesso em: 28 de jul. 2019

AZEVÊDO S. M. A. **Avaliação e eficiência do CCB na madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (sw.) D.C.) em diferentes teores de umidade pelo método da substituição de seiva.** 2014. 42f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, 2014.

AZEVÊDO S. M. A.; CALEGARI L.; OLIVEIRA E.; PIMENTA A. S.; J. B. PAES; LIMA C. R. Avaliação e eficiência do CCB na madeira de *Prosopis juliflora* (Sw.) Dc. pelo método da Substituição de Seiva. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, RS, v. 28, n. 4, p. 1704-1715, out.- dez de 2018. Disponível em : <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/35319/pdf>>. Acesso em: 01 de jun de 2019.

BENITES P. K. R. M.; GOUVÊA A. F. G.; CARVALHO A. M. M. L.; SILVA C. S. Caracterização anatômica das fibras de oito espécies florestais do Cerrado de Mato Grosso do Sul para a produção de papel. In: **Revista Ciência da Madeira**, v.6, n.2, p88-93, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4856>>. Acesso em: 06 de mai. 2017.

BRASIL R. B. Aspectos botânicos, usos tradicionais e potencialidades de *Azadirachta indica* (NEEM). **Revista Enciclopédia Biosfera**. Goiânia (GO), v. 9, n. 17, p. 3267, 2013. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/MULTIDISCIPLINAR/Aspectos.pdf>>. Acesso em: 26 de jul. 2019

CORASSA J. N.; CASTELO P. A. R.; STANGERLIN D. M.; MAGISTRALI I. C. Durabilidade natural da madeira de quatro espécies florestais em ensaios de deterioração em campo. In: **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas (RS), v. 04, n. 01, p. 108-117, 2013. Disponível em : <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4050/3194>>. Acesso em: 16 de jun. 2017.

COSTA A. C. S.; LEAL C. S.; SANTOS L. C.; CARVALHO A. M. M. L.; OLIVEIRA A. C.; PEREIRA B. L. C. Propriedades da madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus camaldulensis*. In: **Revista Ciência da Madeira**, v.8, n.1, p.10-20, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/8926>>. Acesso em: 18 de mai. 2017.

CHAGAS S. F. **Propriedades da madeira de *Tectona grandis*(L.f.), visando a sua utilização para peças preservadas.** 2013. 78f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Lavras, Viçosa, MG, 2013.

FERNANDES S. P. S.; ARRIEL E. F.; ALMEIDA E. P.; ARAUJO A. N.; ARRIEL D. A. A. Altura de de cepa para estabelecimento de minijardim clonal de nim (*Azadirachta indica* A. Juss). In: **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos (PB), v. 13, n. 01, p.67-71, 2017. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/870/pdf>>. Acesso em: 19 de jun. 2017.

HEERDT S. T.; MELO JUNIOR J. C. F. Anatomia sistemática e ecológica da madeira de seis espécies de *Nectandra* rol. Ex Rottb. (Lauraceae). In: **Revista Científica do Núcleo de Estudos Botânicos “Bauduino Rambo” (BALDUINIA)**, Santa Maria (RS), 2016, n. 54, p. 11-21. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/balduinia/article/view/22563/14724>>. Acesso em 02 de jun de 2017.

LONGUI E. L.; LIMA I. L.; JUNIOR F. G. S.; BULOFO A.; SUCKOW I. M. S.; FLORSHEIM S. M. B. Variação radial das características anatômicas, densidade aparente, teores de extrativos, lignina e holocelulose na madeira de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. In: **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, 2010, v.38, n.87, p. 341-353.

LOPES D. J. V.; PAES J. B.; JANKOWSKY I. P.; SEGUNDINHO P. G. A.; VIDAURRE G. B. Influências do Diâmetro e Umidade da Madeira na Qualidade do Tratamento Preservativo. **Revista Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro, 2017a, vol. 24, p. 1-10. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872017000100187&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em 17 de jul. 2019.

LOPES P. J. G.; CALEGARI L.; AZEVEDO S. M. A.; OLIVEIRA E. Resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) tratada com CCB contra cupins xilófagos. In: **Revista Agropecuária Científica do Semiárido**, Patos (PB), 2017b, v.12, n.03, p.273-279. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/847/pdf_1>. Acesso em: 05 de jun. de 2017.

MARCHIORI J. N. C.; MACHADO P. F. S. Anatomia do lenho em espécies sul-brasileiras da série *Stipellares* Benth. (*Mimosal.* – Fabaceae). 1 – fundamentos de taxonomia e anatomia da madeira. In: **Revista Científica do Núcleo de Estudos Botânicos “Bauduino Rambo” (BALDUINIA)**, Santa Maria (RS), 2016, n. 51, p. 25-31. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/balduinia/article/view/21425/13010>>. Acesso em 02 de jun. de 2017.

MEDEIROS NETO P. N.; OLIVEIRA E.; CALEGARI L.; ALMEIDA A. M. C.; PIMENTA A. S.; CARNEIRO A. C. O. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), 2012, v.22, n.03, p. 579-588.

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

MENDES R. F.; JUNIOR G. B.; GARLET A.; VIDAL J. M.; ALMEIDA N. F.; JANKOWSKY I. P. Resistência de painéis compensados de *Pinus taeda* tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. In: **Revista Cerne**, Lavras, 2014, v.20, n.01, p. 105-112. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v20n1/14.pdf>>. Acesso em: 22 de mai. 2017.

MODES K. S.; BELTRAME R.; VIVIAN M. A.; SANTINI E. J.; HASELEIN C. R.; SOUZA J. T. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus grandis*. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), 2011, v.21, n.03, p. 579-589. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/3816/2253>>. Acesso em 06 de jun. 2017.

MORESCHI J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2013, 4ª ed., 129p. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/METODOS%20DE%20TRATAMENTO.pdf>>. Acesso em: 30 de mai. 2017.

PAES J. B.; LOMBARDI L. R.; OLIVEIRA J. T. S.; SILVA L. F. SANTOS L. L. Qualidade de moirões de eucalipto tratados comercializados em três municípios do Espírito Santo. In: **Revista Floram (Floresta e Ambiente)**, Rio de Janeiro, 2012, v. 19, n. 04, pag.475-482, 2012. Disponível em: <<http://www.floram.org/articles/view/id/5037713c5ce02a8913000004>>. Acesso em: 13 de mai. 2017

PAES J. B.; MELO R. R.; GUEDES R. S.; SOUZA P. F. Eficiência da madeira de leucena (*Leucaena leucocephala*) tratada com CCB contra cupins xilófagos em ensaio de laboratório. In: **Revista Floram (Floresta e Ambiente)**, Rio de Janeiro, 2014a, v. 21, n. 3, pag.384-393, 2014a. Disponível em: <<https://www.floram.org/journal/floram/article/doi/10.1590/2179-8087.032813>>. Acesso em 28 de out. 2016.

PAES J. B.; MELO R. R.; LIMA C. R.; OLIVEIRA E. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. In: **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.1, p.57-62, 2007. Disponível em: <<http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=1885&path%5B%5D=3559>>. Acesso em: 16 de jun.2017.

