

PROPAGAÇÃO E RESGATE VEGETATIVO DE *Cordia trichotoma*
(Vell.) Arrab. Ex Steud

MARIA KALYANE FARIAS DA SILVA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO – 2021

PROPAGAÇÃO E RESGATE VEGETATIVO DE *Cordia trichotoma*
(Vell.) Arrab. Ex Steud

MARIA KALYANE FARIAS DA SILVA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientadora: Prof.^a Deborah Guerra Barroso

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S586

Silva, Maria Kalyane Farias da.

PROPAGAÇÃO E RESGATE VEGETATIVO DE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud /
Maria Kalyane Farias da Silva. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

79 f.

Bibliografia: 56 - 64.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.

Orientadora: Deborah Guerra Barroso.

1. Produção de mudas . 2. sementes. 3. enraizamento. 4. louro-pardo. 5. peróxido de
hidrogênio. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

PROPAGAÇÃO E RESGATE VEGETATIVO DE *Cordia trichotoma*
(Vell.) Arrab. Ex Steud

MARIA KALYANE FARIAS DA SILVA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 04 de março de 2021

Comissão Examinadora:



Prof.^a Ananda Virginia de Aguiar (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) –
EMBRAPA FLORESTAS



Prof.^a Elzimar de Oliveira Gonçalves (D.Sc., Ciência Florestal) – UFES



Prof.^a Mara de Menezes de Assis Gomes (D.Sc., Biologia vegetal) – UENF



Prof.^a Deborah Guerra Barroso (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientadora)

Dedico a Deus, meu guia;
Aos meus amados pais Manoel Silva e Rogéria Farias;
Aos meus queridos avós Luiz Farias (in memoriam) e Maria Farias;
Aos meus tios e familiares, especialmente meu tio Geanio (in memoriam).

AGRADECIMENTO

A Deus, primeiramente, pela vida e pelas oportunidades a mim presenteadas, pois sem ele nada seria possível;

À minha orientadora, Deborah Guerra Barroso, por sua orientação, incentivo, ajuda e compreensão. Além da oportunidade de crescimento profissional e amizade;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso;

À FAPERJ, pela concessão da bolsa de pesquisa;

À banca de defesa de dissertação por sua disponibilidade de participação e as sugestões visando a qualidade deste trabalho;

À Instituição EMBRAPA Florestas, à empresa Vale do Rio Doce, Incaper, aos coordenadores do projeto Biomas e todos seus funcionários pelo apoio e pela disponibilidade e coleta de material para realização deste projeto de pesquisa;

À Ananda Aguiar, responsável pelo teste de progênie do qual foi coletado material para realização do experimento e ao técnico Wagner pela coleta do material;

Aos amigos do Laboratório de Fitotecnia – LFIT: Giovana, Renata, David, Gabriel, Diego, Rachel, Guilherme, Thuany, Christian e Yara, por sempre estarem disponíveis para ajudar nos experimentos, apoiar e aconselhar sempre que possível;

Aos meus pais, Rogéria Farias e Manoel Mota, pelo apoio, dedicação, confiança e pela oportunidade de criar meu futuro;

A toda a minha família, tios, primos, avós, especialmente à minha avó, Maria Gomes Farias, por todo o amor e carinho recebidos, pelo apoio, confiança, e importância em mim depositados;

À minha amiga Bruna Bezerra, pelo incentivo, conselhos, palavras de apoio quando precisei e por sempre acreditar em mim mais que eu;

Às minhas amigas de equipe da UFRA e para vida: Cintya Faro, Ironeide Lima, Larissa Jaina, Letícia Moura e Nayane Souza, pelo companheirismo, incentivo e por sempre torcerem por mim, mesmo de longe;

À minha família de Campos dos Goytacazes: Laísa Zanelato, Fernanda Gregolin, Michele Camilo e Rafael Guimarães pela ótima convivência, incentivo, conselhos e pela maravilhosa amizade e momentos felizes compartilhados;

Aos professores da UFRA Campus Capitão Poço-PA, que compartilharam seu conhecimento e experiência para contribuir com a minha formação acadêmica, especialmente Marluce Santa Brígida e Carolina Melo pela amizade, força e incentivo e Eric Ferreira e Caciara Gonzatto, pela orientação na monografia;

Às amigas da UENF: Giovana Campos, Jaqueline Oliveira, Kássila Barreto, Mayara Arantes, Maria Clara Coutinho e Renata de Deus, pela amizade, força, companheirismo, risadas e acolhimento logo quando cheguei;

Aos amigos que fiz em Campos dos Goytacazes: Cleudiane, Daniel, Dalcirlei e Kevelin, pelos momentos compartilhados;

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivos gerais	5
2.2. Objetivos específicos	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1. <i>C. trichotoma</i> (Vell.) Arrab. Ex Steud	6
3.2. Resgate de matrizes	9
3.3. Propagação vegetativa.....	12
3.3.1. Estaquia	12
4. METODOLOGIA	17
4.1. Germinação e emergência de sementes de <i>C. trichotoma</i> com diferentes formas de beneficiamento e embebição.	18
4.2. Resgate de matrizes	22
4.3. Enraizamento de miniestacas de <i>C. trichotoma</i> em função da imersão em H ₂ O ₂ e diferentes concentrações de AIB	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Beneficiamento e períodos de embebição de sementes de <i>C. trichotoma</i>	32
5.2. Resgate de matrizes	36
5.3. Enraizamento de miniestacas de <i>C. trichotoma</i> em função da imersão em H ₂ O ₂ e diferentes concentrações de AIB	42
6. RESUMOS E CONCLUSÕES.....	53

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
7. APÊNDICE.....	65

RESUMO

SILVA, Maria Kalyane Farias da. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2021. Propagação e Resgate Vegetativo de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud. Orientadora: Deborah Guerra Barroso.

A espécie *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud, da família Boraginaceae, é empregada tanto para fins madeireiros como ambientais. A produção de mudas da espécie ocorre, comercialmente, de forma seminífera. Entretanto, pode apresentar porcentagem de germinação baixa, lenta e irregular. A retirada do perianto pode favorecer o percentual e a velocidade de germinação, assim como a pré-embebição das sementes pode levar à aceleração e homogeneização da germinação. Em relação à sua propagação vegetativa sabe-se que encontra como barreira a dificuldade de enraizamento de propágulos. Diante do cenário, este trabalho teve como objetivos: realizar o resgate de matrizes adultas com características silviculturais desejáveis; aumentar e homogeneizar o percentual de germinação de sementes; e aumentar a capacidade de enraizamento adventício de *C. trichotoma*. O trabalho foi realizado em três etapas: 1. Resgate de matrizes por indução de brotações em galhos das árvores, em teste de progênie com sete anos; 2. Avaliação do efeito da retirada do perianto e de pré-embebição de sementes sobre o comportamento germinativo, onde o delineamento utilizado foi o DIC e os dados obtidos submetidos a teste de média; 3. Aplicação exógena de diferentes concentrações de AIB (0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹), associada ou não com

peróxido de hidrogênio (50mM) em miniestacas de *C. trichotoma*, este experimento foi realizado em DIC, com fatorial 2x5 e os dados submetidos ao ajuste de regressão ou teste de média. A espécie apresentou boa capacidade de indução de brotações em ramos adultos, no entanto, foi possível obter pequeno número de mudas de apenas oito das 17 matrizes adultas acessadas. A retirada do perianto aumentou a velocidade e o percentual de germinação (35,5%) e emergência (77,5%) das sementes, enquanto a pré-embebição não foi vantajosa. O enraizamento da espécie foi positivamente influenciado pelo peróxido de hidrogênio associado a 300 mg L⁻¹ de AIB, alcançando 90% de enraizamento. A utilização de AIB favoreceu a qualidade do sistema radicular e reduziu a emissão de parte aérea. Recomenda-se a imersão das miniestacas em 50 mM de H₂O₂ por 8h, seguida de 12h em 300 mg L⁻¹ de AIB.

Palavras-chave: produção de mudas, sementes, enraizamento, louro-pardo, peróxido de hidrogênio.

ABSTRACT

SILVA, Maria Kalyane Farias da. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2021. Propagation and Vegetative Rescue of *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud. Advisor: Deborah Guerra Barroso.

Cordia trichotoma (Vell.) Arrab. Ex Steud belongs to the Boraginaceae family and is a species being used for both timber and environmental purposes. The production of seedlings of the species mainly occurs by seeds. However, it can show percentage of germination, low, slow, and irregular. The removal of perianth can favor increase the percentage and speed of germination. Likewise, pre-soaking the seeds can lead to acceleration and homogenization of germination. Regarding its vegetative propagation, it is known that their vegetative propagation shows difficulty for rooting propagules which becomes a bottleneck. Having said that, this work aimed: to rescue mature matrices with desirable silvicultural characteristics; enhance and homogenize the percentage of seed germination; and increase the adventitious rooting capability of *Cordia trichotoma*. The work was carried out in three steps: 1. Rescue of matrices by promoting detached sprouts from tree branches in a 7-year-old progeny test; 2. Evaluation of the effect of removing perianth and pre-soaking seeds on germination, where the design used was the DIC and the data obtained subjected to the mean test; 3. Exogenous application of different concentrations of IBA (0, 100, 200, 300, and 400 mg L⁻¹), jointly or not with hydrogen peroxide (50mM) in *Cordia trichotoma* mini-cuttings, this experiment was carried out in DIC, with a 2x5 factorial and the data submitted to regression

adjustment or average test. The species showed good budding induction capacity in adult branches, however, it was possible to obtain a small number of seedlings from eight out of the 17 mature mother plants. The removal of perianth increased the speed and the percentage of germination (35,5%) and emergence (77,5%) of the seeds, while pre-soaking was not advantageous. The rooting of the species was positively influenced by the hydrogen peroxide associated with 300 mg L⁻¹ of IBA, reaching 90% of rooting. The use of AIB favored the quality of the root system and reduced the emission of aerial parts. It is recommended to immerse the mini-cuttings in 50 mM H₂O₂ for 8 hours, followed by 12h in 300 mg L⁻¹ of IBA.

Keywords: seedling production, perianth, vegetative propagation, rooting, louro pardo, hydrogen peroxide.

1. INTRODUÇÃO

A procura por mudas de espécies florestais nativas vem aumentando em função da necessidade de recuperação de áreas degradadas, associada ou não à produção comercial madeireira e não madeireira. A busca por materiais genéticos com características silviculturais desejáveis, como boa condição fitossanitária, elevado vigor, boa produção de sementes, fuste reto, e homogeneidade, é um dos desafios da silvicultura. O aperfeiçoamento de métodos de propagação, que permitam expandir a oferta de mudas, é requisito importante para viabilizar a produção de mudas com qualidade para atender as demandas dos projetos ambientais e, principalmente, econômicos.

A espécie arbórea Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud), pertencente à família Boraginaceae, é caducifólia, de ocorrência natural na América Latina, nas áreas tropicais e subtropicais do Brasil, Argentina e Paraguai. No Brasil, sua área de ocorrência vai do Ceará ao Rio Grande do Sul. A espécie é considerada de grande potencial para reflorestamentos, sendo empregada tanto para fins madeireiros como ambientais (Carvalho, 2003 a). Na região Sul, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil é uma das espécies florestais nativas promissoras para plantio comercial (Santos, 2018). Apresenta características favoráveis como rápido crescimento, boa forma, madeira de excelente qualidade, apreciada nos mercados interno e externo e pode ser usada também no paisagismo (Carvalho, 2003 a; Kielse et al., 2013).

A produção de mudas de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud ocorre, comercialmente, de forma seminífera. Suas sementes são ortodoxas e não apresentam dormência, sendo comercializadas com perianto e estilete persistentes. Alguns autores atribuem a estas baixas porcentagens de germinação, que se apresenta lenta e irregular (Felippi et al., 2012; Mafra, 2019). A retirada do perianto é um processo trabalhoso, mas que pode favorecer sua qualidade fitossanitária (Fick et al., 2007) e elevar o percentual e a velocidade de germinação (Berghetti et al., 2015).

A pré-embebição das sementes, também pode levar à aceleração e homogeneização da germinação de sementes de algumas espécies como de *Bowdichia virgilioides* (Gonçalves et al., 2008) e *Moringa oleifera* (Rabbani et al., 2013). O uso de tratamentos pré-germinativos dá início aos processos, como mobilização das reservas, ativação de macromoléculas e reajuste da membrana celular (Rabbani et al., 2013). Para que ocorra a germinação da semente é necessária sua reidratação, para retomada do crescimento do embrião na semente madura (Taiz et al., 2017). Gonçalves et al. (2008) observaram aumento dos processos germinativos com aumento no tempo de embebição (48h) em sementes de *Bowdichia virgilioides*, verificando que menores tempos não permitiram a ativação do metabolismo das sementes.

Sendo uma espécie alógama, o louro-pardo apresenta grande variabilidade em diferentes características fenotípicas, entre e dentro de populações (Freitas et al., 2006; Radomski et al., 2012; Santos, 2018; Barroso et al., 2018) e a propagação por sementes confere ao lote de mudas a variabilidade importante nos processos de restauração e a base para trabalhos de melhoramento. Por outro lado, a propagação assexuada permite a produção de mudas com características desejadas, a partir da seleção de indivíduos superiores, conferindo homogeneidade aos plantios comerciais.

Na propagação vegetativa comercial de espécies florestais destacam-se a estaquia e a miniestaquia (Ferrari et al., 2004; Dias et al., 2012a). A utilização dessas técnicas tem apresentado sucesso para *Cordia alliodora* (Mesén, 1997), *Salix humboldtiana*, *Cestrum laevigatum* (Santos, 2011), *Anadenanthera macrocarpa* (Dias et al., 2012b), *Cariniana estrellensis* (Hernandez et al., 2013), *Handroanthus impetiginosus* (Oliveira, 2015), *Guazuma ulmifolia* (Fonseca, 2016), em mudas de *Enterolobium Contortisiliquum* (Freitas et al., 2017).

A multiplicação clonal por estaquia de indivíduos adultos selecionados tem como fator limitante a redução da juvenilidade, que tende a reduzir a capacidade de enraizamento adventício (Xavier et al., 2009). Para auxiliar neste processo, algumas técnicas de resgate associadas à multiplicação por estaquia e enxertia são utilizadas, como a indução de brotações basais pelo corte da matriz, anelamento ou aquecimento na região basal de árvores adultas, e o uso de brotações epicórmicas (brotações induzidas a partir de gemas dormentes) induzidas em ramos adultos coletados de árvores selecionadas (Xavier et al., 2009; Stuepp et al., 2016). As brotações emitidas podem então ser multiplicadas a partir de estaquia, miniestaquia e enxertia. Entretanto, nem todas as espécies apresentam capacidade de responder a essas técnicas, por não emitirem brotações ou emitirem, mas essas não apresentaram capacidade de enraizamento (Baccarin, et al., 2015; Teleginski et al., 2018).

Estacas e miniestacas de *C. trichotoma* apresentam baixo percentual de enraizamento, mesmo quando provenientes de material juvenil (Faganello et al., 2015; Kielse et al., 2015; Somavilla, 2018). Ainda que o percentual de enraizamento de miniestacas semilenhosas tenha sido crescente com o aumento da concentração de AIB a que foram submetidas antes do estaqueamento, o percentual máximo atingido é inferior a 30%, com concentrações variando de 1000 a 8000 mg L⁻¹ de auxina exógena (Faganello et al., 2015). O mesmo ocorreu para estacas de raízes obtidas em matrizes de *C. trichotoma* com três anos de idade, que apresentaram aumento do enraizamento com uso de AIB, até concentração de 6000 mg L⁻¹ (maior concentração avaliada pelos autores), com o mesmo tempo de imersão (Kielse et al., 2013), atingindo aproximadamente 50% aos 60 dias.

O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) é um importante mediador do crescimento radicular adventício, pois está envolvido tanto na sinalização de processos fisiológicos, quanto na morte celular programada (Steffens e Rasmussen, 2016; Steffens et al., 2012). O uso do H₂O₂, em associação com AIB, pode contribuir para o aumento do percentual de enraizamento de miniestacas de *C. trichotoma*, pois pode potencializar o efeito da auxina sobre o enraizamento adventício. A aplicação de H₂O₂ resultou em aumento do percentual de enraizamento em feijão mungo (Li et al., 2009) e associado a aplicação de AIB, em *Olea europaea* L. (Sebastiani e Tognetti, 2004).

Os métodos de propagação vegetativa permitem o resgate e a conservação genética de materiais selecionados para utilização em programas de melhoramento genético (Fonseca et al., 2021). Esse método de propagação permite superar obstáculos como a variabilidade existente em populações de *C. trichotoma* (Freitas et al., 2006; Radomski et al., 2012; Barroso et al., 2018; Santos, 2018), levando à homogeneidade de plantios e conservação de caracteres de interesse, ou quando destinadas à conservação, manter a variabilidade para preservação da espécie.

