

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Renata Smith Avinio

**COMPETÊNCIA AO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE
MINIESTACAS DE *Acacia mearnsii* DE WILD.**

Santa Maria, RS
2021

Renata Smith Avinio

COMPETÊNCIA AO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE MINIESTACAS DE
Acacia mearnsii DE WILD.

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS
2021

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Avinio, Renata Smith
COMPETÊNCIA AO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE MINIESTACAS
DE *Acacia mearnsii* DE WILD. / Renata Smith Avinio.- 2021.
87 p.; 30 cm

Orientador: Dilson Antônio Bisognin
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2021

1. Ácido indolbutírico 2. Época de coleta 3. Solução
nutritiva 4. Tipo de propágulo I. Bisognin, Dilson
Antônio II. Título.

© 2021

Todos os direitos autorais reservados a Renata Smith Avinio. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte.


E-mail: renataavinio@gmail.com

Renata Smith Avinio

**COMPETÊNCIA AO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE MINIESTACAS DE
Acacia mearnsii DE WILD.**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

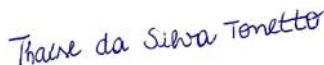
Aprovado em 06 de setembro de 2021:

Documento assinado digitalmente
 Dilson Antonio Bisognin
Data: 13/09/2021 09:30:48-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Dilson Antônio Bisognin, PhD (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientador)



Marcio Carlos Navroski, Dr. (UDESC) - Videoconferência



Thaíse da Silva Tonetto, Dra. (UFSM) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2021

DEDICATÓRIA

A minha mãe,
Orleti Cristina Smith Avinio,
com muito amor,
Dedico!

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dilson Antônio Bisognin, meu orientador, pelos conhecimentos compartilhados, por todo o apoio profissional e pessoal e a confiança que depositou em mim. Minha admiração e gratidão!

A Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, e todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado. E a Empresa TANAC, pelo apoio científico.

Aos membros da banca, Professor Marcio Carlos Navroski, Thaíse da Silva Tonetto, e professora Kelen Haygert Lencina pela disponibilidade e sugestões na melhoria deste estudo.

Aos colegas e amigos do MPVP, Denise Gazzana, Angélica Malheiros, Luana Cadore, Luciane Maculan, Thaise Tonetto, Fábio Rangel, Gabriele Lohmann, Jacson Librelotto, Mariana Schopf, Janaina Spanevello e Gabriel Lopes.

Minha família, meus pais Orleti Cristina Smith Avinio e Luiz Batista Avinio, pelo amor, força, compreensão e incentivo em todos os momentos. Obrigada vocês fizeram parte para que este sonho se tornasse realidade. Amo vocês!

Muito Obrigada a todos que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

COMPETÊNCIA AO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE MINIESTACAS DE *Acacia mearnsii* DE WILD.

AUTOR: Renata Smith Avinio
ORIENTADOR: Dilson Antônio Bisognin

Acacia mearnsii é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae, originária da Austrália. A espécie possui grande potencial industrial para produtos como carvão vegetal, celulose, porém, é plantada no Brasil, principalmente, no Rio Grande do Sul, para produção de madeira e extração de tanino de sua casca. Embora tenha relevância ao setor industrial, poucos estudos têm sido realizados utilizando as técnicas de propagação vegetativa, não havendo protocolo definido à prática de miniestaquia. O manejo apropriado da miniestaquia pode maximizar os ganhos do melhoramento genético da *A. mearnsii*. Desta forma, objetivou-se estudar o enraizamento de miniestacas de *A. mearnsii* para a propagação vegetativa por miniestaquia. O enraizamento foi avaliado após 30 dias em câmara úmida para as porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número e comprimento das três maiores raízes. Foram conduzidos quatro experimentos com três clones de acácia-negra para avaliar o efeito de concentrações de solução nutritiva (25%, 50% e 75% da solução padrão), o tipo de propágulo (miniestacas apicais, uma gema e de duas gemas), a concentração de ácido indolbutírico (AIB) (0; 1.000; 2.000; 3.000 e 4.000 mg L⁻¹) e a época do ano na produtividade e taxa de enraizamento de miniestacas. O tipo de propágulo e a concentração de AIB também foram avaliados para o enraizamento de miniestacas oriundas de 650 genótipos de 13 progênies. A concentração de 75% da solução nutritiva maximizou a produtividade de miniestacas. Miniestacas apical e de duas gemas, tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB e coletadas durante o inverno maximizaram o enraizamento de miniestacas dos clones de acácia-negra. A acácia-negra pode ser propagada por miniestaquia a partir de miniestacas apicais e de gema única com a aplicação de 2.000 mg L⁻¹ de AIB.