PAES J. B.; MORAIS V. M.; LIMA C. R.; SANTOS G. J. C. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simulares de campo. In: **Revista Árvore**, Viçosa, vol.33, n.3, p. 511-520, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n3/13.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

PAES J. B.; SANTOS G. C.; MELO R. R.; LIMA C. R.; NICOLAU SOBRINHO W. Efeito da inversão no tratamento de moirões submetidos ao método de substituição da seiva. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 211-221, 2014b. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/download/13338/8398>>. Acesso em: 19 de jun. 2017

PEREIRA B. L. C.; CARVALHO A. M. M. L.; OLIVEIRA A. C.; SANTOS L. C.; CARNEIRO A. C. O.; MAGALHÃES M.A. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, 2016, v.26, n.2. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22755/13437>>. Acesso em: 02 de jun. de 2017.

PIMENTA M. A. C. **Tratamento preservativo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) em diferentes níveis de umidade por substituição da seiva**. 2016. 38f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, 2016.

ROSA R. A.; PAES J. B.; SEGUNDINHO P. G. A.; VIDAURRE G. B.; OLIVEIRA A. K. F. Influências da espécie, tratamento preservativo e adesivos nas propriedades físicas do bambu laminado colado. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, 2016, v. 26, n. 3, p. 913-924. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/24220/14173>>. Acesso em: 02 de jun. de 2016.

ROCHA C. L. D.; FREITAS J. F.; ALMEIDA S. O.; SOUZA A. C. R. Caracterização quantitativa da arborização urbana no município de Itapuã do Oeste/RO. In: **Revista Saber Científico**, Porto Velho, v., n., p. 2017. Disponível em:

<<http://repositorio.saolucas.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1956/C%3%A1ssio%20Leandro%20Duarte%20da%20Rocha%20-%20Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20quantitativa%20da%20arboriza%C3%A7%C3%A3o%20urbana%20no%20munic%C3%ADpio%20de%20Itapu%C3%A3%20do%20Oeste%20RO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 de jun de 2017

SOUZA R. V.; DEMENIGHI A. L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. In: **Revista Mix Sustentável**, Santa Catarina, 2017, v.03, n.01, p.84-92. Disponível em:

<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1824/1060>>. Acesso em: 30 de mai. 2017.

TELEGINSKI E.; MACHADO G. O.; CHRISTOFORO A. L. L.; SILVA D. A. L.; SEGUNDINHO P. G. A.; LAHR F. A. R. Emprego de técnica de colorimetria e ferramentas de sensoriamento remoto para avaliar o tratamento por CCB de mourões de madeira. **Revista Scientia Forestalis**. Piracicaba, SP, v. 44, n. 111, p. 587-593, set. 2016. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr111/cap05.pdf>>. Acesso em 01 de mai. 2019.

TIBURTINO F. R.; PAES J. B.; VIDAURRE G. B.; BROCCO V. F.; ARANTES M. D. C. Resistência de duas espécies de bambu tratadas com ccb contra cupins e coleópteros xilófagos. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 425-435, 2015: Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/18462/pdf>>. Acesso em: 16 de jun. 2017.

TIBURTINO F. R.; PAES J. B.; VIDAURRE G. B.; ARANTES M. D. C.; ROSA R. A. Influência do diafragma no tratamento preservativo de duas espécies de bambu por substituição de seiva. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, 2016, v. 26, n. 3, p. 925-938. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/24221>>. Acesso em: 28 de out. de 2016.

TORRES P. M. A.; PAES J. B.; NACIMENTO J. W. B.; BRITO F. M. S.
Caracterização Físico-Mecânica da Madeira Jovem de *Eucalyptus camaldulensis* para
Aplicação na Arquitetura Rural. In: **Revista Florestal e Ambiente**, Rio de Janeiro,
2016, v. 23, n.01, p109-117. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872016000100109&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 02 de jun. de 2017.

VIDAL J. M.; EVANGELISTA W. V.; SILVA J. C.; JANKOWSKY I. P. Preservação
de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. In: **Revista Ciência
Florestal**, Santa Maria, 2015, v. 25, n. 1, p. 257-271. Disponível em:
<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/download/17484/pdf>>. Acesso em: 13 de jun.
2017.

CAPÍTULO 1

EFICIÊNCIA DA IMUNIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Azadirachta indica* COM CCB POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA, COMBINADA COM IMERSÃO

**EFICIÊNCIA DA IMUNIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Azadirachta indica* COM CCB
POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA, COMBINADA COM IMERSÃO**

Efficiency of *Azadirachta indica* wood immunization with CCB by sap substitution combined with dipping

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da imunização da madeira de *Azadirachta indica*, tratada com (CCB) borato de cobre cromatado, através da técnica de substituição de seiva combinada com a técnica da imersão simples prolongada. Os fustes de *Azadirachta indica* foram coletados no Horto Florestal da Universidade Federal de Campina Grande Campus de Patos – PB. Foram selecionados aleatoriamente 16 indivíduos de nim, anotando-se os dados dendrométricos de cada fuste. Avaliaram-se quatro situações de (T) tratamento (três tratamentos T1, T2 e T3 submetidos à substituição de seiva com CCB e T4 testemunha). Duas das três situações foram sujeitadas à pré-imersão, uma em água (T1) e a outra em solução (T2). Após o tratamento, retiraram-se amostras das extremidades dos fustes para calcular a retenção do boro e instalar o teste de resistência a xilófagos (*Nasutitermes corniger*). Os resultados indicaram que o incremento da umidade dos tratamentos submetidos à pré-imersão (T1 e T2) favoreceu o processo de substituição de seiva e retenção do boro, diferenciando-se estatisticamente da situação em que não houve pré-imersão (T3). No teste de preferências alimentar dos cupins, não houve diferença entre os tratamentos T1, T2 e T3 em relação à perda de massa, mas os tratamentos se diferenciaram de T4 (testemunha). Contudo, os fustes de *Azadirachta indica*, submetidos à pré-imersão em água e à pré-imersão em solução antes de serem submetidas ao tratamento preservativo, apresentaram significativa melhoria de sua tratabilidade e maior resistência ao ataque do *Nasutitermes corniger*. Na comparação dos dois pré-tratamentos, o da imersão em água teve maior destaque.

Palavras-chave: Tratabilidade da madeira. Umidade da madeira. Cupim.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the immunization quality of *Azadirachta indica* wood, treated with chromed copper (CCB) borate, by the sap substitution technique combined with the prolonged simple immersion technique. The stems of *Azadirachta indica* were collected in the Forest Garden of the Federal University of Campina Grande Campus of Patos - PB. Sixteen neem individuals were randomly selected, noting the dendrometric data of each stem. Four (T) treatment situations were evaluated (three T1, T2 and T3 treatments submitted to sap replacement with CCB and T4 control). Two of the three situations were subjected to pre-immersion, one in water (T1) and the other in solution (T2). After treatment, samples were taken from the stem ends to calculate boron retention and to install the xylophagus resistance test (*Nasutitermes corniger*). The results indicated that the increase of moisture in the pre-immersion treatments (T1 and T2) favored the process of sap replacement and boron retention, statistically different from the situation in which there was no pre-immersion (T3). In the termite food preference test, there was no difference between T1, T2 and T3 treatments in relation to weight loss, but the treatments differed from T4 (control). However, *Azadirachta indica* stems submitted to pre-immersion in water and pre-immersion in solution before being subjected to preservative treatment showed significant improvement in their treatability and increased resistance to attack by *Nasutitermes corniger*. In the comparison of the two pre-treatments, the immersion in water was more prominent.

Keywords: Treatability of wood. Moisture of the wood. Termite.

INTRODUÇÃO

O semiárido é a região mais ruralizada do Brasil, e o uso excessivo dos recursos naturais do bioma tem provocado o desaparecimento de algumas espécies florestais, tais como aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*), baraúna (*Schinopsis brasiliensis*) e umburana de cheiro (*Amburana cearensis*) (GUILHERMINO et al., 2019). Em contrapartida, a busca por alternativas sustentáveis faz com que aos poucos as espécies exóticas substituam a demanda das nativas por moirões e estacas, diminuindo a supressão da vegetação nativa.