Neste contexto, foram realizados três experimentos relacionados à propagação de louro-pardo, com as seguintes hipóteses: a retirada do perianto, associada à embebição poderá aumentar, acelerar e homogeneizar a germinação das sementes; é possível realizar o resgate vegetativo por indução de brotações epicórmicas em galhos de matrizes adultas; e é possível aumentar o percentual de enraizamento de miniestacas pela associação de AIB com peróxido de hidrogênio.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Desenvolver protocolos para melhoria da propagação seminífera e vegetativa de *C. trichotoma*.

2.2. Objetivos específicos

- Desenvolver metodologia para o aumento do percentual e velocidade de germinação de sementes de louro pardo;
- Resgatar matrizes de *C. trichotoma* pela indução de brotações epicórmicas em ramos adultos;
- Determinar concentração de ácido indolbutírico e de peróxido de hidrogênio para aumentar o percentual de enraizamento de miniestacas de louro-pardo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud

C. trichotoma (Vell.) Arrab. Ex Steud, é uma espécie popularmente conhecida como louro-pardo, ipê-louro, louro-amargoso, frei-jorge, entre outros nomes comuns em cada região do Brasil. Pertence à família Boraginaceae, que compreende mais de duas mil espécies, dispostas em cerca de 100 gêneros, abrangendo, principalmente, plantas arbóreas, arbustivas e herbáceas. O gênero *C.* é um dos mais importantes, contendo cerca de 250 espécies. É uma árvore caducifólia, que pode atingir de 8 a 35 m de altura e 40 a 100 cm de DAP, na idade adulta. Seu tronco é reto, de seção ovalada, com fuste bem definido (Carvalho, 2003a). Possui inflorescência cimoso-paniculada, terminal, constituída por pequenas flores de coloração branca e cálice gamossépalo de coloração verde, assimétrico, perfumadas, com floração vistosa, ocorrendo de janeiro a julho (Carvalho, 2003a; Felippi et al., 2012).

Suas folhas são simples, alternas, espiraladas, subcoriáceas, com ápice acuminado, ásperas e pilosas. De formato cilíndrico, seu pecíolo é delgado, piloso e esbranquiçado (Lopes, 2020). As folhas apresentam variação quanto à pilosidade, podendo ser glabras e pilosas (Freitas et al., 2006). Possuem diferenças também quanto ao tamanho e tonalidade.

A espécie possui Incremento Médio Anual (IMA) de 5 a 23 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em solos de média a alta fertilidade (Carvalho, 2003b), podendo ser efetuado o primeiro

corte aos 15 anos, o que faz dela uma espécie promissora para o plantio comercial, possui boa forma do fuste e madeira de ótima qualidade, apreciada nos mercados interno e externo. Possui potencial de utilização para o paisagismo, reflorestamento, principalmente em reserva legal, na recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais (Carvalho, 2003a; Faganello et al., 2015).

Por suas características ecológicas, é descrita como espécie secundária tendendo à pioneira (Carvalho, 2003a). No estágio sucessional é comum na vegetação secundária, no estágio de capoeira e capoeirões (Scheeren et al., 2002; Carvalho, 2003a).

O louro-pardo tem ocorrência na Argentina, Paraguai e Brasil, nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe, São Paulo e no Distrito Federal, nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (Scheeren et al., 2002; Carvalho, 2003b).

A existência de plantios de *C. trichotoma* mostra o potencial da espécie para plantios comerciais produtivos. No plantio de louro pardo em linha, sob sistema silvipastoril, Radomski et al. (2012) obtiveram, aos 10 anos após o plantio, árvores com altura média de 9,6 m e diâmetro médio de 18,2 cm, com incremento médio anual de 1,82 cm. Aos 17 anos após o plantio em sistema puro e consorciado, Santos et al. (2017) obtiveram média de diâmetro de 12,8 cm para a espécie, no entanto, houve variação de 4 a 26 cm, o que indica grande heterogeneidade dos plantios, destacando a necessidade de seleção de materiais para a implantação de povoamentos produtivos.

Radomski et al. (2012) ressaltam que a espécie apresenta capacidade de rebrotar vigorosamente da cepa e formar brotações de raízes superficiais. Essas informações indicam a possibilidade de obter brotações epicórmicas para a propagação vegetativa da espécie, bem como a importância de avaliar a condução de plantios por talhadia.

A madeira de louro pardo apresenta o cerne pardo-claro-amarelado, fácil de trabalhar, podendo ser empregada na confecção de móveis de luxo, revestimentos decorativos, persianas e construção de pequenas embarcações. No processo de laminação, apresenta boas características físico-mecânicas e qualidade de colagem, para a confecção de painéis compensados (Trianoski e Iwakiri, 2018). Na madeira de *C. tricotoma* são encontrados compostos como α -

cadinol, com atividades antifúngicas e antideterioração (Wille et al., 2017). Apresenta elevada resistência natural ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.), assemelhando-se à madeira de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), em qualquer posição da madeira no eixo casca-medula (Paes et al., 2007).

Wille et al. (2017) estudaram a composição química da madeira de *C. Trichotoma* e encontraram teor médio de solubilidade em hidróxido de sódio (NaOH) a 1%, de 35,85%. A solubilidade em NaOH é utilizada como forma de avaliar o grau de degradação da madeira por fungos, calor, luz, entre outros agentes de deterioração, tendo em vista que a solução de NaOH a 1% dissolve carboidratos de baixo peso molecular, compostos principalmente por hemicelulose e celulose degradada, assim, quanto maior a solubilidade em NaOH maior o grau de degradação da madeira.

Bonnet e Curcio (2015) avaliaram o uso de espécies arbóreas nativas para a propriedade rural e mercado regional na região de Sooretama, ES e obtiveram, a partir de entrevistas com produtores rurais e comerciantes da região, informações relacionadas ao uso da madeira de *C. trichotoma* na confecção de móveis e esquadrias, especialmente para uso interno e obras protegidas. Segundo este levantamento, são indicadas para o mercado de móveis de luxo, assim como a *Paratecoma peroba*, atingindo valor comercial semelhante ao do ipê-roxo.

A propagação de *C. trichotoma* ocorre por sementes. Felippi et al. (2012), por meio da análise de sementes de *C. trichotoma*, encontraram elevado teor de água (51,16%), característica de sementes com comportamento recalcitrantes, o que pode comprometer o armazenamento, além de uma baixa porcentagem de germinação e emergência de 40% e 29%, respectivamente. No entanto, foram classificadas como ortodoxas, em função da tolerância ao dessecamento (Galíndez et al., 2019).

Berghetti et al. (2015) estudaram a morfologia de plântulas e o controle de patógenos da semente de louro-pardo, e também verificaram alto teor de umidade na semente (63,4%), além de encontrar elevada ocorrência de *Fusarium* spp. Estes são fatores que comprometem a manutenção da viabilidade das sementes, assim como o vigor das plântulas, limitando a produção de mudas desta espécie por sementes.

As sementes de *C. trichotoma* não apresentam dormência física nem fisiológica (Vaz et al., 2015; Galíndez et al., 2019), tendo seu percentual de germinação favorecido pela retirada do perianto (Berghetti et al., 2015) alcançando mais de 70% de germinação (Berghetti et al., 2015; Machado et al., 2015; Galíndez et al., 2019).

3.2. Resgate de Matrizes

O Resgate vegetativo consiste em iniciar a multiplicação de uma planta adulta selecionada por meio de uma de suas estruturas naturais ou induzida. O objetivo do resgate é a obtenção de pelo menos um indivíduo geneticamente idêntico à planta selecionada, para posteriormente, utilizar outras técnicas de propagação vegetativa a fim de produzir mudas em escala comercial.

A silvicultura clonal permite a propagação de espécies florestais, contornando problemas relacionados a doenças, heterogeneidade e produtividade dos plantios florestais por meio da seleção de genótipos superiores (Xavier et al., 2009). A seleção pode ser feita em plantios seminais heterogêneos ou em testes de procedências ou progênies.

O ciclo de vida de espécies florestais é baseado nas fases juvenil e adulta, que possuem características distintas quanto à sua capacidade de propagação (Gepstein e Glick, 2013; Thomas 2013; Baccarin et al., 2015). É ideal que a seleção ocorra na fase adulta, quando as árvores expressam as características de interesse para seleção, entretanto, este fato pode causar limitações na propagação vegetativa deste material, pois os propágulos obtidos de espécies lenhosas adultas, na maioria das vezes, apresentam envelhecimento ontogenético e fisiológico e, conseqüentemente, menor vigor (Xavier et al., 2009; Wendling et al., 2014; Baccarin et al., 2015; Shanthi et al., 2015).

As espécies lenhosas tendem a possuir um gradiente de juvenilidade da copa para a base da árvore, de forma que quanto mais próximo da base, maior o grau de juvenilidade e quanto mais próximo ao meristema apical, maior grau de maturação. Isso se deve ao fato de que os meristemas da parte basal foram formados na fase juvenil e estão sob dominância do meristema apical, desta forma, o desenvolvimento e diferenciação destes é impedido e pode ser retomado com a

quebra da dominância apical por meio de técnicas como o resgate vegetativo (Xavier et al., 2009).

Na fase adulta, ocorre uma série de alterações nas características de crescimento, além de alterações fisiológicas e bioquímicas que interferem na capacidade de enraizamento adventício em espécies florestais (Wendling et al., 2014). O rejuvenescimento é definido como a reversão completa da maturação (redução da idade ontogenética) por meio de meiose, gametogênese e formação de embriões zigóticos (Hand et al., 1996), enquanto o revigoramento é a redução da idade fisiológica, ou seja, redução do declínio do vigor, sem a redução da idade ontogenética. No entanto, a indução de juvenilidade é também chamada de rejuvenescimento (Wendling et al., 2014). Metodologias artificiais induzem pelo menos rejuvenescimento parcial das plantas, assim, é sugerido o uso do termo rejuvenescimento/revigoramento.

Algumas técnicas foram desenvolvidas para o resgate de matrizes selecionadas com a indução da juvenilidade dos propágulos. Dentre as principais técnicas de resgate estão o corte raso, o anelamento, a brotação de ramos adultos e a enxertia, sendo as três primeiras baseadas na indução de brotações epicórmicas. No corte raso, as árvores selecionadas são decepadas com intenção de induzir brotações na base da cepa para posterior enraizamento, fundamentado no gradiente de maturação que existe nas espécies lenhosas, onde brotações com maior grau de juvenilidade se encontram na região basal (Xavier et al., 2009). Isto acontece porque a citocinina que é sintetizada na raiz se move até a parte aérea, porém, com a decape ocorre a quebra da dominância apical e a quebra das gemas dormentes pela citocinina que se acumula, formando brotações epicórmicas (Taiz et al., 2017). Este método é restrito às espécies com capacidade para rebrota e é limitado em espécies que possuem impedimento de corte por motivos legais, operacionais, ou mesmo pela intenção de se manter a matriz viva.

O anelamento na base do tronco também objetiva a indução de brotações abaixo da região do anelamento (Xavier et al., 2009). O anelamento consiste na remoção de um anel integral da casca sem danificar o lenho. Apresenta-se como uma metodologia alternativa de resgate quando não se pretende cortar a matriz (Stuepp et al., 2017). O anelamento estimula a emissão de brotações epicórmicas pela interrupção no fluxo de auxina endógena via floema (Alfenas et al., 2004), o que reduz a relação auxina/citocinina na parte inferior ao corte.

Stuepp et al. (2017) constataram que estacas provenientes de anelamento de árvores mais jovens apresentaram resultados superiores para enraizamento, quando comparadas com plantas mais velhas, concluindo que a maturação relacionada às plantas mais velhas provoca o declínio da capacidade de enraizamento dos propágulos. Para decepta, Stuepp et al. (2016) verificaram que as matrizes mais jovens também foram superiores às mais velhas em porcentagem de brotação, associando o decréscimo nas plantas mais velhas ao processo de maturidade das mesmas, tendo em vista que diversos processos estão ligados à maturidade das espécies, entre eles, a perda do vigor vegetativo, levando à diminuição da capacidade de emitir brotações novas e de enraizamento dessas brotações.

O resgate por meio da enxertia é um dos métodos que pode evitar o corte da planta matriz. Neste processo, galhos ou gemas da copa ou de brotações epicórmicas induzidas em árvores selecionadas são enxertados sobre porta-enxertos, produzidos por sementes (Alfenas et al., 2004; Xavier et al., 2009).

A indução de brotações epicórmicas em ramos e galhos coletados de árvores, assim como a enxertia, são métodos de resgate que permitem a manutenção da matriz, inclusive evitando ferimentos. Neste processo são coletados ramos, e, ou galhos de árvores adultas e estes são postos em condições de temperatura e umidade adequadas para a indução de brotações epicórmicas que, ao atingirem tamanho ideal, são utilizadas para a produção de mudas clonais (Xavier et al., 2009; Souza, 2017; Steupp et al., 2018). Ramos destacados das regiões mais baixas da planta favorecem a emissão de brotações mais juvenis com maior vigor (Alfenas et al., 2004; Lakehal e Bellini, 2019).

Algumas pesquisas indicam a eficiência deste método para indução de brotações epicórmicas em espécies lenhosas, como *Eucalyptus cloeziana* (Almeida et al., 2007), *Eucalyptus benthamii* (Baccarin et al., 2015), *Ilex paraguariensis* (Nascimento et al., 2018), *Araucaria angustifolia* (Wendling et al., 2009), apresentando-se viável para a obtenção de propágulos para silvicultura clonal. Wendling et al. (2013) obtiveram aproximadamente 60% de estacas de *Ilex paraguariensis*, provenientes de brotações epicórmicas de ramos, enraizadas aos 90 dias com aplicação de 400 mg L⁻¹ de AIB. Esses resultados sugerem que é possível o enraizamento das brotações provenientes deste método de resgate. No entanto, *Bertholletia excelsa* (Conceição, 2019) e *Lecythis pisonis* (Bernardes et al., 2020),

apesar de apresentarem quantidade de brotações significativa, obtiveram baixa sobrevivência dos propágulos, consequência da baixa capacidade de enraizamento.

Foram feitos testes preliminares para indução de brotações epicórmicas em ramos adultos de *C. trichotoma*, mostrando que a espécie tem boa capacidade de brotação, o que indica a importância de se testar essa técnica para o resgate de matrizes e posterior multiplicação (Silva et al., 2019).

3.3. Propagação vegetativa

A propagação vegetativa apresenta-se como um método alternativo diante de dificuldades encontradas na propagação sexuada, garantindo a reprodução de genótipos superiores a partir da seleção, com qualidade genética e fitossanitária, proporcionando numerosos benefícios ao setor florestal, sobretudo na formação de plantios clonais produtivos, além da melhoria na qualidade da madeira e derivados (Betanin e Nienow, 2010; Dias et al., 2012a). Também permite a propagação de espécies com limitações na propagação sexuada, como espécies com baixa disponibilidade de sementes, baixa porcentagem de germinação, germinação irregular, alto custo e um longo período para produção de mudas (Stuepp et al., 2018).

Dentre as técnicas que mais se destacam na propagação vegetativa de espécies florestais estão a estaquia e suas variações, como a miniestaquia e a microestaquia, e a enxertia (Ferrari et al., 2004; Melo et al., 2011).

3.3.1. Estaquia

A estaquia é largamente utilizada na propagação vegetativa de espécies lenhosas de valor comercial e ornamental. A viabilidade do emprego da técnica de estaquia na propagação comercial depende do potencial de enraizamento da espécie, qualidade do sistema radicular e seu posterior desenvolvimento. Estes podem ser influenciados por fatores ligados à planta e a fatores externos, ligados às condições ambientais. (Neves et al., 2006; Dias et al., 2012a). As estacas

possuem variadas quantidades endógenas de hormônios vegetais, cujo balanceamento adequado entre promotores e inibidores é essencial para que ocorra o enraizamento das estacas. O equilíbrio da quantidade endógena dos hormônios vai depender da espécie e do estágio de desenvolvimento da planta (Hartmann et al., 2011; Dias et al., 2012a).

Nesta técnica são usados seguimentos caulinares, foliares ou radiculares, que passam por diferentes fases até a formação de raízes adventícias. Na desdiferenciação, as células já diferenciadas para determinada função voltam à condição meristemática para que possam formar raízes adventícias (Xavier et al., 2009; Bellini et al., 2014; Taiz et al., 2017; Lakehal e Bellini, 2019).

Em qualquer que seja o tecido ou órgão, as raízes adventícias são formadas a partir de células com associações vasculares. Estudos histológicos indicam que a primeira divisão celular que leva à formação de primórdio ocorre nos tecidos cambiais (Rigal et al., 2012; Lakehal e Bellini, 2019). A indução das raízes adventícias é guiada pelos fitormônios, que interagem entre si, em associação com os estímulos ambientais. A auxina é o principal modulador do enraizamento adventício, além dela, o etileno (Negi et al., 2010) e os brassinosteroides (Maharjan, 2014) promovem a indução de raízes, enquanto citocinina, ácido jasmônico, giberelina, estrigolactonas e ácido abscísico podem ser reguladores negativos deste processo. (Bellini et al., 2014; Lakehal e Bellini, 2019).