Palavras-chave: Ácido indolbutírico. Época de coleta. Solução nutritiva. Tipo de propágulo.

ABSTRACT

ADVENTITIOUS ROOTING COMPETENCE OF *Acacia mearnsii* DE WILD MINI-CUTTINGS

AUTHOR: Renata Smith Avinio
ADVISOR: Dilson Antônio Bisognin

Acacia mearnsii is a tree species belonging to the Fabaceae family, originally in Australia. The species has great industrial potential for products, such as charcoal and cellulose. It is cultivated in Brazil, mainly in Rio Grande do Sul, for the production of wood and extraction of tannin from its bark. Although it is relevant to the industrial sector, few studies have been carried out with vegetative propagation techniques, with no defined protocol for the utilization of mini-cuttings. Proper management of mini-cuttings can maximize the gains from the genetic improvement of *A. mearnsii*. Thus, the aim of this study was to study the rooting of *A. mearnsii* mini-cuttings for vegetative propagation. Rooting was evaluated after 30 days in a humidity chamber through the percentage of survival and rooting, and number and length of the three largest roots. Four experiments were conducted with three clones of *A. mearnsii*, to evaluate the effect of nutrient solution concentrations (25, 50 and 75% of the standard solution), the type of propagule (apical, one bud and two-bud mini-cuttings), and concentration of indolbutyric acid (IBA) (0; 1,000; 2,000; 3,000 and 4,000 mg L⁻¹) and the time of the year on the productivity and rooting of mini-cuttings. Type of propagule and IBA concentrations in the rooting competence of mini-cuttings were also evaluated in 650 genotypes of 13 progenies. The 75% concentration of the nutrient solution maximized mini-cuttings production. Apical and two-bud mini-cuttings collected during the winter and treated with 2000 mg L⁻¹ of IBA maximize rooting potential of mini-cuttings of *A. mearnsii* clones. *A. mearnsii* can be propagated by mini-cuttings from apical and one-bud mini-cuttings treated with 2,000 mg L⁻¹ of IBA.

Keywords: Indolebutyric acid. Collection time. Nutritional solution. Propagule type.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Características morfológicas de *Acacia mearnsii* De Wild. Porte arbóreo e formato da copa (A); tronco revestido por casca lisa com leves fissuras avermelhadas (B); as folhas compostas bipinadas com folíolos numerosos e inflorescências densas nas extremidades dos galhos (C) e fruto do tipo legume (D)..... 14
- Figura 2 - Região de ocorrência natural de *Acacia mearnsii* 17
- Figura 3 - Etapas da produção de mudas por miniestaquia 22
- Figura 4 - Resumo do processo de formação de raízes adventícias 23
- Figura 5 - Padrões anatômicos de desenvolvimento de raízes adventícias 25
- Figura 1.1- Estrutura do minijardim clonal detalhando o flange e adaptador (A); parte superior da bandeja e a drenagem (B); parte inferior da bandeja (C); camada de brita (D); tela de polietileno (E); e o leito de cultivo com areia grossa como substrato e as mudas de acácia-negra já estabelecidas (F) 40
- Figura 1.2- Brotação formada na minicepa (A) retirado (B) seccionado nos três tipos de miniestacas com duas gemas e uma gema e a apical, da esquerda para direita, com área foliar reduzida em 50% (C) imersão da base da miniestaca em ácido indolbutírico (D) e as miniestacas plantadas em bandejas. Régua milimetrada de 30 cm. Barra=5 cm. Régua 30 cm 42