A *Azadirachta indica* é uma espécie exótica originária da Índia e se desenvolve com facilidade em regiões de climas tropicais. No semiárido brasileiro, é conhecida por nim e muito utilizada em paisagismo e arborização. Suas características fisiológicas facilitam o rápido crescimento em altura, diâmetro e copa (ROCHA et al., 2017). Essas características despertaram, também, o interesse pelo uso madeireiro do nim.

Em relação ao uso madeireiro, a tratabilidade da madeira é um fator importante para melhorar sua resistência a agente biodeterioradores. Dentre os métodos de tratamentos não industriais sem pressão, a imersão simples e substituição de seiva surgem com alternativas que visam proteger e aumentar a vida útil desse material biológico, seja para uso doméstico ou comercial.

A resistência da madeira a cupim *Nasutitermes corniger* varia de acordo com a espécie florestal (PAES et al., 2007); por isso, o tratamento preservativo é importante por condicionar ao lenho melhorias nas características que aumentam a resistência e o tempo de vida útil do mesmo.

A substituição de seiva é um tratamento em que o teor de umidade é fundamental no processo da troca de seiva pela solução preservativa (PIMENTA, 2016; AZEVÊDO, 2018). A combinação desse tratamento com o da imersão simples, que consiste em mergulhar a madeira em água, favorece ainda mais a tratabilidade, pelo aumento ocorrente do teor de umidade quando a madeira é imersa.

O (CCB) borato de cobre cromatado foi a composição química utilizada na preparação da solução imunizante do trabalho por apresentar resultados de fixação mais eficientes, ou seja, menos lixiviação pós-tratamento e consequentemente menor impacto ao meio ambiente. O cromo é o agente fixador do cobre e do boro que atuam como fungicida e inseticida, respectivamente (SOUZA e DEMENIGHI, 2017).

Existem algumas pesquisas com espécies florestais exóticas realizadas no semiárido, aplicação de tratamento imunizante pelo método de substituição de seiva combinado com imersão simples (PIMENTA, 2016; LOPES et al., 2017; AZEVÊDO, 2018). A combinação desses métodos visa aumentar, ou pelo menos manter, o teor de umidade das peças roliças para melhorar sua tratabilidade, uma vez que as condições climáticas locais (clima seco, vento e elevadas temperaturas) proporcionam uma rápida secagem da madeira.

Diante dessa problemática, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade da imunização da madeira de *Azadirachta indica*, tratada com CCB, pela técnica de substituição de seiva combinada com a técnica da imersão simples prolongada.

METODOLOGIA

Seleção das árvores

Os fustes de *Azadirachta indica* foram coletados no Horto Florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande Campus da Cidade de Patos – PB. O Horto Florestal está inserido nas coordenadas 7°1'28" S e 37°16'48" O, a 242 metros de altitude.

Foram selecionados aleatoriamente 16 indivíduos provenientes de regeneração natural, anotando-se os dados dendrométricos. Selecionaram-se fustes que possuíam troncos retos, diâmetro à altura do peito (DAP) menor que 15 cm (com casca), altura comercial de aproximadamente 2,0m até a primeira bifurcação, ausência de nós e bom estado fitossanitário. Imediatamente antes do corte, os fustes foram agrupados de maneira a formarem quatro grupos com circunferências médias semelhantes.

Preparo dos troncos

Imediatamente após o corte dos fustes, retirou-se um disco na parte superior e um na parte inferior de cada fuste para obter o parâmetro umidade de campo (base seca). Os fustes foram descascados com ferramenta manual e, com uma escova de cerdas de aço, foram raspados para remover os vestígios de casca, a fim de serem submetidos aos testes de imunização.

O processo de abate foi realizado em dias alternados para que o método de imunização por imersão simples pudesse ser combinado com o de substituição de seiva, a fim de que a etapa final (substituição de seiva) fosse realizada simultaneamente.

Determinação da umidade, massa específica básica e volume de madeira tratável

Imediatamente antes da submissão dos fustes a imunização por substituição de seiva, as estacas tiveram seus comprimentos fixados em 1 m. De cada referência (base e topo), foram retirados dois discos, totalizando quatro discos de cada fuste para calcular os diâmetros médios e para obter os parâmetros de densidade básica e umidade base seca (após a imersão).

Nos dois primeiros discos de cada extremidade, foram tracejadas duas linhas perpendiculares passando pela medula para obtenção da dimensão do cerne e alburno a partir da medição direta com auxílio de um paquímetro digital com graduação milimétrica.

No segundo par de discos obtido nas extremidades, foram coletadas as variáveis umidade e massa específica básica. Neste caso, também foi tracejando uma linha dividindo os discos em quatro partes, ou seja, duas partes do disco superior e duas do inferior, sendo as cunhas opostas utilizadas para a determinação da massa específica básica e umidade na base seca em conformidade com a Norma Brasileira ABNT NBR 11941 (2003).

Preparo da solução imunizante

Foram preparados 50 litros da solução preservativa borato de cobre cromatado (CCB) numa concentração de 2% de ingredientes ativos, segundo a ABNT NBR 16202 (2013), a qual estabelece uma formulação de 63,5% de cromo, 26,0% de cobre e 10,0% de boro. O dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) foi utilizado como fornecedor de cromo, o sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), como fornecedor de cobre, e o ácido bórico (H_3BO_3), como fornecedor de boro, além de 0,25 mL/L ácido acético para melhorar a solubilidade da mistura (MAGALHÃES; PEREIRA, 2003; AZEVÊDO et al., 2018).

Processo de imunização

Avaliaram-se quatro situações distintas (três situações submetidas a tratamentos de imunização e uma como testemunha) cada qual com quatro fustes a fim de contemplar o método de imersão simples e/ou substituição de seiva e testemunha:

(T1) Tratamento 1: Após o corte, os fustes foram imediatamente submersos em água durante 15 dias e depois submetidos ao método substituição de seiva por mais 15 dias;

(T2) Tratamento 2: Após o corte, os fustes foram imediatamente submersos durante 15 dias em um tanque contendo solução imunizante (CCB a 1% de i.a.) e posteriormente submetidos ao teste de substituição de seiva por mais 15 dias;

(T3) Tratamento 3: Após o corte, os fustes foram imediatamente submetidos ao teste de substituição de seiva por 15 dias;

(T4) Tratamento 4: Neste caso, os fustes foram apenas dispostos em local seco e ventilado sendo utilizados apenas como testemunha para as demais situações.

Processo de imunização pela técnica de imersão simples prolongada

Após a colheita e procedimentos pré-imunização dos fustes, estes foram divididos em 3 grupos conforme semelhança de diâmetro médio. Os grupos T1 e T2 foram submersos em covas impermeabilizadas com lona; T1 foi imerso em água e T2 em solução de CCB, ambos durante 15

dias antes de serem submetidos à técnica de substituição de seiva. O 3º grupo formou o T4, tratamento testemunha. A pré-imersão simples prolongada foi adaptada às metodologias de Azevêdo et al., (2018) e Lopes et al., (2017).

Processo de imunização pela técnica de substituição de seiva

Após decorrer 15 dias da imersão dos fustes, foi realizada a colheita de mais 4 fustes para iniciar o processo de imunização por substituição de seiva formando o grupo 3 (T3). Depois dos procedimentos pré-imunização, os 4 fustes foram submetidos ao teste substituição de seiva simultaneamente com as peças imersas 15 dias antes (em água ou solução de CCB).