As citocininas modificam a expressão dos genes de transporte polar da auxina, impedindo a formação do gradiente de auxina necessário nas células formadoras e inibindo o início dos primórdios radiculares (Bellini et al., 2014). A formação de raízes adventícias induzidas pela inundação é mediada pela biossíntese de etileno, assim como o surgimento de raízes induzidas pela escuridão, confirmando o papel positivo deste fitohormônio na formação de raízes adventícias. (Vidoz et al., 2010; Lin e Sauter, 2018).

As auxinas naturais mais estudadas são o ácido indol-3-ácético (AIA) e ácido indol-3-butírico (AIB). Apesar de o AIA ser a auxina natural mais abundante o AIB é o mais utilizado nos programas de propagação vegetativa por sua eficácia e estabilidade. Ao ser adicionado exogenamente, o AIB é um promotor eficiente de raízes adventícias em muitas espécies e, provavelmente, atua após sua conversão em AIA. O AIB possui maior resistência à degradação pela luz quando comparado ao AIA, e é capaz de mover-se a longas distâncias, além de não ser degradado ou

convertido em AIA durante o transporte. Assim, é sugerido que os sistemas de transporte podem fornecer um mecanismo para mover especificamente o precursor inativo (AIB) para um local de ação específico, evitando respostas de auxinas durante o transporte (Bellini et al., 2014; Lakehal e Bellini, 2019). O sucesso do enraizamento em algumas espécies está relacionado à capacidade de conversão de AIB em AIA (Kreiser et al., 2016; Lakehal e Bellini, 2019).

Estudos de propagação vegetativa por miniestaquia de *C. trichotoma* mostraram obstáculos no enraizamento de miniestacas, tendo em vista que a utilização de auxina exógena proporciona incrementos no enraizamento da espécie, no entanto, a porcentagem máxima de enraizamento ainda é considerada baixa. Faganello et al. (2015) verificaram, em *C. trichotoma*, que a utilização de AIB nas concentrações de 2000 a 8000 mg L⁻¹ aumentou linearmente a porcentagem de miniestacas enraizadas, no entanto, o maior índice de enraizamento com a dose máxima (8000 mg L⁻¹) foi de apenas 28,9%, enquanto para miniestacas que não tiveram a base imersa no fitorregulador obteve-se apenas 2,5%. Kielse et al. (2013), utilizando doses crescentes de AIB para o enraizamento de estacas radiculares de em *C. trichotoma*, também observaram acréscimo na porcentagem de enraizamento adventício com o aumento linear da dose de auxina (2000 a 6000 mg L⁻¹), apresentando maior porcentagem de enraizamento com a concentração máxima utilizada, 6000 mg L⁻¹.

Estudos com microestaquia de louro-pardo resultaram em 73% de enraizamento *in vitro* com a combinação de AIB e carvão ativado no meio de cultura, indicando o cultivo *in vitro* como alternativa de sucesso para sua multiplicação, em meio de cultura WPM, utilizado com frequência no cultivo de espécies lenhosas (Mantovani et al., 2001).

O louro-pardo, apesar de apresentar boa capacidade de brotação, ainda apresenta baixa porcentagem de enraizamento mesmo com aplicação de auxina exógena. Pode-se inferir que a espécie possui algum inibidor de auxina ou alta concentração de algum fitohormônio com efeito negativo sobre o enraizamento adventício como citocininas, giberelinas, ácido jasmônico, estrigolactonas e ácido abscísico (Bellini et al., 2014).

As citocininas são classificadas como reguladores de crescimento responsáveis pela divisão celular e desenvolvimento da parte aérea (Bellini et al., 2014). Desta forma, a boa capacidade de brotação da espécie pode estar

relacionada a altas concentrações de citocinina. As citocininas atuam modificando a expressão dos genes de transporte polar da auxina, obstruindo a formação do gradiente de auxina necessário para as células formarem o início dos primórdios radiculares, parecem promover o primeiro passo, que seria a proliferação celular, mas inibem o passo seguinte, a reprogramação celular (Bellini et al., 2014; Lakehal e Bellini, 2019).

O papel das giberelinas no desenvolvimento de raízes é pouco claro, mas existem indícios de que tenham influência neste processo (Lakehal e Bellini, 2019). O ácido giberélico quando aplicado de forma exógena em plantas de arroz inibe a formação de raízes, enquanto mutantes com deficiência na biossíntese deste fitorregulador desenvolveram mais raízes (Lo et al., 2008).

O ácido jasmônico atua inibindo a formação radicular, provavelmente por inibir fortemente a divisão e o alongamento celular. As estrigolactonas são um grupo com função fitormonal, descritos como reguladores negativos do enraizamento adventício, o transporte e o acúmulo de auxina na zona de enraizamento podem ser regulados negativamente pelas estrigolactonas (Rasmussen et al., 2012; Bellini et al., 2014; Lakehal e Bellini, 2019).

Dentre as substâncias que atuam como reguladoras de auxina nas plantas, o peróxido de hidrogênio funciona como uma molécula sinalizadora que media respostas a vários estímulos nas células vegetais e animais, podendo atuar na formação de raízes adventícias (Neill et al., 2002; Li et al., 2009). É uma forma de oxigênio reativo com grande efeito em sistemas biológicos. A acumulação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em raízes tem efeito positivo no crescimento e diferenciação destas (Dunand et al., 2007; Li et al., 2007). Sebastiani e Tognetti (2004) avaliaram os efeitos do peróxido de hidrogênio na indução e desenvolvimento das raízes em estacas de *Olea europaea* L. de duas cultivares, com alta e baixa capacidade de enraizamento, e encontraram efeitos positivos do peróxido em associação com AIB, alcançando 77% de enraizamento em estacas tratadas com 4000 mg L⁻¹ de AIB com 3,5% (p/v) de H_2O_2 , e 56% nas estacas tratadas apenas com AIB. Li et al. (2009) avaliaram H_2O_2 na formação e desenvolvimento de raízes adventícias no feijão mungo e verificaram que a imersão de estacas em 50 a 100 mM de H_2O_2 por 8h aumentou o número de raízes adventícias, e estas foram as concentrações mais altas utilizadas pelos autores. O uso de H_2O_2 em associação com AIB pode contribuir para o aumento do percentual

de enraizamento de *C. trichotoma*, pois quando submetidas a condições de estresse, as plantas produzem espécies reativas de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio que pode ser utilizado para potencializar o efeito da auxina sobre o enraizamento adventício. O H_2O_2 é um importante mediador do crescimento radicular adventício, e isso se deve também ao fato de que está envolvido tanto na sinalização de processos fisiológicos quanto na morte celular programada. A morte celular programada epidérmica acima dos primórdios da raiz garante que a ponta da raiz em crescimento não seja danificada durante a emergência (Steffens e Rasmussen, 2016; Steffens et al., 2012).

4. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) do Centro de Ciência e Tecnologia Agropecuária (CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada no município de Campos dos Goytacazes-Rj. Durante a condução do experimento, foram monitoradas a temperatura e umidade relativa do ar por meio de *datalogger* modelo AK 174 (Akso) (Figura 1).

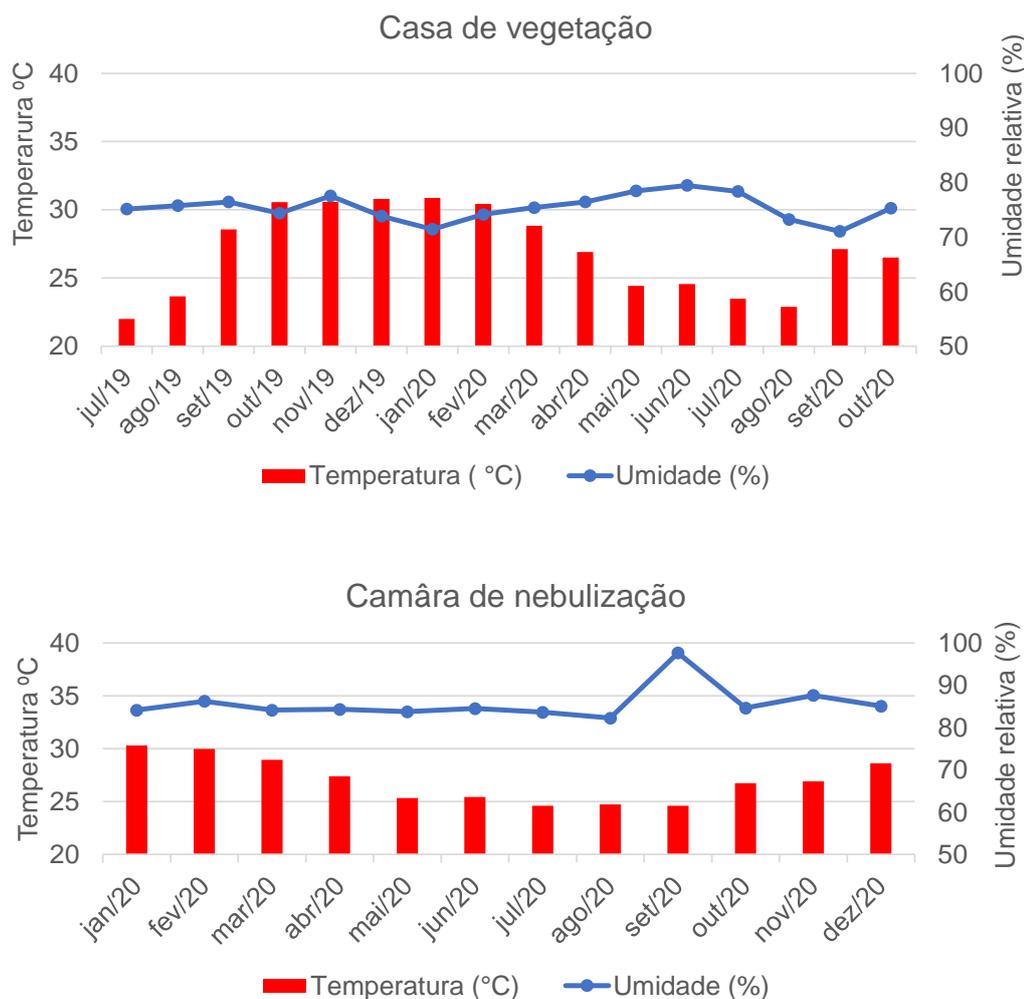


Figura 1. Dados de Temperatura (°C) e Umidade Relativa do ar (%), na casa de vegetação e câmara de nebulização, durante o período do experimento nos anos de 2019 e 2020.

4.1. Germinação e emergência de sementes de *C. trichotoma* com diferentes formas de beneficiamento e embebição.

Os diásporos (Figura 2) foram coletados em julho de 2019 a partir de árvores presentes no município de Magé, RJ. Após a coleta, até o início dos testes (nove meses), as sementes foram armazenadas em sacos plásticos, sem controle de temperatura e umidade. Os testes de emergência e germinação das sementes, em função da forma de beneficiamento e tempo de pré-embebição, foram realizados na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) e no Laboratório de Fitotecnia (LFIT), respectivamente.



Figura 2. Diásporos (A) e sementes sem perianto (B) de *C. trichotoma*.

Para os testes de emergência sob condições de casa de vegetação, parte das sementes foram beneficiadas com a retirada manual do perianto aderente, enquanto as demais permaneceram com o mesmo. Posteriormente, metade das sementes com e sem perianto aderente foram colocadas em água deionizada para embebição por 24 horas antes da semeadura. As sementes foram semeadas em bandejas plásticas contendo substrato comercial Basaplant® sob condições de casa de vegetação (Figura 3).

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 constituído por duas formas de beneficiamento, com e sem perianto, e dois tempos de embebição (0h e 24h) totalizando quatro tratamentos com oito repetições de 25 sementes, conforme parâmetros do Manual de Procedimentos Para Análise de Sementes Florestais (LIMA JR., 2010).



Figura 3. Teste de emergência de *C. Trichotoma*.

No segundo experimento, sob condições controladas, foi utilizado um tempo a mais de pré-embebição. As sementes foram avaliadas quanto à germinação, sendo dispostas sobre duas folhas de papel toalha “germites”, umedecidas com água deionizada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco formando rolos de papel. Na condução do teste, os conjuntos de rolos de papel foram envolvidos com sacos plásticos de polietileno transparente a fim de reduzir a perda de umidade. O germinador utilizado foi uma câmara fria, tipo B.O.D., com controle de temperatura e fotoperíodo, à temperatura de 25°C (LIMA Jr., 2010), e fotoperíodo com 16 horas de luz e oito horas de escuro, simulando as condições naturais.

Os sacos plásticos foram dispostos nas prateleiras na posição vertical, em anel de PVC, contendo oito rolos de papel cada, sendo usado um saco plástico para cada tratamento (Figura 4). O experimento foi disposto em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x3, constituído por dois tipos de beneficiamento, com e sem perianto aderente, e três tempos de embebição, 0h, 12h e 24h. Totalizando seis tratamentos, com oito repetições de 25 sementes conforme parâmetros do Manual de Procedimentos Para Análise de Sementes Florestais (LIMA JR., 2010).



Figura 4. Rolos de papel contendo sementes de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud em BOD, para teste de germinação, em função do beneficiamento e tempos de embebição.

Avaliações

Em relação ao experimento sob condições de casa de vegetação as avaliações foram efetuadas a cada dois dias, até o término do período de emergência, sendo consideradas emergidas aquelas sementes que expunham os cotilédones acima do nível do substrato. Foram selecionadas três plantas de cada repetição para serem avaliadas quanto à qualidade das mudas, a partir dos seguintes caracteres: a altura da parte aérea, mensurada com uso de régua, e o diâmetro do coleto, com paquímetro digital. Em seguida, as mudas foram cortadas à altura do coleto e suas folhas foram destacadas para mensuração da área foliar por meio de medidor eletrônico de área foliar de bancada (LI-3000, LI-COR Inc.) e as raízes e parte aérea foram colocadas em sacos de papel identificados e secas em estufa de circulação forçada de ar, a $65^{\circ}\text{C} \pm 2$, por 72 horas, para determinação da massa seca do sistema radicular e parte aérea, por meio da pesagem do material em balança analítica.

Para a avaliação da germinação em condições controladas, as contagens foram feitas diariamente, sendo consideradas germinadas sementes que apresentaram a emissão de radícula de até 2mm. Foi contabilizada a porcentagem de plântulas normais, sendo consideradas normais plântulas contendo raiz e parte aérea formadas.

As sementes foram avaliadas quanto à porcentagem de emergência e germinação, contabilizadas no último dia de germinação (30 dias após a semeadura), determinado através do cálculo regra de três (BRASIL, 2009). O vigor foi determinado pelo índice de velocidade de emergência (IVE) e índice de velocidade de germinação (IVG), calculados através da fórmula apresentada por Maguire (1962).

(1)

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{G3}{N3} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

(2)

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \frac{E3}{N3} + \dots + \frac{En}{Nn}$$

Onde:

$G1/E1$, $G2/E2$, $G3/E3$ e Gn/EN = número de sementes germinadas/emergidas computadas na primeira, na segunda, na terceira, até a última contagem;

$N1$, $N2$ e Nn = número de dias após a semeadura na primeira, segunda até a última contagem.

Os dados de porcentagem de germinação, emergência e plântulas normais foram transformados em arco seno e, posteriormente, submetidos à Análise de Variância por meio do *software* estatístico *sisvar* e as comparações de médias efetuadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2. Resgate de matrizes

Em 2012 foi instalado um teste de progênie da espécie em duas áreas, no município de Linhares-ES (Projeto Biomass), sendo utilizadas sementes de 30

árvores matrizes (progênies) de *C. trichotoma*, de polinização aberta, coletadas na reserva da Empresa Vale e em pequenos fragmentos florestais localizados entre os municípios de Sooretama-ES (19°11'22,91" S, 40° 5'50,48" W) e Linhares-ES (19°23'40,71" S, 40° 3'51,40" W). As progênies foram dispostas em blocos completos ao acaso, com 40 e 34 blocos para as áreas 1 e 2, respectivamente, e uma planta por parcela (Santos, 2018). Aos sete anos após o plantio, foram iniciados estudos para a multiplicação vegetativa das árvores com melhores características silviculturais.

Para isso foram acessadas 17 árvores matrizes selecionadas com base nos valores genéticos de caracteres de crescimento e forma do fuste. Seus galhos foram podados, em dois dias de coleta, identificados e dispostos em câmara de nebulização um e dois dias após a coleta, sobre leito de areia, com selamento da extremidade superior com parafina, para reduzir a perda de umidade. Foram utilizados de 10 a 15 galhos de 35 cm em média por árvore matriz, os galhos tiveram 10 cm de sua base enterrada em vasos contendo areia (Figura 5).

A emissão e crescimento das brotações dos diferentes materiais genéticos e dos dois dias de coleta foram monitorados semanalmente, sendo realizada a contagem do número de brotações por matriz e realizada a medição do comprimento quando alcançaram, visualmente, grande quantidade de brotações com mais de 6 cm de comprimento. Desta forma, foram coletadas brotações em três épocas diferentes, nos meses de agosto, setembro e dezembro, conforme atingiram mais de 6 cm.