Para a aplicação deste método, foram selecionadas previamente 16 garrafas de polietileno de 2 litros. As garrafas foram cortadas e graduadas em 1 litro com uma bordadura de aproximadamente 4cm após a marcação do litro. As garrafas foram expostas no meio de uma estrutura de madeira. A estrutura sustentou os fustes em pé e dentro das garrafas. Em seguida, a solução de CCB foi colocada em cada garrafa até chegar a marca de 1 litro. Toda essa estrutura foi montada em local seco, ventilado, sem a incidência direta do sol e protegido de pessoas e animais.

A estrutura era monitorada diariamente a fim de manter sempre o mesmo nível de solução para que não interferisse na absorção e com a parte aérea separada para facilitar a circulação do ar, bem como a evaporação da seiva. A quantidade de solução absorvida foi observada diariamente, com reposição da mesma, sendo o processo finalizado após 15 dias com o consumo de solução devidamente registrado.

Monitoramento das condições ambientais durante a imunização

As condições ambientais monitoradas no estudo foram cedidas pelo site do (INMET) Instituto Nacional de Meteorologia.

A avaliação das condições ambientais durante o experimento foi feita através da análise de parâmetros ambientais. As médias de temperatura (29,4°C máx.; 28°C mín.), umidade relativa do ar (33,9% máx.; 31,3% mín.) e velocidade do vento (4,5 m/s) se mantiveram na média. Não houve precipitações durante o experimento. Os dados foram coletados da Estação Meteorológica 81913, localizada em Patos-PB e não foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros ambientais (INMET, 2018).

Secagem e amostragem dos moirões tratados

Ao final do processo de imunização, os fustes foram empilhados em local seco, ventilado e coberto por um período de 30 dias, cujo objetivo era que secassem de forma natural para melhorar a fixação dos produtos imunizantes na madeira.

Inicialmente foi seccionado para descarte um disco de 5cm de cada extremo. Posteriormente retiraram-se os discos para as análises, tomando como referência a base e o topo. De cada referência, retiraram-se dois discos de 2cm de espessura para confecção dos (CP's) corpos-de-prova. Foram confeccionados dois CP's de cada disco para calcular a retenção de Boro e se submeter ao teste de resistência a cupim xilófago.

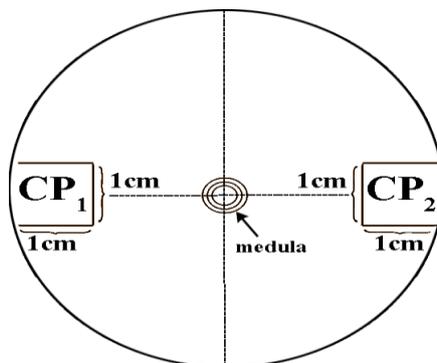
Análises da retenção do boro

Seleção dos corpos de prova

Dos discos destinados à análise de retenção, foram retirados corpos de prova com dimensões nominais de 1 x 1 x 2 cm da porção tratável do alburno em lados opostos da medula, totalizando duas repetições do topo e duas da base de cada fuste (Figura 1).

Figura 1 – Ilustração das dimensões dos corpos-de-prova da madeira de *Azadirachta indica* para o ensaio de retenção do boro.

Figure 1 – Illustration of the dimensions of the *Azadirachta indica* specimen for the boron retention test.



Fonte – Dados da pesquisa (2019)

Após a confecção dos CP's, as amostras foram identificadas e colocadas em estufa de circulação forçada de ar (100 ± 3 °C) até atingirem massa anidra. Foram medidas as dimensões (altura x comprimento x largura) com auxílio de um paquímetro digital com graduação em mm. Com as dimensões, calculou-se o volume anidro de cada amostra.

Digestão dos corpos de prova

Os CP's foram individualmente dispostos em cadinhos de porcelana e inseridos em forno mufla, sendo submetidos à temperatura de 550°C durante 5h. Após esse período, antes de retirar os cadinhos, a mufla foi desligada até esfriar. Nas cinzas geradas pela incineração, adicionaram-se 3 ml da mistura dos ácidos sulfúrico, perclórico e nítrico na proporção de 7: 2: 1 (vol./vol.), respectivamente. Essa mistura (cinza e ácidos) foi fervida em chapa de aquecimento durante 10 minutos, período suficiente para a liberação de vapores. Com auxílio de um Becker, a solução de ácidos e cinzas foi colocada num balão volumétrico e o balão completado com água destilada até atingir o volume de 100ml. A solução final foi armazenada em frascos plásticos (MIYAZAWA et al.,1999; MODES et al., 2011; FARIAS SOBRINHO; PAES; FURTADO, 2005; TORRES et al., 2011).

Quantificação do elemento boro na solução

Para quantificar o boro, usou-se a espectrofotometria visível a 460 nm pelo método da azometina (MIYAZAWA et al.,1999). O espectrofotômetro utilizado foi o VIS, modelo V-M5, com resultados expresso em ppm ou mg/L. A retenção do boro na madeira foi determinada pela Equação 1.

$$R = (\text{ppm} \times \text{Fe}) / V_{cp} \quad (1)$$

(R) retenção do elemento químico, em $\text{kg} \times \text{m}^{-3}$ de madeira tratada;

(ppm) leitura da concentração considerando o fator de diluição, em mg/L (ppm);

(Fe) fator estequiométrico (1,0000 para boro);

(Vcp) volume anidro do corpo de prova, em cm^3 ;

Teste biológico para avaliação da resistência a cupim xilófago (*Nasutitermes corniger*)

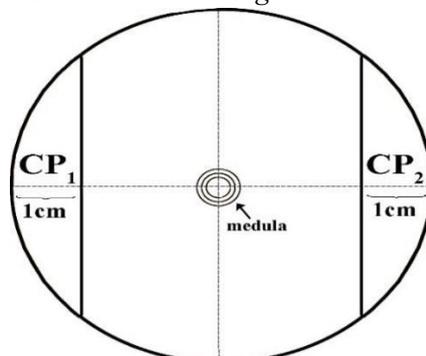
Preparo dos corpos de prova

Os CP's foram retirados após a demarcação de duas posições opostas das extremidades dos discos. As porções possuíam, em média, 1 cm da tratável do alburno e foram produzidas com

auxílio de ferramenta de corte (serra manual). No total, retiraram-se 2 CPs de cada disco para cada posição (topo e base) do fuste tratado (Figura 2).

Figura 2 – Ilustração das dimensões dos corpos-de-prova da madeira de *Azadirachta indica* para ensaio biológico ao cupim *Nasutitermes corniger*.

Figure 2 – Illustration of the specimens dimensions of *Azadirachta indica* wood specimens for biological testing of the termite *Nasutitermes corniger*.



Fonte – Dados da pesquisa (2019)

Os corpos de prova foram submetidos ao condicionamento em estufa de circulação forçada de ar a 100 ± 3 °C até atingirem a massa anidra, sendo então pesados numa balança analítica de precisão 1mg, obtendo-se assim sua massa inicial (Mi)

Implantação e condução do ensaio biológico de alimentação forçada

Para a instalação do ensaio biológico aos cupins xilófagos *Nasutitermes corniger*, foram selecionados 8 cupinzeiros aleatórios do Horto Florestal da UFCG. Em cada cupinzeiro, foram feitas oito perfurações (dois seguimentos no sentido horizontal com quatro perfurações cada) e adicionados 8 CP's, 1 em cada perfuração.

Os 8 CP's contemplavam duas repetições de cada tratamento T1, T2, T3 e T4, totalizando 64 CP's distribuídos nos 8 cupinzeiros. Cada cupinzeiro foi previamente etiquetado e cada CP devidamente identificado por meio de croqui de campo. O ensaio biológico de alimentação forçada foi adaptado à metodologia de Pimenta et al., (2016) (Figura 3).

Figura 3 – Ilustração da disposição dos corpos-de-prova da madeira de *Azadirachta indica* colocados no cupinzeiro para ensaio biológico de preferência alimentar com térmitas.

Figure 3 – Illustration of *Azadirachta indica* wood specimens arranged in termite mounds for biological testing of termites



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Avaliação da resistência aos cupins

Os corpos-de-prova foram avaliados três meses após o início do ensaio biológico. Depois de retirá-los dos cupinzeiros, os CP's foram limpos com auxílio de um pincel pequeno e colocados mais uma vez na estufa de circulação forçada de ar 100 ± 3 °C até atingirem a massa anidra. Em

sequência, os CP's foram pesados em balança analítica, obtendo a massa final (Mf). O Cálculo de perda de massa (%) foi feito conforme a Equação 2.

$$Pm\% = [(Mi - Mf) / Mi] \times 100 \quad (2)$$

(Pm) perda de massa em porcentagem;

(Mi) massa inicial do corpo de prova em gramas;

(Mf) massa final do corpo de prova em gramas;

Análise dos dados

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (três situações de imunização mais testemunha) e quatro repetições (fustes) cada, sendo as variáveis analisadas em duplicatas.

Os dados de diâmetro, volume, densidade básica, umidades, absorção de solução, retenção de boro e perda de massa foram submetidos à análise de variância (teste de F), comparando-se as variáveis com relação ao fator situação (situações 1, 2, 3 e 4), sendo as médias comparadas pelo teste LSD (*Least Significant Difference* ou Diferença Mínima Significativa) de Fisher.

Foram verificadas as pressuposições de normalidade e homocedasticidade dos dados antes de submetê-los às análises de variância, utilizando transformações de dados quando necessário. As análises de variância e comparação de médias foram transformadas para logaritmo neperiano ($Uc^{-0,8}$ e Retenção^{0,3} para comparação das médias das características do nim e retenção respectivamente) e as médias e coeficientes de variação apresentadas nos valores originais. Para todos os casos, foram considerados 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos troncos de *Azadirachta indica* submetidos à imunização

Ao comparar as características dos troncos de *Azadirachta indica*, foi observado que apenas a densidade básica não se diferenciou significativamente entre os tratamentos. Todos os outros parâmetros se diferenciaram de acordo com as situações (Tabela 1).

Tabela 1 – Comparações de médias das características da madeira de *Azadirachta indica* para todas as situações de tratamentos.

Table 1 – Mean comparisons of *Azadirachta indica* wood characteristics for all treatment situations.

Situação	Tratamentos	Dm (cm)	Vt (dm ³)	Db (g x cm ⁻³)	Uc (%)	Ui (%)	A _{ccb} (litros)
Testemunha	T4	2,95 a ¹ (1,96%)	0,68 a ¹ (4,21%)	0,60 a (21,30%)	82,36 a ² (22,04%)	--	--
Pré-imersão em água	T1	2,69 b (9,10%)	1,07 b (17,86%)	0,57 a (18,81%)	61,15 ab (39,27%)	105,69 b (12,65%)	3,59 c (11,17%)
Pré-imersão em solução	T2	3,37 ab (14,99%)	0,89 ab (30,79%)	0,59 a (22,25%)	71,48 a (37,02%)	100,22 b (10,57%)	2,78 b (14,80%)
Normal	T3	4,61 c (9,89%)	1,66 c (19,55%)	0,56 a (7,82%)	48,87 b (10,94%)	49,30 a (10,94%)	1,38 a (23,64%)
Média geral		3,61 (14,82%)	1,02 (40,17%)	0,58 (17,83%)	63,39 (35,99%)	85,07 (32,62%)	2,59 (39,22%)

Médias seguidas pela mesma letra, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD (*Least Significant Difference* ou Diferença Mínima Significativa) de Fisher ($p > 0,05$). ¹Análises de variância e comparação de médias realizadas com dados transformados para logaritmo neperiano. ²Análises de variância e comparação de médias realizadas com dados transformados para $Uc^{-0,8}$. Médias e coeficientes de variação (entre parênteses) são apresentadas nos valores originais. N= Número de troncos avaliados; Dm = diâmetro médio sem casca; Vt= volume de madeira tratável; Db= densidade básica; Uc = umidade dos troncos a campo; Ui = umidade dos troncos na imunização; A_{ccb} = absorção de solução imunizante.

As maiores médias de diâmetro e volume de madeira tratável foram da situação de tratamento considerada normal, apesar de a pré-imersão em solução ter maior coeficiente de variação.

Para a umidade dos troncos a campo e umidade de imunização, houve situação semelhante para a condição normal, porém com destaque de menor média em relação às demais situações. A umidade de campo se diferenciou apenas da pré-imersão em solução e da testemunha. Já em relação à umidade de imunização, a situação normal se diferenciou dos dois tratamentos de pré-imersão, tanto em água quanto em solução.

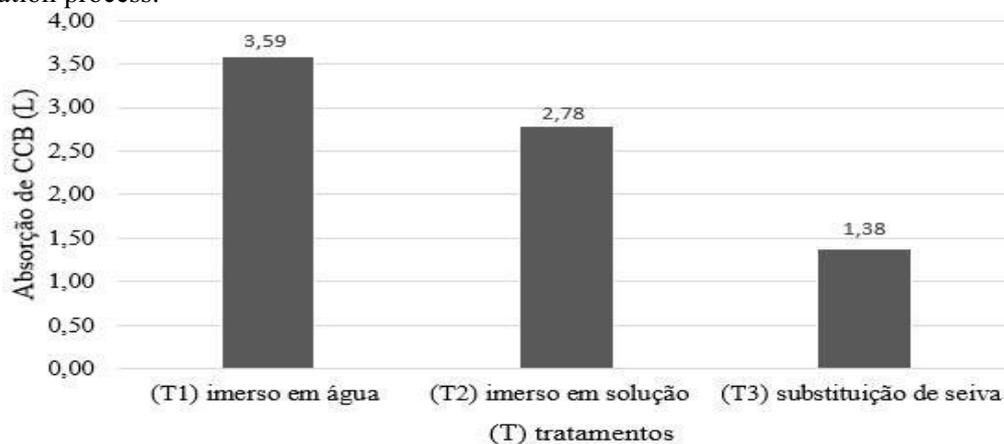
Azevêdo et al., (2018), após tratarem madeira de *Prosopis juliflora* com CCB, não observaram diferenças significativas em nenhuma característica dos moirões de algaroba, exceto na umidade. Apesar de as características entre os tratamentos da *Azadirachta indica* não serem tão regular como as dos moirões *Prosopis juliflora* tratados por Azevêdo et al. (2018), os tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram divididos em grupos com parâmetros dendrométricos semelhantes, ou seja, cada grupo em si possuía médias semelhantes.

Não houve diferenças significativas para a densidade básica em nenhuma das situações. Isso foi observado por Pimenta (2016) que relatou a ocorrência de homogeneidade entre os troncos de *Azadirachta indica* ao aplicar teste de substituição de seiva com pré-imersão em água semelhantemente ao deste trabalho. A densidade básica do nim (Tabela 1) também está em conformidade com os padrões médios observados por Araújo et al., (2000) que variam de 0,56 a 0,85 g/cm³.