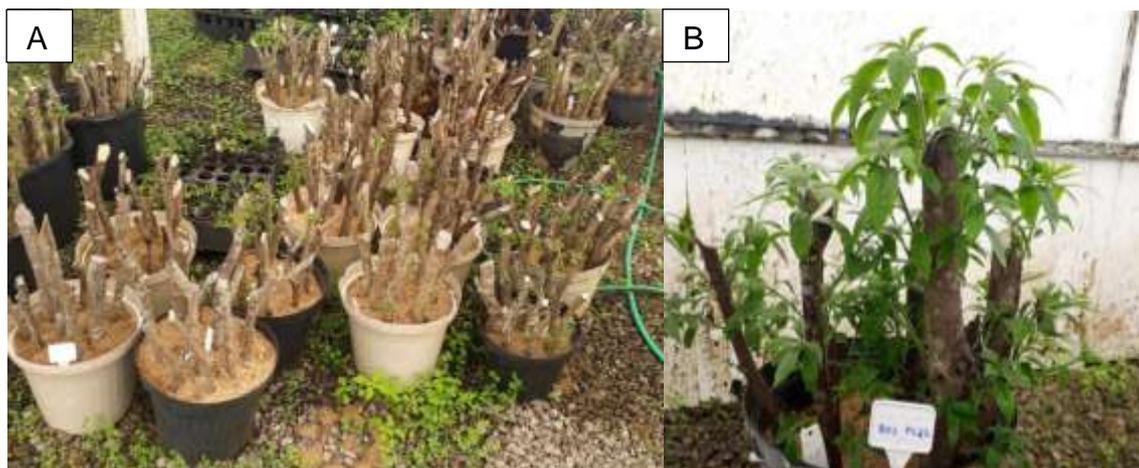


Figura 5. Ramos dispostos em vasos contendo areia, 15 dias após o estaqueamento (A). Ramos com emissão de brotações epicórmicas, 30 dias após o estaqueamento (B).

Aquelas brotações que atingiram mais de 6 cm passaram por desinfestação com a imersão em hipoclorito de sódio a 0,5% por 5 min, seguida de lavagem em água deionizada e posterior imersão em solução de AIB de 1500 mg L⁻¹ com a finalidade de estimular o enraizamento, uma vez que concentrações maiores resultam em alta taxa de mortalidade de miniestacas (Faganelo et al., 2015). O material propagativo recebeu corte em bisel na base, mantendo-se um a dois pares de folhas que tiveram sua área foliar reduzida, de 50 a 70%, conforme o tamanho da folha (Figura 6).



Figura 6. Estacas de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud com 6 cm de comprimento imersas em solução de AIB (1500 mg L^{-1}).

O estaqueamento foi realizado em tubetes de 180 cm^3 , preenchidos com substrato comercial e adubo de liberação lenta (N, P, K) na formulação 15-9-12 e na concentração de 8 g. Kg^{-1} de substrato. As bandejas foram dispostas em câmara de nebulização por aproximadamente 60 dias (Figura 7).

Foi realizada a avaliação da sobrevivência dos propágulos de cada matriz, sendo consideradas estacas vivas as que apresentaram coloração ainda verde, essas foram contabilizadas para a obtenção da porcentagem de sobrevivência de cada matriz.



Figura 7. Estacas de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud dispostas em câmara de nebulização.

Os dados de capacidade de brotação e sobrevivência das matrizes foram apresentados por estatística descritiva e novos testes para aumentar o enraizamento adventício da espécie foram conduzidos a partir de miniestacas de brotações de minijardim multiclonal.

4.3. Enraizamento de miniestacas de *C. trichotoma* em função da imersão em H₂O₂ e diferentes concentrações de AIB

Foi utilizada, neste experimento, a associação de diferentes concentrações de AIB com o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), visando aumentar a porcentagem de enraizamento adventício e sua qualidade.

Mudas propagadas por sementes, coletadas em julho de 2019 a partir de árvores presentes no município de Magé, RJ, foram utilizadas na formação de um minijardim multiclonal para produção de miniestacas a serem submetidas aos tratamentos propostos.

Para produção das minicepas, a semeadura foi realizada em bandejas, contendo substrato comercial Basaplant®. Aos 45 dias, quando apresentaram o primeiro par de folhas definitivas, as plântulas foram transplantadas para tubetes preenchidos com substrato comercial Basaplant® e adubo de liberação lenta na

formulação 15-9-12 e na concentração de 8 g. Kg⁻¹ de substrato. Após 30 dias nos tubetes, foi realizado o transplântio das mudas para vasos de 3,8 L de polietileno (diâmetro superior: 17 cm; diâmetro da base: 11 cm; altura: 25 cm) preenchidos com substrato comercial, areia e composto GRagrária, na proporção 2:1:1, para melhor desenvolvimento do sistema radicular e conseqüente crescimento das mudas. As mudas foram submetidas à poda apical a 10 cm de sua base, para formação das minicepas após terem permanecido 60 dias nos vasos (Figura 8 e 9).



Figura 8. Muda de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud, submetida à poda apical a 10 cm de sua base, para formação da minicepa, 135 dias após a sementeira.



Figura 9. Jardim multiclonal de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud com brotações, 30 dias após a poda apical.

A partir das brotações das minicepas do jardim multiclonal, foram produzidas miniestacas de 6 a 7cm, que tiveram suas bases imersas em hipoclorito de sódio a 0,5% por 5 min, para desinfestação, seguida de lavagem em água deionizada (Figura 10A). O material propagativo recebeu corte em bisel na base, e foi mantido com um a dois pares de folhas com redução de 50 a 70% de sua área foliar, de acordo com o tamanho das folhas do propágulo (Figura 10B).



Figura 10: Desinfestação de miniestacas de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud, em solução de 0,5% de hipoclorito de sódio (A). Detalhe da miniestaca.

Foram coletadas 200 miniestacas de *C. trichotoma* que tiveram a base imersa em H_2O_2 , por 8h na concentração de 50 mM (Figura 11A) conforme Neill et

al. (2002). Posteriormente, e juntamente com novas miniestacas coletadas, foram transferidas para soluções de AIB, diluído previamente em álcool etílico absoluto PA, seguido da adição de água deionizada, formando solução hidroalcolica a 5%, nas concentrações de 0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹, onde permaneceram por 12 horas (Valeri et al., 2012), conforme figura 11B. Outras 200 miniestacas foram coletadas e submetidas à imersão nas mesmas concentrações de AIB, sem imersão em peróxido de hidrogênio. Durante a imersão em AIB por 12 horas, a solução recebeu oxigenação com o uso de compressor utilizado em aquários.



Figura 11. Miniestacas de *C. trichotoma* com sua base imersa em solução de H₂O₂ na concentração de 50 mM (A) e, posteriormente, em soluções com diferentes concentrações de AIB.

O estaqueamento foi realizado em tubetes de 180 cm³, preenchidos com substrato comercial e adubo de liberação lenta (N, P, K) na formulação 15-9-12 e

na concentração de 8 g.Kg^{-1} de substrato, dispostos em bandejas com 54 células, e transferidos para câmara de nebulização intermitente (30 segundos a cada 20 minutos). (Figura 12).



Figura 12. Estaqueamento de miniestacas de *C. Trichotoma* (A). Bandejas dispostas em câmara de nebulização (B).

As parcelas foram dispostas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×5 , constituído pela imersão ou não das miniestacas em peróxido de hidrogênio por oito horas, e imersão por 12 horas, em cinco concentrações de AIB, totalizando 10 tratamentos, com quatro repetições, compostas por 10 miniestacas.

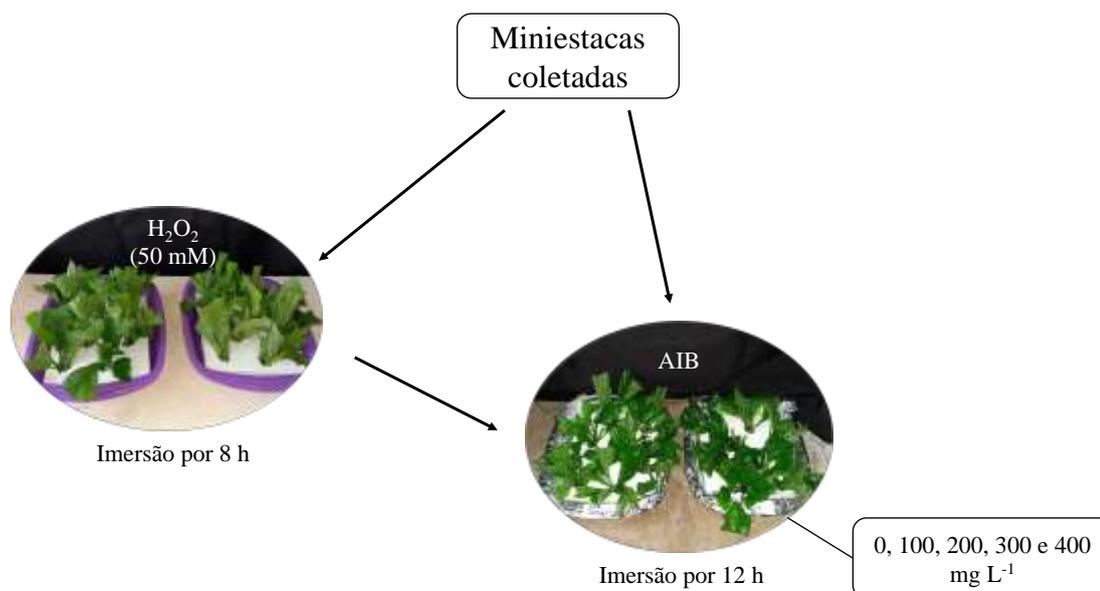


Figura 13. Esquema representativo dos tratamentos com H₂O₂ e AIB a que foram submetidas as miniestacas de *Cordia trichotoma*.

Aos 60 dias, as plântulas foram retiradas da câmara de nebulização e avaliadas quanto ao enraizamento e à sobrevivência. Posteriormente, as mudas foram avaliadas quanto ao enraizamento. Todo o substrato foi retirado por meio da lavagem em água corrente sobre peneiras, para a mensuração do número de raízes, presença de calos e comprimento de raízes de primeira ordem. Foi determinada a porcentagem de estacas que emitiram brotações no setor de enraizamento.

Em seguida, as raízes e parte aérea foram separadas, colocadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C ± 2, por 72 horas, para determinação da massa seca do sistema radicular e parte aérea, por meio da pesagem do material em balança analítica.

Os dados de porcentagem de brotações e massa seca de raiz foram transformados por raiz quadrada, por não atenderem às pressuposições estatísticas. Todos os dados foram submetidos à Análise de Variância por meio do *software* estatístico R e as diferenças em função das concentrações submetidas a ajustes de regressão ou testes de média.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Beneficiamento e períodos de embebição de sementes de *C. trichotoma*

Nos testes realizados em casa de vegetação, os tratamentos de pré-embebição em água não causaram efeitos na emergência de sementes de *C. trichotoma*, não havendo diferença no percentual e velocidade de emergência (Tabela 1), nem nas variáveis de qualidade das mudas obtidas (Tabela 2), demonstrando que não há necessidade destes tratamentos para que seu metabolismo seja ativado.

A emergência das sementes que tiveram o perianto removido iniciou-se aos 11 dias após a sementeira, enquanto para as sementes com perianto aderido não houve emergência durante o período de avaliação (30 dias). As sementes sem perianto aderido alcançaram 81% de emergência e índice de velocidade emergência de 1,26 (Tabela 1).

Foi observado, neste experimento, efeito da retirada do perianto na emergência e índice de velocidade emergência das sementes de *C. trichotoma* submetidas a dois tempos de pré-embebição em água e duas formas de beneficiamento.

Tabela 1. Valores médios de IVE e %E de sementes de *C. trichotoma*, 30 dias após a semeadura

Beneficiamento	Pré- embebição (Horas)	IVE	% E
Sem perianto	24	1,12 a	77,50 a
Sem perianto	0	1,26 a	81,00 a
Com perianto	24	0,00	0,00
Com perianto	0	0,00	0,00

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade Índice de Velocidade de germinação (IVE) e Porcentagem de emergência (%E)

Tabela 2. Valores médios de H, DAC, AF, MSPA e MSR de mudas de *C. trichotoma*, 60 dias após a semeadura obtida a partir de sementes com perianto removido

Pré- embebição (Horas)	H (cm)	DAC (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSR (g)
24	41,99 a	5,28 a	442,08 a	3,26 a	2,01 a
0	45,39 a	5,50 a	518,50 a	3,97a	2,25 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de F 5% de probabilidade. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DAC), Área foliar (AF), Massa seca da parte aérea (MSPA) e Massa seca do sistema radicular (MSR)

No segundo experimento, realizado sob condições controladas, observou-se, em sementes do mesmo lote, que a germinação foi iniciada aos cinco dias em sementes sem perianto e aos oito dias em sementes com perianto, mais rápido que os dados observados na literatura. Foi observado o início da germinação de sementes de louro-pardo, com perianto aderido aos 18 dias, em temperatura de 25°C e na presença de luz constante (Felippi et al., 2012), enquanto o início da germinação com a retirada do perianto ocorreu aos sete dias, sob condições de temperatura de 25°C (escuridão contínua) e 30/20°C (8 h de luz / 16 h de escuridão), utilizando como substrato ágar (Galíndez et al., 2019) e variou de 10 a 11 dias em temperaturas de 20 a 25 °C, tanto na presença quanto na ausência de luz (Machado et al., 2015).

A retirada do perianto foi benéfica para as variáveis analisadas, e não houve vantagens da pré-embebição das sementes, havendo inclusive redução do percentual de germinação e do número de plântulas normais (Figura 14) em sementes mantidas por 12 horas em pré-embebição (Tabela 3).

Tratamentos pré-germinativos, como embebição, podem favorecer e acelerar o processo germinativo, tendo em vista que proporciona a reidratação dos tecidos, intensificando a respiração e, conseqüentemente, a produção de energia para que ocorra a germinação. Além disso, o aumento de volume da semente por absorção de água leva à ruptura da casca, facilitando a protusão do eixo hipocótilo-radicular ainda muito frágil para rompê-la (Gonçalves et al., 2008; Carvalho e Nakagawa, 2012; Rabbani et al., 2013).

Tabela 3. Valores médios de IVG, %G e %N de sementes de *C. trichotoma* 30 dias após a semeadura

IVG			
	0 h	12 h	24 h
Com P	0,12 bA	0,04 bA	0,05 bA
Sem P	0,80 aA	0,40 aB	0,63 aA
CV %	46,78		
%G			
	0 h	12 h	24 h
Com P	7,0 bA	3,0 bA	3,5 bA
Sem P	35,5 aA	23,5 aB	32,0 aAB
CV %	33,64		
%N			
	0 h	12 h	24 h
Com P	4,5 bA	2,0 bA	2,5 bA
Sem P	27,5 aA	19,0 aA	26,5 aA
CV %	39,5		

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, ou mesmas letras maiúsculas, na linha não diferem pelo teste de tukey a 5% de probabilidade
Índice de velocidade de germinação (IVG), Porcentagem de germinação (%G) e Porcentagem de Plântulas normais (%N).



Figura 14. Plântulas normais (formação de raiz e parte aérea) de *C. trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud, aos 30 dias após a sementeira.

Entretanto, para *C. trichotoma*, os períodos de pré-embebição não beneficiaram a emergência e o IVE da espécie (Tabela 1). Já em relação à germinação, o tratamento sem pré-embebição foi superior ao de 12h, não diferindo do tratamento de 24h (Tabela 3), diferente de sementes de *Bowdichia virgilioides* (Gonçalves et al., 2008) e *Moringa oleifera* (Rabbani et al., 2013), para as quais os autores obtiveram aumento dos percentuais de germinação, (62 e 25%, respectivamente) e do índice de velocidade de germinação em tratamentos com maior período de pré-embebição, favorecendo a ativação do metabolismo das sementes.

A remoção do perianto reduz a presença de patógenos no teste de germinação capazes de prejudicar o processo germinativo (Berghetti et al., 2015). A retirada do perianto influenciou o processo germinativo de *C. trichotoma* neste estudo, corroborando os resultados obtidos por Berghetti et al. (2015) e Galíndez et al. (2019) trabalhando com a mesma espécie. Felippi et al. (2012) encontraram germinação e emergência lenta e irregular para a espécie, utilizando sementes com perianto aderido. Além de promover a proliferação de patógenos, o perianto pode conter compostos inibidores da germinação. Foram encontradas substâncias inibitórias no perianto de algumas espécies que o possuem aderido à semente, como *Salsola komarovii*, que contém ácido abscísico, inibidor da germinação

(Takeno e Yamaguchi, 1991). Podem conter também grande quantidade de sal e outros fatores que atrasam a germinação (Wei et al., 2008; Aiazzi e Arguello, 1992).

Foi observada baixa porcentagem de germinação em condições controladas, mesmo com a retirada do perianto, em relação ao percentual encontrado na avaliação da emergência, em condições de casa de vegetação, sem controle de temperatura e umidade. Embora as sementes sejam do mesmo lote, o teste de germinação em BOD foi realizado dois meses após o de emergência, o que pode ter influenciado negativamente no vigor das sementes, armazenadas em sacos plásticos, sem controle de temperatura e umidade. Segundo Maffra (2019), sementes de *C. trichotoma* armazenada nessas condições por 120 dias apresentam drástica redução de sua viabilidade, entretanto, mesmo nessas condições, os percentuais de germinação atingidos neste estudo após 330 dias de armazenamento com sementes sem perianto, são superiores aos do autor, que realizou os testes sem a retirada do perianto. Gusatto (2015) conseguiu preservar o vigor e a viabilidade das sementes de *C. trichotoma* por apenas seis meses, em recipientes de vidro, mantidos em câmara seca, sob temperatura variando de 13 a 17 °C.

Embora a temperatura da BOD tenha sido adotada a partir de Lima et al. (2010), os autores também indicam temperatura alternada de 20:30°C para a espécie, que talvez permitisse melhor expressão da qualidade do lote. Gusatto (2015) também obteve baixo percentual de germinação sob condições controladas, utilizando 25°C, com luz branca contínua. Entretanto, o autor não retirou o perianto das sementes. Novos testes para definir a temperatura e fotoperíodo adequados nas análises laboratoriais da espécie devem ser realizados.

5.2. Resgate de matrizes

Nos ramos utilizados para o resgate de matrizes de *C. trichotoma*, após a coleta e disposição de galhos sob nebulização, observou-se grande variação para a densidade de brotações entre as progênies. Observou-se que a espécie possui boa capacidade de emitir brotações epicórmicas, havendo variação, de 1,18 a 5,49 brotações por dm² de ramos (Figuras 15 e 16). Os resultados para capacidade de brotação dos ramos alcançados para *C. trichotoma* foram superiores aos

encontrados por Conceição (2019) para ramos de *Bertholletia excelsa* e Bernardes et al. (2020) para *Lecythis pisonis*, onde a indução de brotações entre as matrizes de *B. excelsa* variou de 0,4 a 5,2 brotações por galhos (40 cm), comprimento próximo aos utilizados para *C. trichotoma* neste estudo (35 cm) e para as diferentes matrizes de *L. pisonis*, foi de 0,2 a 7,4 brotações por galhos de 60 cm de comprimento.

O resgate por indução de brotação em ramos é uma técnica alternativa de revigoramento/rejuvenescimento que objetiva promover a emissão de brotos a partir de gemas dormentes quando em condições adequadas para seu desenvolvimento, formando propágulos com maior vigor (Wendling et al., 2014; Conceição, 2019) e capacidade de enraizamento. A utilização desta técnica apresentou sucesso também para a indução de brotações epicórmicas em ramos de algumas espécies como *Eucalyptus cloeziana* (Almeida et al., 2007), *Araucaria angustifolia* (Wendling et al., 2009), *Eucalyptus benthamii* (Baccarin et al., 2015) e *Ilex paraguariensis* que apresentou maior capacidade de brotação para o resgate por ramos em relação a outras técnicas (Nascimento et al., 2018).

Neste estudo foram utilizados galhos de duas plantas das progênes 25, 28 e 30. As duas plantas de cada progênie possuem capacidade de brotação semelhante. A progênie 25 está entre as que apresentam maior número de brotações, enquanto a 28 e 30 estão entre os menores valores. Santos (2018), estudando as progênes presentes neste trabalho, verificou que essas progênes estão entre as nove melhores progênes no ranqueamento para maior produtividade, comportamento mais estável e melhor adaptabilidade.

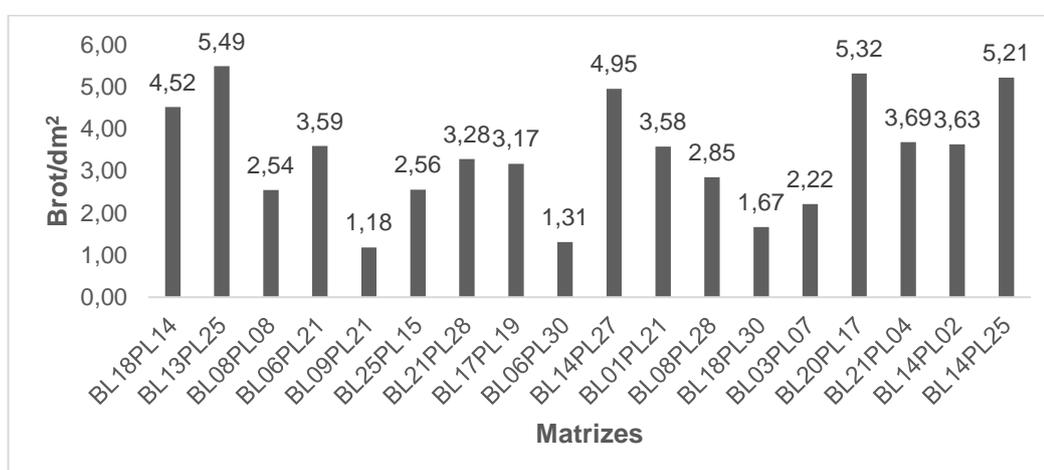


Figura 15. Capacidade de brotação de ramos coletados no terço inferior de matrizes de *C. trichotoma* aos sete anos após o plantio. Avaliação realizada 30 dias após a coleta e disposição dos galhos sob nebulização intermitente.



Figura 16. Galhos de matrizes de *C. trichotoma*, aos 30 dias após a coleta e disposição sob nebulização com menos (A) e mais (B) brotações por dm^2 de ramos.

A indução de brotações epicórmicas, de acordo com o período de espera entre a coleta e a disposição dos galhos na nebulização intermitente foi mais intensa em galhos com dois dias após a coleta, para a maior parte das matrizes, não havendo problemas com relação ao período de transporte. Para período de dois dias, a densidade de brotações dos ramos entre matrizes variou de 0,65 a 8,97 brotações por dm^2 , enquanto os ramos dispostos um dia após a coleta essa variação foi de 1,17 a 7,26 brotações por dm^2 (Figura 17). Após a coleta no campo, o material pode esperar até 48 horas para ser processado.

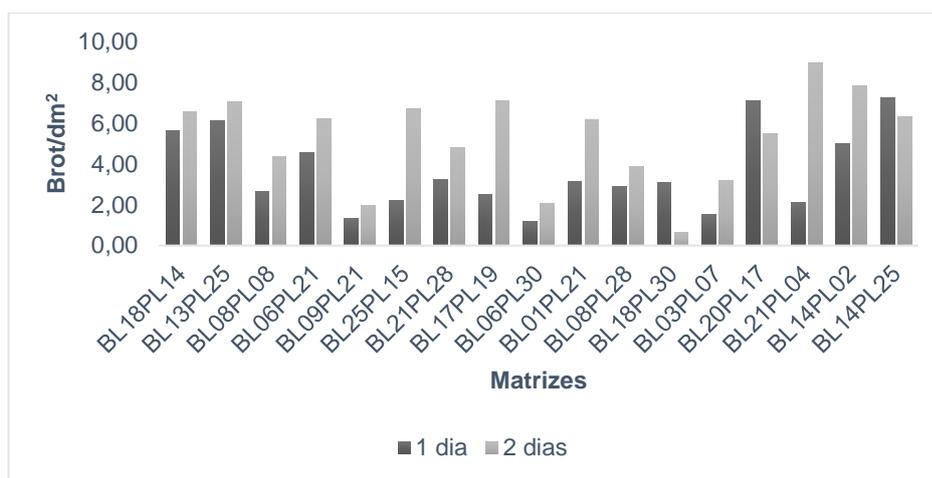


Figura 17. Capacidade de brotação de ramos coletados no terço inferior de matrizes de *C. trichotoma* aos sete anos após o plantio e em 24h e 48 h após a coleta. Avaliação realizada 30 dias após a coleta e disposição dos galhos sob nebulização intermitente.

A sobrevivência das miniestacas, obtidas a partir do resgate de matrizes por brotação de ramos adultos, variou de 25,45 a 100 % aos 60 dias após o estaqueamento no mês de agosto (Figura 18a). Resultados semelhantes foram observados para setembro onde a variação foi de 25 a 100% (Figura 18b), já para o mês de dezembro, a sobrevivência foi inferior em relação aos demais, de 0 a 72,92% (Figura 18c). Entretanto, ao final de 210 dias, a sobrevivência foi baixa, sendo obtidas apenas mudas de oito matrizes das 17 acessadas para a realização do experimento. Das mudas das oito progênies sobreviventes, três (25, 28 e 19) estão entre as nove melhores progênies do ranqueamento proposto por Santos (2018) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade de progênies de *C. trichotoma* (Figuras 19 e 20).

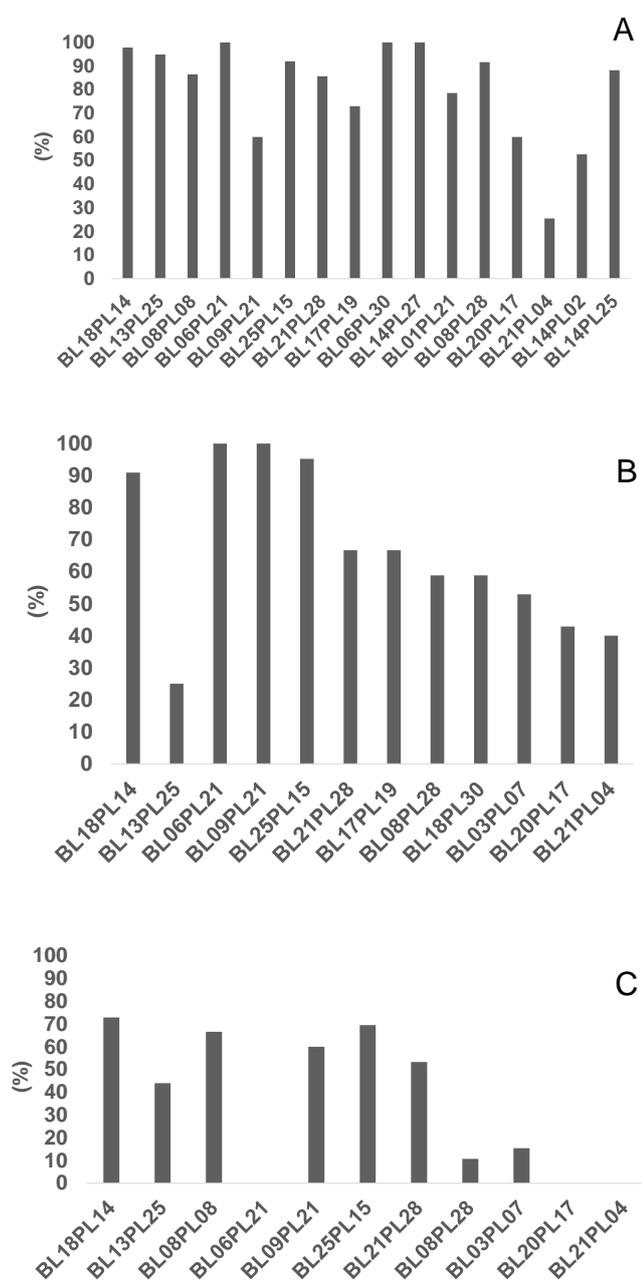


Figura 18. Sobrevivência de plântulas de *C. trichotoma* obtidas a partir das brotações de galhos coletados em matrizes com sete anos após o plantio, aos 60 dias após o estaqueamento. Estaqueamento realizado no mês de agosto (A), setembro (B) e dezembro (C).

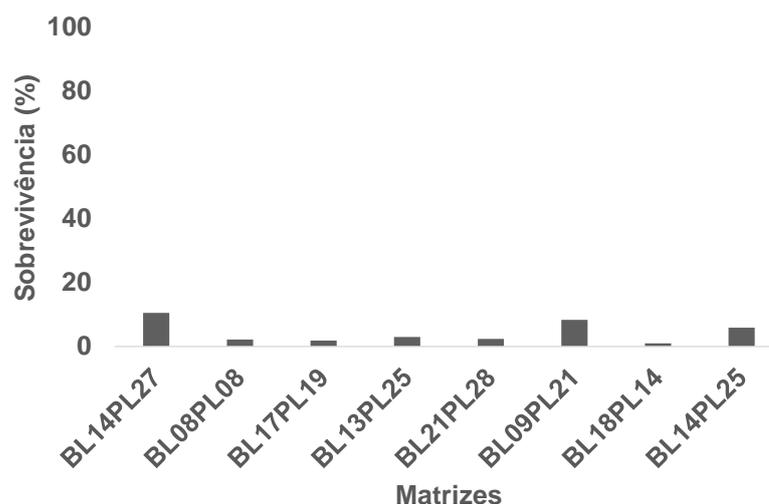


Figura 19. Sobrevivência de mudas resgatadas de *C. trichotoma*, obtidas a partir das brotações de galhos, coletados em matrizes com sete anos após o plantio, aos 210 dias após o estaqueamento.



Figura 20. Muda obtida a partir do resgate de matrizes de *C. trichotoma*, aos 210 dias após o estaqueamento.

A menor porcentagem de sobrevivência observada nas miniestacas estaqueadas no mês de dezembro pode estar relacionada às altas temperaturas na região nessa época do ano (31°C), em comparação com as dos meses de agosto (24°C) e setembro (29°C), causando estresse nas miniestacas pela perda

de umidade para o ambiente. A sobrevivência apresentada na expedição do setor de enraizamento foi reduzida durante o ciclo no viveiro, resultante da baixa capacidade de enraizamento dos propágulos. Esse é um fator limitante para a técnica de resgate por brotação de ramos, o que pode estar relacionado à idade ontogenética (Almeida et al., 2007; Bernardes et al., 2020; Conceição, 2019), embora estudos com miniestacas juvenis também apontem para baixa capacidade de enraizamento da espécie (Faganello et al., 2015; Kielse et al., 2015).

As mudas produzidas seriam submetidas à poda apical e avaliadas quanto à sua capacidade de brotação, sendo as brotações provenientes deste processo utilizadas na confecção de miniestacas, que posteriormente iriam ser avaliadas quanto à capacidade de enraizamento e qualidade final das mudas. No entanto, não foi possível obter mudas enraizadas o suficiente a partir do resgate, impossibilitando a continuidade dos experimentos com miniestacas oriundas do resgate das matrizes.

5.3. Enraizamento de miniestacas de *C. trichotoma* em função da imersão em H₂O₂ e diferentes concentrações de AIB

As miniestacas apresentaram redução da porcentagem de sobrevivência em função do aumento nas concentrações de AIB nos tratamentos sem a utilização de H₂O₂. Sugere-se que a redução da sobrevivência indica toxidez por AIB. Quando as concentrações de AIB foram associadas ao tratamento com 50 mM de peróxido de hidrogênio, não houve variação no percentual de sobrevivência. Foram observados efeitos positivos para esta variável com a utilização de H₂O₂ a partir da concentração de 200 mg L⁻¹ de AIB, chegando a 100 % de sobrevivência na concentração de 300 mg L⁻¹, e com diferença mínima significativa (DMS) de 9,18 (Figura 21a).

A redução da sobrevivência com o aumento das concentrações de AIB também foi observada por Faganello et al. (2015), avaliando o efeito do fitorregulador no enraizamento de miniestacas de *C. trichotoma*, em concentrações mais elevadas (0, 2000, 4000, 6000 e 8000 mg L⁻¹) e imersão rápida. O mesmo comportamento foi observado para *Varronia curassavica* (Pereira et al., 2016) e híbridos de *Eucalyptus viminalis* x *saligna* e *Eucalyptus dunnii* x *grandis* (Souza, 2017).

Não houve efeito do AIB na porcentagem de estacas que apresentaram formação de calos (figuras 21b, 22a e 22b). Em miniestacas cuja base foi imersa em solução de peróxido de hidrogênio (50 mM), houve 86% de miniestacas com presença de calos, 17% a mais que as estacas que não receberam o tratamento.

O enraizamento ocorre predominantemente de forma indireta nas miniestacas de *C. trichotoma*, havendo previamente a formação de calos para posterior protusão radicular, fato favorecido pela aplicação de peróxido de hidrogênio, que estimulou a formação de calos (Figuras 22c).