A absorção da solução de CCB durante a imunização por substituição de seiva apresentou diferenças significativas para os três tratamentos dos troncos de *Azadirachta indica*, sendo que a imersão em água obteve maior valor, seguida da imersão simples em solução e, finalmente, da situação normal (Figura 4).

Figura 4 – Absorção do CCB na madeira de *Azadirachta indica* durante o processo de imunização por substituição de seiva.

Figure 4 – Absorption of CCB in *Azadirachta indica* wood during the sap substitution immunization process.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Foram absorvidos, ao todo, mais de 30 litros da solução imunizante, sendo que os fustes, quando pré-imersos em água antes de serem submetidos à substituição de seiva, obtiveram melhor resultado por terem absorvido quase 50% do total em relação aos demais tratamentos. Em sequência, a pré-imersão em solução (também combinada com substituição) obteve 35,8% e os fustes submetidos apenas à substituição de seiva (sem pré-imersão) participaram com 17,8%.

O teor de água na madeira influenciou na absorção do CCB, pois a umidade elevada da madeira preencheu de água vários espaços ao longo das estacas de *Azadirachta indica*. Esses espaços, posteriormente, foram substituídos pela solução imunizante. Comportamento semelhante ocorreu nos trabalhos realizados por Pimenta, 2016; Lopes et al., 2017b; e Azevêdo et al., 2018. Os pesquisadores aumentaram o teor de umidade das madeiras com pré-tratamento (imersão simples), antes mesmo da aplicação do método de substituição de seiva.

De modo geral, o processo de imunização não foi prejudicado pelas condições meteorológicas, pois o tempo permaneceu praticamente estável durante os 15 dias de tratamento, em consonância com os dados do trabalho de Azevêdo et al. (2018). Não houve precipitações, a temperatura média permaneceu entre 28°C e 29,4 °C, a umidade do ar entre 31,3% a 33,9% e velocidade do vento de 4,5 m/s.

Ao comparar com Azevêdo et al. (2018), que estudaram três situações (normal, posterior e imersa), o tratamento que incluía a pré-imersão em água antes da imunização por substituição de seiva também foi o que obteve maior absorção em litros em comparação com os demais, devido ao aumento da umidade da madeira.

O fato de a situação, submetida à pré-imersão em água ter absorvido maior quantidade de litros do que à pré-imersão em solução, pode ser explicada na impregnação imediata de CCB ocorrente logo após a imersão simples em solução. Para reforçar ainda mais o que foi citado anteriormente, foi observado que a ausência de CCB na pré-imersão em água proporcionou a essa situação maior facilidade de absorção, principalmente nos primeiros dias após ter iniciado o processo de substituição de seiva para todas as situações às quais os fustes foram submetidos.

Umidade da madeira de *Azadirachta indica*

O conhecimento e controle da umidade da madeira é o principal fator que influencia a condução do CCB no lenho no método de substituição de seiva. Por esses motivos, observou-se a umidade dos fustes de *Azadirachta indica* imediatamente após o abate das árvores (situação de campo) e imediatamente após a pré-imersão, que antecedeu a imunização por substituição de seiva (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparações de médias dos teores de umidade da madeira de *Azadirachta indica* submetidas à pré-imunização por imersão simples prolongada.

Table 2 – Comparisons of mean moisture content of *Azadirachta indica* wood submitted to prolonged simple immersion pre-immunization

Situação	Tratamento	Condição	Umidade (%)
Pré-imersão em água	T1	Campo	61,15 a
		Imunização	105,69 b
Pré-imersão em solução	T2	Campo	71,48 a
		Imunização	100,22 b

*Valores seguidos pela mesma letra, numa mesma situação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD (*Least Significant Difference*) de Fisher ($p > 0,05$).

As umidades de campo e imunização se diferenciaram significativamente, sendo essas diferenças benéficas, em que T1 obteve um incremento de mais de 58% de umidade e T2 se destacou com mais de 71% de incremento médio na umidade da madeira da *Azadirachta indica*. O Teor de umidade foi obtido conforme a recomendação da norma brasileira ABNT NBR 7190 (1997), ou seja, na relação direta entre a massa de água do lenho com a sua massa anidra.

Alguns autores que estudaram imunização de madeira descreveram que o teor de umidade mais elevado favoreceu a absorção da substância imunizante (PAES et al., 2014b; PIMENTA, 2016; LOPES et al., 2017a; AZEVÊDO et al., 2018).

Pimenta (2016) descreveu que o teor de umidade mais elevado encontrado na madeira *Azadirachta indica* foi de 72,29% para situação submetida à pré-imersão em água, ocorrendo diferença significativa ao compará-la com a situação submetida ao tratamento de substituição sem pré-imersão (49,94%). Semelhantemente ao trabalho de Pimenta, os tratamentos submetidos à pré-imersão em água e em solução também foram diferentes estatisticamente da situação de tratamento considerada normal (aquela que não houve pré-imersão), de acordo com a Tabela 1. Vale ressaltar, também, que a pré-imersão condicionou aos fustes de *Azadirachta indica* um incremento considerável no teor de umidade em relação a umidade nas condições de campo (Tabela 2).

Ao estudar a influência da umidade da madeira no tratamento preservativo, Lopes et al. (2017a) e seus colaboradores concluíram que os percentuais de umidade entre 30 e 40% obtiveram valores superiores quando comparados aos percentuais de 15 a 20%.

Segundo Azevêdo et al. (2018), a madeira com umidade mais elevada refletiu positivamente nos resultados e apresentou um comportamento benéfico quando mantida imersa antes da imunização, atingindo 82% caso fosse semelhante ao comportamento exposto na Tabela 2.

Paes et al. (2014b) descreveu que a difusão do CCB poderá ser favorecida quando a umidade da madeira for mais elevada. Os autores citados chegaram às mesmas conclusões acerca do estudo da importância do comportamento da umidade na madeira em peças tratadas com CCB. Quanto mais úmida for a peça de madeira durante o tratamento, maior será a possibilidade de difusão por capilaridade favorecendo a retenção do boro.

Análises de retenção do boro e perda de massa da madeira de *Azadirachta indica*

A retenção do boro na madeira da *Azadirachta indica* e a perda de massa dos CP's submetidas ao ensaio biológico de preferência alimentar, apontam melhorias nos resultados para os tratamentos submetidos à pré-imersão, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Comparações de médias da retenção de boro e perda de massa de amostras da madeira de *Azadirachta indica* para todas as situações de tratamento.

Table 3 – Comparisons of mean boron retention and mass loss of *Azadirachta indica* wood samples for all treatment situations

Situação	Tratamento	Retenção (kg _{boro} x m ⁻³ de mad.)	Perda de massa (%)
Testemunha	T4	0,062 a ¹ (53,00%)	18,56 b (61,18%)
Pré-imersão em água	T1	0,562 b (56,45%)	6,85 a (114,18%)
Pré-imersão em solução	T2	0,445 b (47,09%)	6,61 a (110,26%)
Normal	T3	0,085 a (80,26%)	10,61 a (109,36%)
Geral	--	0,219 (97,11%)	10,59 (100,39%)

Médias seguidas pela mesma letra, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD (*Least Significant Difference* ou Diferença Mínima Significativa) de Fisher ($p > 0,05$). ¹Análises de variância e comparação de médias realizadas com dados transformados para (Retenção^{0,3}). Médias e coeficientes de variação (entre parênteses) são apresentadas nos valores originais.