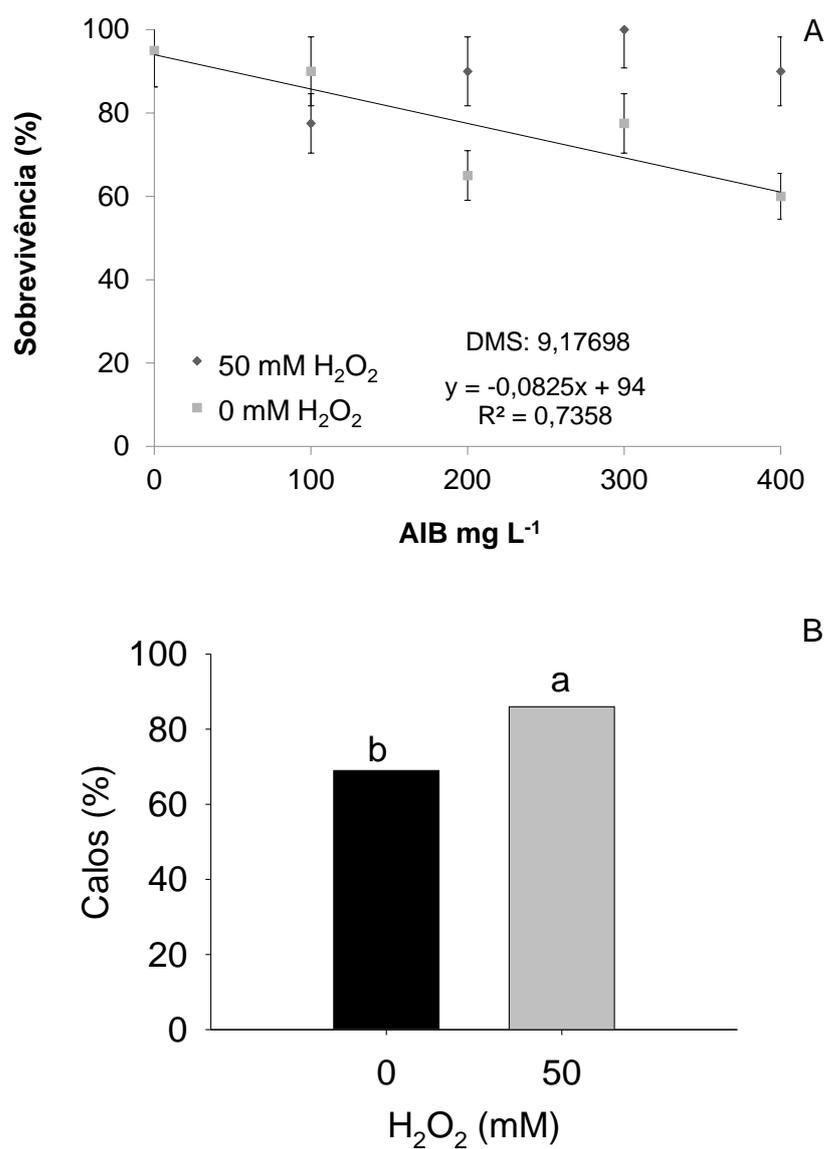


Figura 21. Sobrevivência (A), formação de calos (B), de miniestacas de *C. trichotoma*, aos 60 dias após o estaqueamento, em função da imersão da base em peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

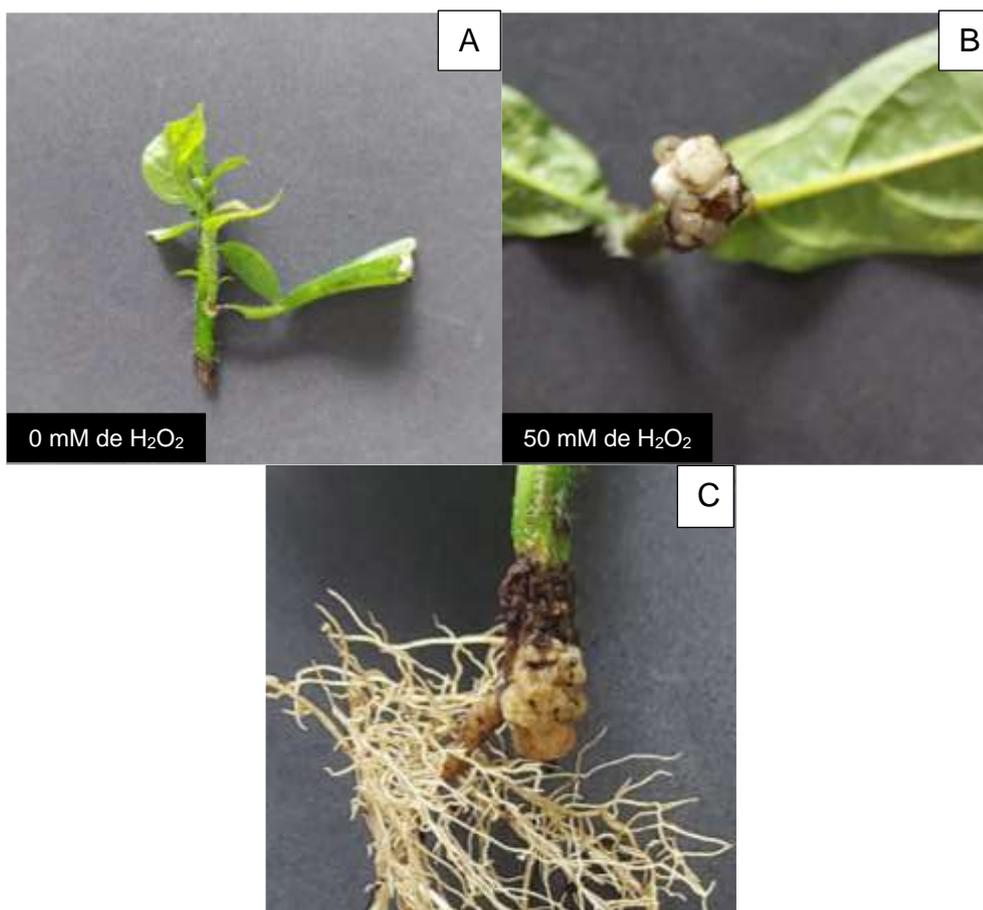


Figura 22. Miniestacas de *C. trichotoma* sem H₂O₂ sem formação de calos (A), submetidas a 50 mM de H₂O₂, com formação de calos (B) e miniestaca apresentando enraizamento indireto com formação de raízes a partir de calos (C).

Observou-se comportamento quadrático no percentual de enraizamento das miniestacas em função das concentrações de AIB, sendo o aumento deste percentual potencializado pela aplicação de H₂O₂. O maior percentual foi obtido com 308 mg L⁻¹ de AIB associados a 50 mM de H₂O₂ (Figura 23). A potencialização do enraizamento pela associação de H₂O₂ ao AIB também foi observada por Sebastiani e Tognetti (2004), em miniestacas de *Olea europaea*. Também em *Linum usitatissimum*, a aplicação de peróxido de hidrogênio exógeno foi positivamente correlacionada com a formação de raízes (Takáč et al., 2016) e promoveu o enraizamento de miniestacas de *Mucuna pruriens* (Li et al., 2009). O tratamento com peróxido de hidrogênio proporcionou a obtenção de resultados superiores aos de Kielse et al. (2013) e Faganello et al. (2015) com a aplicação

apenas de AIB, em concentrações elevadas e imersão rápida, em miniestacas caulinares e radiculares, respectivamente, de *C. trichotoma*.

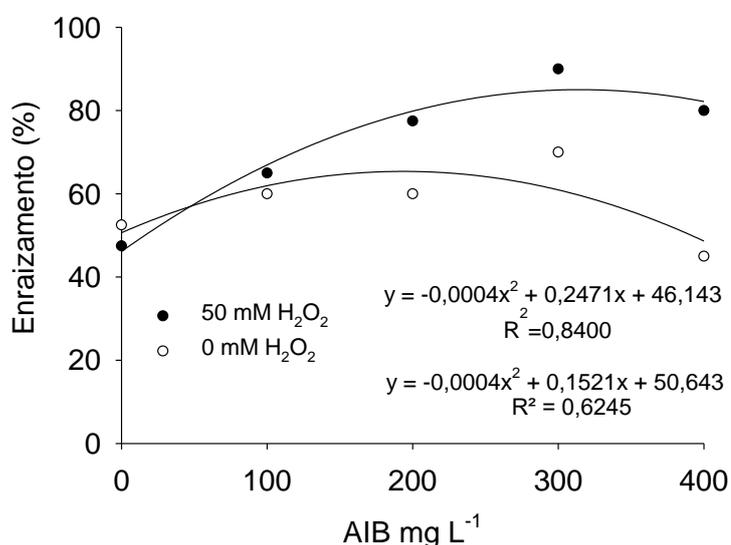


Figura 23. Enraizamento de miniestacas de *C. trichotoma*, aos 60 dias após o estaqueamento, tratadas com diferentes concentrações de AIB associado ou não a 50 mM de peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

A influência positiva do peróxido de hidrogênio no enraizamento adventício parece estar relacionada ao fato de que essa espécie reativa de oxigênio reduz a degradação da auxina. Desta forma a auxina se acumula na base da estaca para promover a iniciação radicular adventícia (Steffens e Rasmussen, 2016). Além disso, existe um *feedback* entre peróxido de hidrogênio e auxina, onde a sinalização de auxina pode ser recuperada pelo peróxido de hidrogênio, e o ácido indol-3-butírico aumenta a produção de peróxido de hidrogênio (Li et al., 2009; Kang et al., 2018), estimulando a sua geração para mediar o gravitropismo da raiz, tendo em vista que a aplicação de peróxido de hidrogênio na raiz estimula a curvatura gravitrópica (Joo et al., 2001).

O peróxido de hidrogênio é gerado no metabolismo normal da célula e é balanceado pela ação das enzimas antioxidantes, para que sua quantidade endógena esteja em equilíbrio, evitando danos oxidativos e intermediando vários processos fisiológicos quando em equilíbrio (Neil et al., 2002). A auxina pode

prevenir danos oxidativos por meio da regulação das atividades de enzimas antioxidantes e dos seus níveis (Li et al., 2019). A realização de experimentos futuros que possam avaliar o sistema antioxidante na espécie pode explicar melhor a influência destas substâncias.

Quando o propágulo recebe o corte para formação de miniestacas, têm seu nível de auxina elevado e posterior redução com o passar do tempo, e os níveis de citocinina diminuem rapidamente. O enraizamento adventício é promovido por altos níveis de auxina e baixos níveis de citocinina (Ahkami et al., 2013; Rasmussen et al., 2015). A posterior redução de auxina algum tempo após o corte é causada pela sua degradação ou por inibidores de transporte de auxina, essa inibição da ação da auxina pode ser minimizada pela utilização do peróxido de hidrogênio, mantendo os níveis de auxina endógenos (Steffens e Rasmussen, 2016). Essas informações podem explicar a menor porcentagem de sobrevivência de miniestacas *C. trichotoma* não tratadas com peróxido de hidrogênio, que está relacionada às menores porcentagens de enraizamento observadas nestes tratamentos, reduzindo a sobrevivência.

Para os caracteres relacionados à qualidade do sistema radicular, como número de raízes, comprimento de raízes de primeira ordem e matéria seca da raiz, não houve efeito do H₂O₂. As variações foram observadas em função das diferentes concentrações de AIB, que elevaram os valores desses caracteres (Figuras 24 e 25). Diferente deste trabalho, a aplicação de peróxido de hidrogênio afetou o crescimento e a diferenciação de raízes de *Arabidopsis* (Dunand et al., 2007) e *Olea europaea* (Sebastiani e Tognetti, 2004).

O número de raízes atingiu os maiores valores a partir da concentração de 200 mg L⁻¹ de AIB (Figura 24a), enquanto o efeito do regulador sobre o comprimento e a massa seca de raízes não variou entre as concentrações de 100 a 400 mg L⁻¹ de AIB, sendo todas superiores à testemunha (Figuras 24b e 24c). A aplicação de AIB em miniestacas de *C. trichotoma* por Faganello et al. (2015), e em outras espécies como *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira et al., 2015) e *Erythrina falcata* (Betanin e Nienow, 2010) também proporcionou maior número, comprimento e massa seca de raízes.

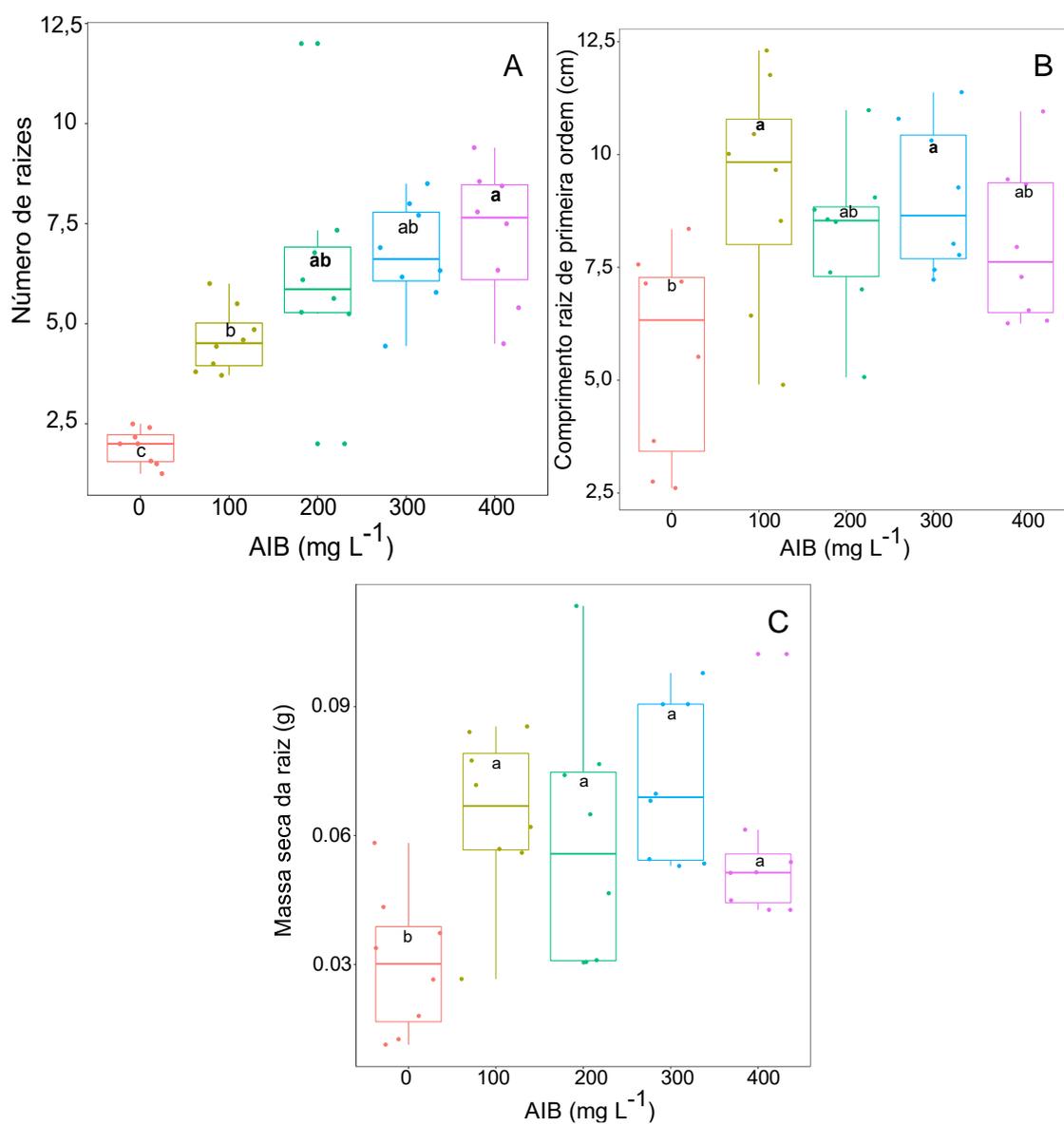


Figura 24. Número de raízes (A), comprimento de raízes de primeira ordem (B), massa seca de raízes (C) de miniestacas de *C. trichotoma*, aos 60 dias após o estaqueamento, em função de diferentes concentrações de AIB.

AIB

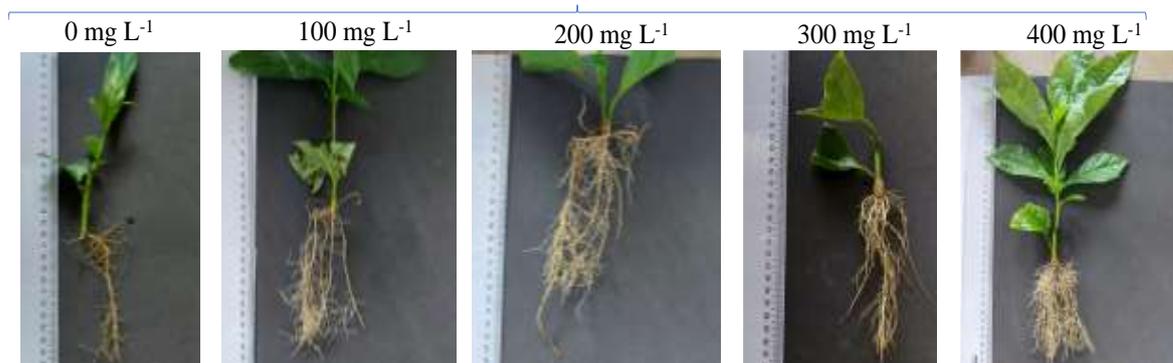


Figura 25. Miniestacas enraizadas de *C. trichotoma*, aos 60 dias após o estaqueamento, submetidas às diferentes concentrações de AIB, representando as variáveis de crescimento de raízes.

A qualidade estrutural do sistema radicular é um fator de grande importância para a qualidade final de mudas sendo fundamental para o sucesso do estabelecimento da muda no campo.

O percentual de miniestacas que emitiram brotações no setor de enraizamento variou em função do peróxido de hidrogênio e das concentrações de AIB (ANOVA $p < 0,05$). Também foi observado efeito do AIB sobre massa seca da parte aérea (Figura 26).

O aumento da concentração de AIB reduziu a porcentagem de estacas que apresentaram brotação no setor de enraizamento, sendo essa redução mais acentuada na ausência de peróxido de hidrogênio (Figura 26a). O mesmo comportamento foi observado nos valores de matéria seca da parte aérea, não havendo efeito do peróxido de hidrogênio (Figura 26b).

Faganello et al. (2015) também observaram que as variáveis de parte aérea foram influenciadas negativamente pelo aumento das concentrações de AIB em *C. trichotoma*, e os resultados mostraram haver redução linear na porcentagem de estacas brotadas, número de brotos e número de folhas.

Pode ser observada uma relação inversa entre as variáveis de parte aérea e raiz, comportamento relacionado à ação dos dois principais hormônios vegetais ligados à formação desses órgãos. A indução da raiz adventícia é promovida por altos níveis de auxina e baixos níveis de citocinina (Ahkami et al., 2013; Rasmussen et al., 2015). Já para brotações na parte aérea, os níveis de citocininas devem ser

mais elevados (Bellini et al., 2014). Portanto, há maior formação de raiz sob níveis mais elevados de auxina em relação à citocinina.

Quando há formação de raízes induzidas pela auxina, essas se tornam os principais drenos direcionando as reservas para o seu desenvolvimento, já nos tratamentos onde não houve a indução do enraizamento, o surgimento de estruturas de parte aérea antes da emissão de raízes se torna um forte dreno de reservas prejudicando o enraizamento (Lima et al., 2006).

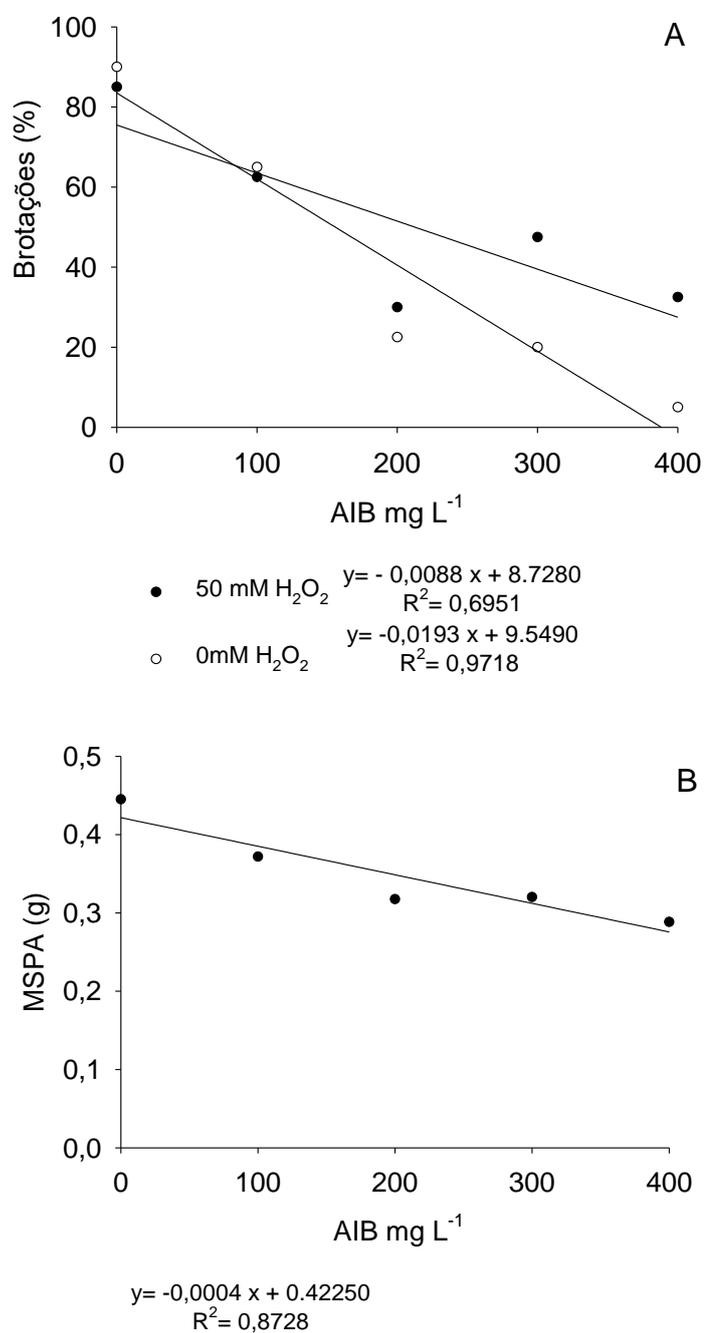


Figura 26. Porcentagem de plântulas que emitiram brotações (A), matéria seca da parte aérea - MSPA (B) de miniestacas de *C. trichotoma*, aos 60 dias após o estaqueamento, tratadas com diferentes concentrações de AIB associado ou não a 50 mM de peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

De maneira geral, a aplicação de AIB associada ao peróxido de hidrogênio, potencializou o enraizamento de miniestacas de *C. trichotoma*, característica muito importante para produtividade de mudas em um viveiro. Além disso, a utilização de AIB, independente do uso de peróxido de hidrogênio, favoreceu a qualidade do sistema radicular, característica de grande importância para obtenção de mudas de qualidade e, conseqüentemente, com melhor capacidade de se estabelecer no campo. Diante disso, a imersão da base das miniestacas de *C. trichotoma* em peróxido de hidrogênio (50mM) por oito horas e por mais 12 horas em solução de 300 mg L⁻¹ de AIB, apresenta-se promissora tanto para a produtividade como para a qualidade de mudas obtidas.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

C. trichotoma, conhecido popularmente como louro-pardo, é uma das espécies florestais nativas com potencial tanto para fins madeireiros como ambientais. Este trabalho teve como objetivos: desenvolver metodologia para o aumento do percentual e velocidade de germinação de sementes de louro pardo; resgatar matrizes de *C. trichotoma* pela indução de brotações epicórmicas em ramos adultos; determinar concentração de ácido indolbutírico e de peróxido de hidrogênio para aumentar o percentual de enraizamento de miniestacas de louro-pardo. Para isso o trabalho foi realizado em três etapas.

A primeira etapa refere-se ao resgate de matrizes por indução de brotações em galhos de árvores, em teste de progênie com sete anos, localizado em Linhares-ES. Para isso foram acessadas 17 matrizes, selecionadas com base nos valores genéticos de caracteres de crescimento e forma do fuste. Os galhos dessas matrizes foram podados, identificados e dispostos em câmara de nebulização, sobre leito de areia, para indução de brotações epicórmicas. A emissão e crescimento das brotações foram monitorados semanalmente, sendo realizada a contagem do número de brotações por matriz aos 30 dias, quando apresentaram grande quantidade de brotações com mais de 6 cm de comprimento. Foram coletadas as brotações em três épocas diferentes (conforme o crescimento das mesmas), nos meses de agosto, setembro e dezembro, e confeccionadas miniestacas que foram estaqueadas e avaliadas quanto à sobrevivência.

A espécie apresenta boa capacidade de brotação a partir de galhos da copa, entretanto, com grande variação entre as matrizes (1,18 a 5,49 brotações por dm² de ramos). Embora essa seja uma característica favorável para este método de resgate, as brotações apresentam baixa capacidade de enraizamento, e a produção de mudas por matriz variou de 0 a 10,5%. Estudos que aumentem a capacidade de enraizamento de propágulos obtidos a partir de árvores adultas devem ser priorizados em pesquisas futuras com a espécie.

A segunda etapa, referente à avaliação do efeito da retirada do perianto e de pré-embebição de sementes sobre o comportamento germinativo foi conduzida em duas fases: teste de emergência em casa de vegetação e teste de germinação em condições controladas (BOD). Os diásporos foram coletados no município de Magé, RJ e armazenados por nove meses em sacos plásticos sem controle de umidade e temperatura. O teste de emergência foi conduzido em fatorial 2x2 (com e sem perianto; com e sem pré-embebição em água por 24 horas). Foi realizada semeadura em bandejas plásticas contendo substrato comercial sob condições de casa de vegetação. O teste de germinação em BOD foi conduzido dois meses depois, em esquema fatorial 2x3 (com e sem perianto; sem pré-embebição, pré-embebição de 12 e 24 horas). Após os tratamentos, as sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel toalha “germitest”, umedecidas com água deionizada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco formando rolos de papel.

Não houve efeito da pré-embebição das sementes em água por até 24 horas, sobre a capacidade germinativa e a qualidade das mudas de louro pardo. A remoção do perianto aumentou a velocidade, o percentual de germinação e o número de plântulas normais. Recomenda-se a retirada do perianto das sementes.

Na terceira etapa, miniestacas de *C. trichotoma* provenientes de minijardim multiclonal tiveram a base imersa em diferentes concentrações de AIB (0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹), por 12 horas, associado ou não com peróxido de hidrogênio (50mM).

O peróxido de hidrogênio em associação com AIB aumentou o percentual de enraizamento, das miniestacas de *C. trichotoma*. A espécie apresenta enraizamento indireto com a prévia formação de calos seguido da protusão radicular. O AIB aumentou a qualidade do sistema radicular, e o aumento das concentrações reduziu a porcentagem de estacas que apresentaram brotação no setor de enraizamento, sendo essa redução mais acentuada na ausência de

peróxido de hidrogênio. Recomenda-se a imersão da base de miniestacas de louro-pardo em 300 mg L⁻¹ de AIB por 12 horas, após oito horas em 50 mM de H₂O₂.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahkami, A. H., Melzer, M., Ghaffari, M. R., Pollmann, S., Javid, M. G., Shahinnia, F., Druège, U. (2013) Distribution of indole-3-acetic acid in *Petunia hybrida* shoot tip cuttings and relationship between auxin transport, carbohydrate metabolism and adventitious root formation. *Planta*, 238(3):499-517.
- Aiazzi, M. T., Argüello, J. A. (1992) Dormancy and germination studies on dispersal units of *Atriplex cordobensis* (Gandoger et Stucker) (Chenopodiaceae). *Seed Science and Technology*, 20(3):401-407.
- Alfenas, A.C., Zauza, E.A.V., Mafia, R.G., Assis, T.F. (2004) *Clonagem e doenças do eucalipto*. 1ª ed. UFV, Viçosa, 442p.
- Almeida, F. D. de, Xavier, A. Dias, J. M. M. (2007) Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. *R. Árvore*, Viçosa-MG, 31(3):445-453.
- Baccarin, F. J. B., Brondani, G. E., Almeida, L. V. de, Vieira, I. G., Oliveira, L. S. de, Almeida, M. de. (2015) Vegetative rescue and cloning of *Eucalyptus benthamii* selected adult trees. *New Forests*, 46:465–483.
- Barroso, D. G., Souza, M. G. O. D. S., Oliveira, T. P. D. F. D., Siqueira, D. P. (2018) Growth of atlantic forest trees and their influence on topsoil fertility in the Southeastern Brazil. *Cerne*, 24(4):352-359.
- Bellini, C., Pacurar, D. I., Perrone, I. (2014) Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. *Annual review of plant biology*, 65:639-666.
- Berghetti, A. L. P., Araujo, M. M., Bovolini, M. P., Tonetto, T. da S., Muniz, M. F. B. (2015) Morfologia de Plântulas e Controle de Patógenos em Sementes de *Cordia trichotoma*. *Floresta e Ambiente*, 22(1):99-106.

- Bernardes, V. P., Gonçalves, E. D. O., Sant'Ana, B. T., Alexandre, R. S., Wendling, I. (2020) Vegetative Rescue and Clonal Propagation of *Lecythis Pisonis* Cambess. *Floresta e Ambiente*, 27(4):1-8.
- Betanin, L. e Nienow, A. A. (2010) Propagação vegetativa da corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caulinar e foliar. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 31(4):871-880.
- Bonnet, A. e Curcio, G. (2015) Uso de espécies arbóreas nativas para a propriedade rural e mercado regional na região de Sooretama, ES. *Embrapa Florestas*, Comunicado Técnico 368, p. 1-16.
- Borelli, K. (2016) *Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso*. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo, 87p.
- Brasil (2009) RAS - *Regras para análise de sementes*. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 395p.
- Cardinal, Á. B. B., Gonçalves, P. D. S., Martins, A. L. M. (2007) Influência de seis porta-enxertos sobre a produção de clones superiores de seringueira. *Bragantia*, 66(2):277-284.
- Carvalho, N.M. e Nakagawa, J. (2012) *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.
- Carvalho, P. E. R. (1988) Louro-pardo. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 17:63-66.
- Carvalho, P. E. R. (2002) Louro Pardo. *Embrapa Florestas*, Colombo, Circular Técnica 66, 16p.
- Carvalho, P. E. R. (2003a) Espécies arbóreas brasileiras. v.1. Brasília – DF: *Embrapa Florestas*, 1039 p.
- Carvalho, P. E. R. (2003b) Espécies arbóreas nativas: silvicultura e usos. *I Semana do Estudante Universitário – Meio Ambiente*. Embrapa florestas.
- Conceição, J. B. F. (2019) *Potencial de resgate vegetativo da castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa Bonpl.) A partir de brotações epicórmicas de ramos destacados*. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) – Manaus – AM, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, 56p.
- Dias, P. C., Xavier, A., Oliveira, L. S. de, Paiva, H. N. de, Correia, A. C. G. (2012a) Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, 32(72):453-462.
- Dias, P. C., Xavier, A., Oliveira, L. S. de, Paiva, H. N. de, Correia, A. C. G. (2012b) propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de Angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 36(3):389-399.

- Dunand, C., Crèvecoeur, M., Penel, C. (2007) Distribution of superoxide and hydrogen peroxide in Arabidopsis root and their influence on root development: possible interaction with peroxidases. *New Phytologist*, 174(2):332-341.
- Faganello, L. R. Dranski, J. A. L., Malavasi, U. C., Malavasi, M. de M. (2015) Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 25(4):863-871.
- Felippi, M., Maffra, C. R. B., Cantarelli, E. B., Araújo, M. M., Longhi, S. J. (2012) Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 22 (3):631-641.
- Ferrari, M. P., Grossi, F., Wendling, I. (2004) Propagação vegetativa de espécies florestais. *Embrapa Florestas*, Colombo, Documentos 94, 22p.
- Fick, T. A., Bisognin, D. A., de Quadros, K. M., Horbach, M., Reiniger, L. R. S. (2007) Estabelecimento e crescimento in vitro de plântulas de louro-pardo. *Ciência Florestal*, 17(4):343–349.
- Fonseca, A. L. C., Magalhães, T. A., Melo, L. A., Oliveira, L. S., Brondani, G. E. (2021). Rescue and vegetative propagation of *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish in natural stand. *Brazilian Journal of Biology*, 81(3):566-574.
- Fonseca, R. M. C. (2016) *Propagação de Guazuma ulmifolia Lam. por miniestaquia*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Cuiabá – MT, Universidade Federal de Mato Grosso, 56p.
- Freitas, M. L. M., Sebbenn, A.M., Morais, E., Zanatto, A.C.S., Verardi, C.K., Pinheiro, A.N. (2006) Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Cordia trichotoma* (Vell.) ex Steud. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 18(único):95-102.
- Freitas, T. A. S., Pimenta, D. A. L., Mendonça, A. V. R. (2017) Enraizamento de miniestacas de *Enterolobium contortisiliquum* em garrafas PET. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, 9(3):61-70.
- Galíndez, G., Ledesma, T., Álvarez, A., Pastrana-Ignes, V., Bertuzzi, T., Lindow-López, L., Ortega-Baes, P (2019) Intraspecific variation in seed germination and storage behavior of *Cordia* tree species of subtropical montane forests of Argentina: Implications for ex situ conservation. *South African Journal of Botany*, 123:393–399.
- Gepstein, S., Glick, B. R. (2013) Strategies to ameliorate abiotic stress-induced plant senescence. *Plant molecular biology*, 82(6):623-633.
- Gonçalves, J. V. S., Albrecht, J. M. F., Soares, T. S., Miranda, T. (2008) Caracterização física e avaliação da pré-embebição na germinação de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth). *Cerne*, 14(4):330-334.