As médias da pré-imersão em água (T1) e em solução (T2) não se diferenciaram estatisticamente, mas foram superiores e diferenciaram-se das demais situações (T3 e T4). A pré-imersão em água, que absorveu maior quantidade de boro por m³ de madeira, foi a que mais se destacou. Em contrapartida, a situação normal não se diferenciou da testemunha e a retenção foi baixa.

Ao comparar as médias de retenção de boro em peças de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC não imunizadas, Azevêdo et al. (2018), obteve concentração de 0,22 kg_{boro} x m⁻³ e não observou diferenças significativas entre a situação imersa e normal (testemunha), devido à alta concentração de boro existente em ambas situações. A retenção de boro em T4, segundo a Tabela 3, foi de 0,062 kg_{boro} x m⁻³, as comparações estatísticas não se assemelham às de Azevêdo, pois a testemunha se diferencia estatisticamente das demais situações (pré-imersão) pela baixa quantidade de boro.

Vale ressaltar, também, que as espécies florestais possuem por natureza o boro e outros elementos em sua composição. Lopes et al. (2017b) complementa ainda que testes de preservação de madeira auxiliam consideravelmente no aumento da quantidade de boro na madeira.

Em relação às diferenças estatísticas entre as situações, Azevêdo et al. (2018), diferentemente do ocorrido no presente estudo, observaram que a pré-imersão em água não se diferenciou da situação normal (substituição de seiva apenas), mas mesmo assim contribuiu para a retenção dos ingredientes ativos.

O elemento boro destaca-se pela sua mobilidade, favorecendo a impregnação deste inseticida na madeira, conforme Farias Sobrinho et al. (2005), Paes et al. (2006), Paes et al. (2014a), Paes et al. (2014b) afirmam e ainda é confirmado por Azevêdo et al. (2018).

Para obtenção de boro, utilizou-se uma formulação de CCB conforme a ABNT NBR 16202 (2013) cita que o imunizante CCB deve ser formulado com 63,5% de cromo, 26,0% de cobre e 10,0% de boro.

A ABNT NBR 9480 (2009) estabelece que o valor mínimo de retenção total destes elementos para uso de madeiras em contato direto com o solo seja de 6,5 kg de i.a. \times m⁻³. Já para peças suspensas de 4,0 kg de i.a. \times m⁻³. Segundo a mesma norma as retenções, por elemento, para peças em contato com o solo, são de 4,13; 1,69 e 0,65 kg de i.a. \times m⁻³ para o cromo, cobre e boro, respectivamente, enquanto que, para as peças suspensas são de 2,54; 1,04 e 0,40 kg de i.a. \times m⁻³.

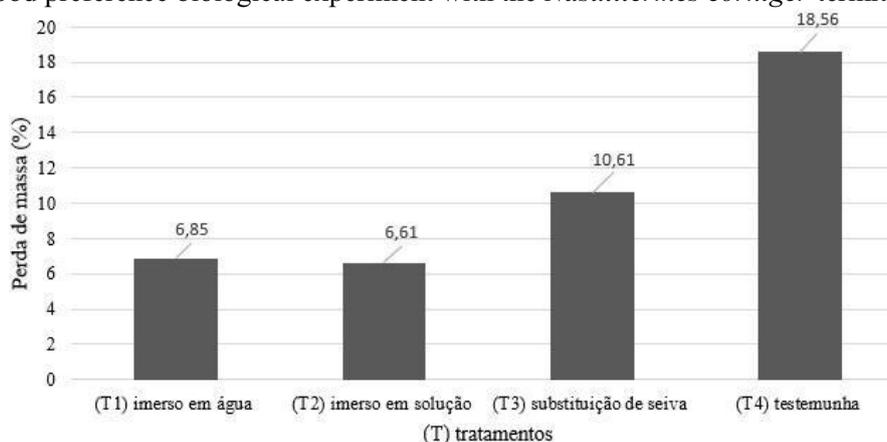
Ao comparar a retenção do boro na madeira com a NBR 9480, mesmo a melhor situação de tratamento, não se apresentou suficiente para seu uso quando em contato com o solo. No entanto, T1 e T2 atingiram as recomendações mínimas para a utilização da madeira de *Azadirachta indica* quando não houver contato com o solo.

Teste de preferência alimentar

Ao isolar os dados de perda de massa da Tabela 3, é possível observar que após finalizar o teste de preferência alimentar, foram observadas diferenças significativas entre os três tratamentos T1, T2 e T3, quando comparados com a testemunha T4 (Figura 5).

Figura 5 – Comparações das médias de perda de massa da madeira de *Azadirachta indica* imunizada com CCB após o ensaio biológico de preferência alimentar com o cupim *Nasutitermes corniger*.

Figure 5 – Comparisons of mean weight loss of *Azadirachta indica* wood immunized with CCB after the food preference biological experiment with the *Nasutitermes corniger* termite.



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD (Least Significant Difference ou Diferença Mínima Significativa) de Fisher ($p > 0,05$). Fonte – Dados da pesquisa (2019).

Os resultados apontam que, durante os três meses do teste biológico, os tratamentos imunizantes foram eficazes, porém os valores da T3 indicam que esse tratamento não foi tão eficiente quanto T1 e T2. Ao comparar T3 e T4, observa-se que o processo de substituição de seiva (T3) perdeu mais de 50% de sua massa em comparação com a testemunha (T4). Isso indica que a substituição de seiva não foi tão eficiente quanto não submetida a pré-tratamento de imersão simples prolongada.

Os tratamentos T1 e T2 obtiveram os menores percentuais de perda de massa frente ao ataque dos térmitas e, por consequência, foram os melhores tratamentos. Os tratamentos com pré-

imersão tiveram ganhos de resistência de 2,7% para T1 e de 2,8% para T2 ao compará-los com T4, já em relação a T3, tiveram ganhos de 1,6 e 1,5%, respectivamente.

O incremento médio de umidade da madeira apresentou-se diretamente relacionado com a absorção de CCB e, conseqüentemente, com o aumento da resistência à biodeterioração. Os tratamentos T1 e T2 somam juntos 36,6% de incremento médio de umidade e, T3, uma variação de apenas 0,43% da umidade de campo em relação a umidade no tratamento. Esse fato explica o motivo da resistência da madeira de T1 e T2 ao *Nasutitermes corniger* em relação aos demais tratamentos

Pimenta (2016) comprova que a testemunha (65,46% de massa residual) apresentou o maior consumo pelos xilófagos, enquanto que a situação imersa em água antes da substituição de seiva (96,65% de massa residual) se destacou pelo menor consumo. Comportamento similar aos tratamentos submetidos à pré-imersão nesse trabalho, conforme a Figura 5, em T1 e T2 perderam menor quantidade de massa residual durante o teste de preferência alimentar aos xilófagos. A pré-imersão em água perdeu apenas 6,85% e em solução 6,61%, sinalizando melhor tratabilidade e resistência da *Azadirachta indica*.

Lopes et al. (2017b) observaram relações da umidade da madeira com os tratamentos. Realizaram teste biológico submetido à mesma espécie de cupins (*Nasutitermes corniger*). As peças com pré-tratamento, segundo os autores, obtiveram maior incremento na umidade, melhor absorção de CCB e, conseqüentemente, maior resistência ao *Nasutitermes corniger*.

Tiburino et al. (2015) concordam que maiores concentrações de ingredientes ativos (i.a.) tornam a madeira mais resistente ao aplicar CCB em duas espécies de bambus e detalham que os tratamentos por transpiração radial são mais eficientes.