- Guimarães, M. D. A., Tello, J. P. D. J., Damasceno, L. A., Viana, C. D. S., Monteiro, L. R. (2013) Pré-embebição de sementes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento de plântulas de melancia. *Revista Ceres*, 60(3):442-446.
- Gusatto, F. C. (2015) *Secagem e armazenamento de sementes de Cordia trichotoma (Vellozo) Arrabida ex Steudel*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Marechal Candido Rondon – PR, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOSETE, 46p.
- Hand, P., Besford, R. T., Richardson, C. M., Peppitt, S. D. (1996) Antibodies to phase related proteins in juvenile and mature *Prunus avium*. *Plant Growth Regulation*, 20(1):25-29.
- Hartmann, H. T., Kerster, D. E., Davies, J. R. F. T., Geneve, R. L. (2011) *Plant Propagation: principles and practices*. Boston: Prentice Hall: 8ª Ed., 915 p.
- Hernandez, W., Xavier, A., Paiva, H. N. de, Wendling, I. (2013) propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) kuntze) por estaquia. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 37(5):955-967.
- Joo, J. H., Bae, Y. S., Lee, J. S. (2001) Role of auxin-induced reactive oxygen species in root gravitropism. *Plant physiology*, 126(3):1055-1060.
- Kalil Filho, A. N., Hoffmann, H. (2008) Propagação vegetativa por enxertia em meliáceas. *Embrapa Florestas*, Circular Técnica 161, 3p.
- Kang, W. E. I., Wang, L. Y., Li, R. U. A. N., Zhang, C. C., Wu, L. Y., Li, H. L., Cheng, H. (2018) Endogenous nitric oxide and hydrogen peroxide detection in indole-3-butyric acid-induced adventitious root formation in *Camellia sinensis*. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(10):2273-2280.
- Kielse, P., Bisognin, D. A., Heberle, M., Fleig, F. D., Xavier, A., Rauber, M. A. (2013) Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (VELL.) Arrab. ex Steudel por estaquia radicular. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 37(1):59-66.
- Kreiser, M, Giblin, C., Murphy, R., Fiesel, P., Braun, L., Johnson, G., Wyse, D., Cohen, J.D. (2016) Conversion of Indole-3-butyric acid to Indole-3-acetic acid in shoot tissue of hazelnut (*Corylus*) and elm (*Ulmus*). *J Plant Growth Regul*, 35: 710–721.
- Lakehal, A., Bellini, C. (2019) Control of adventitious root formation: insights into synergistic and antagonistic hormonal interactions. *Physiologia plantarum*, 165(1):90-100.
- Li, S. W., Li, Y., Leng, Y., Zeng, X. Y., Ma, Y. H. (2019) Nitric oxide donor improves adventitious rooting in mung bean hypocotyl cuttings exposed to cadmium and osmotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, 164:114-123.
- Li, S. W., Xue, L., Xu, S., Feng, H., An, L. (2009) Hydrogen peroxide acts as a signal molecule in the adventitious root formation of mung bean seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 65(1):63-71.

- Li, S., Xue, L., Xu, S., Feng, H., An, L. (2007) Hydrogen peroxide involvement in formation and development of adventitious roots in cucumber. *Plant Growth Regulation*, 52(2):173-180.
- Lima Jr, M. D. J. (2010) *Manual de procedimentos para análise de sementes florestais*, 145p.
- Lima, R. D. L. S. D., Siqueira, D. L. D., Weber, O. B., Cazetta, J. O. (2006) Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(1):83-86.
- Lin, C., Sauter, M. (2018) Control of adventitious root architecture in rice by darkness, light and gravity. *Plant Physiol*, 175: 1352–1362.
- Lo, S. F., Yang, S. Y., Chen, K. T., Hsing, Y. I., Zeevaart, J. A., Chen, L. J., Yu, S. M. (2008) A novel class of gibberellin 2-oxidases control semidwarfism, tillering, and root development in rice. *The Plant Cell*, 20(10):2603-2618.
- Lopes, G.L. (2011) *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. louro-pardo, freijó. Compêndio Online. <<https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/10568-2/>>Acesso em 15/03/2021
- Machado, G. G., Pastorini, L. H., Souza, L. A., Barbeiro, C., da Silva Santos, L. (2015) Germinação de diásporos e crescimento inicial de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud (Boraginaceae). *Iheringia, Série Botânica*, 70(2):279-286.
- Maffra, C. R. B. (2019) Características físicas e de emergência de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) armazenadas em condição ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 13(2):124-131.
- Maguire, J.A. (1962) Speed of germination: aid in selection and evolution for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2:176-177.
- Maharjan, P. M., Dilkes, B. P., Fujioka, S., Pěnčík, A., Ljung, K., Burow, M., Halkier, B. A., Choe, S. (2014) Arabidopsis gulliver1/superroot2-7 identifies a metabolic basis for auxin and brassinosteroid synergy. *The Plant Journal*, 80(5):797-808.
- Mantovani, N.C., Franco, E.T.H., Vestena, S. (2001) Regeneração in vitro de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel). *Ciência Florestal*, Santa Maria, 11(2):93-101.
- Melo, L. A., Xavier, A., Paiva, H. N. de, Borges, S. R. (2011) Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 35(4):759-767.
- Mesén, F., Newton, A. C., Leakey, R. R. B. (1997) Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. *Forest Ecology and Management*, 92:45-54.
- Moraes, C. B. de, Silva, P. H. M. da, Abílio, F. M., Pieroni, G. B., Gonçalves, A. N., Mori, E. S. (2013) Sobrevivência de enxertos de *Eucalyptus* com metodologia adaptada. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*, Circular técnica 206, p.01-17.

- Nascimento, B., Sá, A. C. S., Lemos, L. B., Rosa, D. P., Pereira, M. O., Navroski, M. C. (2018) Three epicormic shoot techniques in *I. paraguariensis* mother trees and its cutting according to the material rejuvenation degree. *CERNE*, 24(3):240-248.
- Negi, S., Sukumar, P., Liu, X., Cohen, J. D., Muday, G. K. (2010) Genetic dissection of the role of ethylene in regulating auxin-dependent lateral and adventitious root formation in tomato. *The Plant Journal*, 61(1):3-15.
- Neill, S., Desikan, R., Hancock, J. (2002) *Hydrogen peroxide signalling*. Current opinion in plant biology, 5(5):388-395.
- Neves, T. dos S., Carpanezi, A. A., Zuffellato-Ribas, K. C., Marenco, R. A. (2006) Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 41(12):1699-1705.
- Oliveira, T. P. de F., Barroso, D. G., Lamônica, K. R., Carvalho, V. S., Oliveira, M. A. de. (2015) Efeito do ácido indol-3-butírico (aib) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). *Ciência Florestal*, Santa Maria, 25 (4):1043-1051.
- Paes, J.B., Melo, R.R., Lima, C.R., Oliveira, E. (2007) Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, PE, 2(1):57-62.
- Pereira, D. P., Moreira, É. F. A., Silva, J. C. de O., do Prado, M. C., Gasparini, B. de N. (2016) Enraizamento adventício de estacas de *Varronia curassavica* Jacq. com uso de ácido indolbutírico. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 9(1):113-119.
- Pérez-Luna, A., Prieto-Ruíz, J. Á., López-Upton, J., Carrillo-Parra, A., Wehenkel, C., Chávez-Simental, J. A., Hernández-Díaz, J. C. (2019) Some factors involved in the success of side veneer grafting of *Pinus engelmannii* Carr. *Forests*, 10(2):112.
- Rabbani, A. R. C., Silva-Mann, R., Ferreira, R. A., Vasconcelos, M. C. (2013) Pré-embebição em sementes de moringa. *Scientia plena*, 9(5):1-8.
- Radomski, M. I., Porfírio-da-Silva, V., Cardoso, D. J. (2012) Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.) em sistemas agroflorestais. *Embrapa Florestas*, Colombo, PR, Documentos 242, p. 9-36.
- Rasmussen, A., Hosseini, S. A., Hajirezaei, M. R., Druege, U., Geelen, D. (2015) Adventitious rooting declines with the vegetative to reproductive switch and involves a changed auxin homeostasis. *J Exp Bot*, 66:1437–1452.
- Rasmussen, A., Mason, M. G., De Cuyper, C., Brewer, P. B., Herold, S., Agusti, J., Beveridge, C. A. (2012) Strigolactones suppress adventitious rooting in *Arabidopsis* and pea. *Plant physiology*, 158(4):1976-1987.

- Rigal, A., Yordanov, Y.S., Perrone, I., Karlberg, A., Tisserant, E., Bellini, C., Busov, V.B., Martin, F., Kohler, A., Bhalerao, R., Legué, V. (2012) The AINTEGUMENTA LIKE1 Homeotic Transcription Factor PtAIL1 Controls the Formation of Adventitious Root Primordia in Poplar. *Plant Physiol*, 160:1996–2006.
- Santos, J. A., Curto, R. A., Roters, D. F., Trazzi, P. A. (2017) potencial de crescimento de *Cordia trichotoma* e *Grevillea robusta* em plantio puro e consorciado. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, Goiânia, 14(26):523-530.
- Santos, J. P., Davide, A. C., Teixeira, L. A. F. Melo, A. J. S., Melo, L. A. de. (2011) Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais. *Cerne*, Lavras, 17(3):293-301.
- Santos, W. dos. (2018) *Interação genótipo X ambiente em progênies de Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud. e Dalbergia nigra (Vell.) Allemão ex Benth em sistema de plantio misto*. Tese (Doutorado em agronomia) – Ilha Solteira – SP, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 109 f.
- Scheeren, L.W., Schneider, P. S. P., Schneider, P. R., Finger, C. A. G. (2002) Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 12(2):169-176.
- Sebastiani, L., Tognetti, R. (2004) Growing season and hydrogen peroxide effects on root induction and development in *Olea europaea* L. (cvs 'Frantoio' and 'Gentile di Larino') cuttings. *Scientia horticulturae*, 100(1-4):75-82.
- Shanthi, K., Bachpai, V. K. W., Anisha, S., Ganesan, M., Anithaa, R. G., Subashini, V., Yasodha, R. (2015) Micropropagation of *Eucalyptus camaldulensis* for the production of rejuvenated stock plants for microcuttings propagation and genetic fidelity assessment. *New Forests*, 46(3):357-371.
- Silva, M. K. F. da, Pacheco, M. R. Carvalho, G. C. M. W. de, Siqueira, D. P., Santos, W. dos, Aguiar, A. V. de, Barroso, D. G. (2019) Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., por brotação de galhos. *IV Congresso Fluminense de Pós-Graduação*, Campos dos Goytacazes – RJ, 1p.
- Somavilla, T. M. (2018) *Enraizamento de miniestacas e seleção de Cordia trichotoma (Vellozo) Arrabida ex Steudel para a propagação por miniestaquia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Santa Maria – RS, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 90p.
- Souza, P. F. de. (2017) *Avaliação, resgate, multiplicação e enraizamento de espécies/híbridos de Eucalyptus spp.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Lages – SC, Universidade do Estado de Santa Catarina, 73p.
- Steffens, B., Rasmussen, A. (2016) The Physiology of Adventitious Roots. *Plant physiology*, 170(2):603-617.

- Steffens, B., Kovalev, A., Gorb, S. N., Sauter, M. (2012) Emerging roots alter epidermal cell fate through mechanical and reactive oxygen species signaling. *The Plant Cell*, 24(8):3296-3306.
- Stuepp, C. A., Bitencourt, J. de, Wendling, I., Koehler, H. S., Zuffellato-Ribas, K. C. (2016) Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em erva-mate. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 26(3):1009-1022.
- Stuepp, C. A., Bitencourt, J. de, Wendling, I., Koehler, H. S., Zuffellato-Ribas, K. C. (2017) Métodos de resgate e idades cronológicas de plantas-matrizes no enraizamento de brotações epicórmicas de *Ilex paraguariensis*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 27(4):409-1413.
- Stuepp, C. A., Wendling, I., Xavier, A., Zuffellato-Ribas, C. K. (2018) Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 53(9):985-1002.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Moller, I. M., Murphy, A. (2017) *Fisiologia vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 858p.
- Takáč, T., Obert, B., Rolčík, J., Šamaj, J. (2016) Improvement of adventitious root formation in flax using hydrogen peroxide. *New biotechnology*, 33(5):728-734.
- Takeno, K., Yamaguchi, H. (1991) Diversity in seed germination behavior in relation to heterocarpy in *Salsola komarovii* Ilijin. *The botanical magazine Shokubutsu-gaku-zasshi*, 104(3):207-215.
- Teleginski, F., Zuffellato-Ribas, K. C., Koehler, H. S., Degenhardt-Goldbach, J., Teleginski, E. (2018) Resgate vegetativo de *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg por alporquia. *Ciência Florestal*, 28(2):820-826.
- Trianoski, R., Iwakiri, S. (2018) Pure and Decorative Plywood Panels from *Cordia trichotoma* and *Grevillea robusta*. *Floresta e Ambiente*, 25(3):20170024.
- Thomas, H. (2013) Senescence, ageing and death of the whole plant. *New Phytologist*, 197(3):696-711.
- Valeri, S. V., Sá, A. F. L. D., Martins, A. B. G., Barbosa, J. C. (2012) Enraizamento de estacas de *Caesalpinia echinata* Lam. em hidroponia. *Ciência Florestal*, 22(2):241-250.
- Vaz, T.A.A., Rodrigues-Junior, A.G., Tonetti, O.A.O., Davide, A.C., José, A.C. (2015) The implications of the morphophysiology of *Cordia trichotoma* seeds to their collection and propagation. *Seed science and technology*, 43(3):390-398.
- Vidoz, M.L., Loreti, E., Mensuali, A., Alpi, A., Perata, P. (2010) Hormonal interplay during adventitious root formation in flooded tomato plants. *Plant J*, 63: 551–562.
- Wei, Y., Dong, M., Huang, Z. Y., Tan, D. Y. (2008) Factors influencing seed germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant annual halophyte inhabiting the deserts of Xinjiang, China. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 203(2):134-140.

- Wendling, I. (2015) Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões, com plantas de porte reduzido. *Embrapa Florestas*, Comunicado Técnico 351, 7p.
- Wendling, I., Brondani, G. E., Biassio, A. de, Dutra, L. F. (2013) Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, 35(1):117-125.
- Wendling, I., Lavoranti, O. J., Resende, M. D. V., Horrmann, H. A. (2009) Seleção de matrizes e tipo de propágulo na enxertia de substituição de copa em *Ilex paraguariensis*. *R. Árvore*, Viçosa-MG, 33(5):811-819.
- Wendling, I., Stuepp, C. A., Santin, D., Zuffellato-Ribas, K. C. (2017) Clonal forestry of *Araucaria angustifolia*: plants produced by grafting and cuttings can be used for wood production. *Revista Árvore*, 41(1):1-10.
- Wendling, I., Trueman, S. J., Xavier, A. (2014) Maturation and related aspects in clonal forestry—part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. *New Forests* 45:473–486.
- Wendling, I., Zanette, F. (2017) *Araucária particularidades, propagação e manejo de plantios*. Brasília, DF: Embrapa, 159p.
- Wille, V. K. d., Wastowski, A. D., Pedrazzi, C., Sauer, M. P. (2017) Composição química da madeira de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 27(4):1441-1449.
- Xavier, A., Wendling, I., Silva, R. L. (2009) *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. Viçosa – MG: ed. UFV, 272p.
- Zanette, F., Oliveira, L. D. S., Biasi, L. A. (2011) Grafting of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze through the four seasons of the year. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4):1364-1370.

APÉNDICE

Tabela 1A: Análise de variância do IVE, %E, H, DAC, AF, MSPA e MSR de sementes e mudas de *C. trichotoma*

FV	GL	QM						
		IVE	% E	H	DAC	AF	MSPA	MSR
Embebição	1	0,08 ns	0,14 ns	46,12 ns	0,18 ns	23356,47 ns	2,01 ns	0,24 ns
Erro	14	0,02	0,02	38,53	0,41	8114,15	0,77	0,73
Total	15	0,41	0,25	585,54	5,95	136954,55	12,76	10,42
CV%		12,84	11,63	14,21	11,90	18,76	24,24	40,01

ns: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Índice de velocidade de emergência (IVE), porcentagem de emergência (%E), altura da planta (H), diâmetro à altura do coleto (DAC), área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR)

Tabela 2A: Análise de variância do IVG, %G e %N de sementes de *C. trichotoma*

FV	GL	QM		
		IVG	Porcentagem%	%Normal
Beneficiamento	1	3,44 *	2,03 *	1,80 *
Embebição	2	0,23 *	0,06 *	0,03 ns
Beneficiamento*embebição	2	0,11 *	0,01 ns	0,01 ns
Erro	42	0,03	0,02	0,02
Total	47	5,17	2,82	2,50
CV%		46,78	33,64	39,5

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação (%G) e porcentagem de plântulas normais (%N)

Tabela 3A: Análise de variância de %Sob, %calos, %enr, NR, CRPO, MSR, %brot e MSPA de miniestacas de *C. trichotoma*

FV	GL	QM							
		% Sob	% Calos	% Enr	NR	CRPO	MSR	% Brot	MSPA
H ₂ O ₂	1	1690,0000*	2890,0000*	2102,5000*	1,0690 ns	0,2970 ns	0,2435 ns	16,3328*	0,0096 ns
AIB	4	533,7500*	362,5000 ns	952,5000*	37,3227*	16,9011*	11,5078 *	43,4396*	0,0309*
H ₂ O ₂ *AIB	4	671,2500*	252,5000 ns	465,0000 ns	0,2276 ns	2,1636 ns	2,4978 ns	6,1208*	0,0082 ns
Erro	30	201,6700	206,6700	327,5000	3,0400	4,4700	2,0300	2,1620	0,0100
Total	39	12560,0000	11550,0000	17597,5000	242,5200	210,6800	117,2100	279,3952	0,3400
CV%		16,91	18,55	27,95	32,53	26,38	19,49	23,2400	21,94

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

sobrevivência (%Sob), formação de calos (%calos), enraizamento (%enr), número de raízes (NR), comprimento de raízes de primeira ordem (CRPO), matéria seca da raiz (MSR), brotação (%brot) e matéria seca da parte aérea (MSPA)