Paes et al. (2006) e Paes et al. (2014a), reforçam a ideia de que a transpiração radial, causada pelo processo de substituição de seiva, é diretamente ligada à umidade, pois quanto mais a água for evaporada, mais solução de CCB será absorvida pelo lenho. Paes et al. (2014a) também observaram melhoria na resistência da madeira tratada com CCB, frente ao ataque de *Nasutitermes corniger*, citando que essa espécie de cupim é uma das mais ocorrentes no semiárido brasileiro.

CONCLUSÃO

Os fustes de *Azadirachta indica* submetidos à pré-imersão em água e pré-imersão em solução antes de serem submetidas ao tratamento preservativo, apresentaram significativa melhoria de sua tratabilidade.

Apesar de os tratamentos não terem alcançado os índices pré-estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, que diz respeito ao contato direto da madeira no solo, os valores observados contemplam a exigência do emprego em situações, de tal forma que a madeira não entre em contato diretamente com o solo.

O tratamento preservativo contribuiu significativamente para a melhoria da resistência da madeira de *Azadirachta indica* a cupins xilófagos e as peças submetidas à pré-imersão 15 dias antes do início do processo de preservação pelo método de substituição de seiva tiveram maior resistência ao ataque do cupim *Nasutitermes corniger*.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Densidade Básica da Madeira. Rio de Janeiro, 2013. 6 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16202**: Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição elétrica — Requisitos. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira. São Paulo, 1997. 107 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480**: Peças roliças de eucalipto preservadas para construções rurais - requisitos. ABNT, 2009.
- ARAÚJO L. V. C.; RODRIGUEZ L. C. E.; PAES J. B. Características físico-químicas e

- energéticas da madeira de nim indiano. **Revista Scientia Forestalis**. Piracicaba (SP), n. 57, p. 153-159, jun. 2000. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr57/cap11.pdf>>. Acesso em: 28 de jul. 2019.
- AZEVEDO S. M. A.; CALEGARI L.; OLIVEIRA E.; PIMENTA A. S.; J. B. PAES; LIMA C. R. Avaliação e eficiência do CCB na madeira de *Prosopis juliflora* (Sw.) Dc. pelo método da Substituição de Seiva. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, RS, v. 28, n. 4, p. 1704-1715, out.- dez de 2018. Disponível em : <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/35319/pdf>>. Acesso em: 01 do jun de 2019.
- 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. **Revista Cerne**, Lavras, 2005, v. 11, n. 3, p. 225-236.
- GUILHERMINO M. M.; SILVA-SANTOS M. P.; CAVALARI V. H.; LICHSTON J. E.; LUCENA R. L.; BARBOSA-DE-AZEVEDO T. K. MOREIRA S. A. Defeso da Caatinga: Proposta de Política Pública para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar em bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**. São Paulo (SP), v. 14, n. 2, pag. 372-387, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2716>>. Acesso em: 01 de jul. 2019.
- IBDF – **Instituto Brasileiro De Desenvolvimento Florestal**. Madeiras da Amazônia: Características e Utilização - V.1, CNPq, Brasília – DF. 1981.
- INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Brasília – DF. 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 19 de jun. 2017.
- LOPES D. J. V.; PAES J. B.; JANKOWSKY I. P.; SEGUNDINHO P. G. A.; VIDAURRE G. B. Influências do Diâmetro e Umidade da Madeira na Qualidade do Tratamento Preservativo. **Revista Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro, 2017a, vol. 24, p. 1-10. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872017000100187&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em 17 de jul. 2019.
- LOPES P. J. G.; CALEGARI L.; AZEVEDO S. M. A.; OLIVEIRA E. Resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) tratada com CCB contra cupins xilófagos. In: **Revista Agropecuária Científica do Semiárido**, Patos (PB), 2017b, v.12, n.03, p.273-279. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/847/pdf_1>. Acesso em: 05 de jun. de 2017.
- MAGALHÃES W. L. E.; PEREIRA J. C. D. **Método de substituição de seiva para preservação de mourões**. Comunicado Técnico EMBRAPA, n. 97. 2003. 5p. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com_tec97.pdf>. Acesso em 14de mai. 2014.
- MIYAZAWA M.; PAVAN M.A; MURAOKA T.; CARMO C.A.F. S.; MELLO W. J. **Análises químicas de tecido vegetal**: manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Cap. 4, 1999.
- MODES K. S.; BELTRAME R.; VIVIAN M. A.; SANTINI E. J.; HASELEIN C. R.; SOUZA J. T. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus grandis*. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), 2011, v.21, n.03, p. 579-589. Disponível em:<<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/3816/2253>>. Acesso em 06 de jun. 2017.
- 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. **Revista Ambiência**, Guarapuava, 2006 v. 2, n. 1, p. 51-64.
- PAES J. B.; MELO R. R.; GUEDES R. S.; SOUZA P. F. Eficiência da madeira de leucena (*Leucaena leucocephala*) tratada com CCB contra cupins xilófagos em ensaio de laboratório. In: **Revista Floram (Floresta e Ambiente)**, Rio de Janeiro, 2014a, v. 21, n. 3, pag.384-393, 2014a. Disponível em: <<https://www.floram.org/journal/floram/article/doi/10.1590/2179-8087.032813>>. Acesso em 28 de out. 2016.
- PAES J. B.; MELO R. R.; LIMA C. R.; OLIVEIRA E. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. In: **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.1, p.57-62, 2007. Disponível em:

- <<http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=1885&path%5B%5D=3559>>. Acesso em: 16 de jun.2017.
- PAES J. B.; SANTOS G. C.; MELO R. R.; LIMA C. R.; NICOLAU SOBRINHO W. Efeito da inversão no tratamento de moirões submetidos ao método de substituição da seiva. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 211-221, 2014b. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/download/13338/8398>>. Acesso em: 19 de jun. 2017.
- PIMENTA M. A. C. **Tratamento preservativo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) em diferentes níveis de umidade por substituição da seiva**. 2016. 38f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, 2016.
- ROCHA C. L. D.; FREITAS J. F.; ALMEIDA S. O.; SOUZA A. C. R. Caracterização quantitativa da arborização urbana no município de Itapuã do Oeste/RO. In: **Revista Saber Científico**, Porto Velho, v., n., p. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.saolucas.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1956/C%3%A1ssi%20o%20Leandro%20Duarte%20da%20Rocha%20-%20Caracteriza%3%A7%C3%A3o%20quantitativa%20da%20arboriza%3%A7%C3%A3o%20urbana%20no%20munic%3%ADpio%20de%20Itapu%C3%A3%20do%20Oeste%20RO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 de jun de 2017.
- SOUZA R. V.; DEMENIGHI A. L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. In: **Revista Mix Sustentável**. Santa Catarina, 2017, v.03, n.01, p.84-92. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1824/1060>>. Acesso em: 30 de mai. 2017.
- TIBURTINO F. R.; PAES J. B.; VIDAURRE G. B.; BROCCO V. F.; ARANTES M. D. C. Resistência de duas espécies de bambu tratadas com ccb contra cupins e coleópteros xilófagos. In: **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 425-435, 2015: Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/18462/pdf>>. Acesso em: 16 de jun. 2017.
- TORRES P. M. A; PAES J. B.; FILHO J. A. L.; NASCIMENTO J. W. B. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. pelo método de substituição de seiva. In: **Revista Cerne**, Lavras, n. 2, p. 275-282, 2011.