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Potenciais usos para <i>Acacia mearnsii</i> | 15 |
| Tabela 1.1 - Componentes da solução nutritiva adaptada de Hoagland e Arnon | 41 |
| Tabela 1.2 - Número de miniestacas (NM) produzidas e o índice de produtividade (IP) para três concentrações de solução nutritiva e diferentes clones de acácia-negra | 45 |
| Tabela 1.3 - Porcentagens de sobrevivência (SOB %) e enraizamento (ENR %), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR cm) em três tipos de propágulos e três clones de acácia-negra..... | 47 |
| Tabela 1.4 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), número de raízes (NR) e comprimento médio das três maiores raízes (C3MR cm), tanto a nível de espécie, quanto a nível de clones de miniestacas de acácia-negra em diferentes concentrações ácido indolbutírico | 48 |
| Tabela 1.5 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR cm) de miniestacas de acácia-negra em épocas do ano de coleta e os clones..... | 50 |
| Tabela 2.1 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR) de miniestacas de acácia-negra com diferentes tipos de propágulo..... | 59 |
| Tabela 2.2 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR cm) de miniestacas de acácia-negra com diferentes concentrações de AIB | 61 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 14 |
| 2.1 | DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE | 14 |
| 2.2 | PROPAGAÇÃO VEGETATIVA | 20 |
| 2.3 | ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO | 22 |
| 2.4 | FATORES QUE INTERFEREM NO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO | 25 |
| 2.4.1 | Genótipo | 25 |
| 2.4.2 | Nutrição mineral das minicepas | 27 |
| 2.4.3 | Auxinas | 30 |
| 2.4.4 | Propágulo | 32 |
| 2.4.5 | Época do ano | 33 |
| 3 | CAPÍTULO I | 37 |
| | INTRODUÇÃO | 37 |
| | MATERIAL E MÉTODOS | 39 |
| | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 44 |
| | CONCLUSÕES | 52 |
| | REFERENCIAS | 52 |
| 4 | CAPÍTULO II | 56 |
| | INTRODUÇÃO | 56 |
| | MATERIAL E MÉTODOS | 57 |
| | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 59 |
| | CONCLUSÕES | 62 |
| | REFERENCIAS | 62 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 65 |
| | REFERENCIAS | 67 |
| | APÊNDICES | 75 |

1 INTRODUÇÃO

A *Acacia mearnsii* é uma espécie florestal nativa do Sudoeste da Austrália pertencente à família Fabaceae, que surgiu no cenário econômico mundial quando, por volta de 1868, foi transportada da Austrália para a África do Sul como planta de rápido crescimento e produtora de lenha, vinte anos mais tarde sua casca começou a ser empregada como substância tanante para curtimento de couro (OLIVEIRA, 1960). No Brasil concentra-se, majoritariamente, no Estado do Rio Grande do Sul, a qual desde a época de sua implementação apresenta relevante importância econômica. A espécie ocupa no RS, aproximadamente, 170.000 hectares para produção de madeira e extração de tanino de sua casca (CHAN et al., 2015), sendo responsável pela totalidade da produção e da exportação brasileira de tanino, com 43% da produção no mercado internacional, com produção de 3,3 milhões de m³ ano⁻¹ de acácia (EMBRAPA, 2015). Deste total, cerca de 80% da produção tem origem em pequenas propriedades e envolvem famílias de pequenos e médios produtores rurais, que têm no cultivo desta espécie uma alternativa de diversificação do uso da propriedade e de obtenção de renda (EMBRAPA, 2015).

Atualmente a acácia-negra é utilizada não só para a produção de lenha e curtimento de couro, mas também se caracteriza pelo seu grande potencial industrial para produtos como madeira, carvão vegetal, celulose, *pellets*, postes e produtos tanantes, como os floculantes. Do ponto de vista silvicultural, a espécie pode atingir de 6 a 10 metros de altura e de 10 a 30 centímetros de diâmetro a altura do peito (DAP) (LORENZI; BACHER; TORRES, 2018). Além da importância econômica para o estado do Rio Grande do Sul (RS), a cultura tem relevância social, por proporcionar aos viveiristas e produtores de pequeno e médio porte uma alternativa as fontes de renda, bem como a diversificação da propriedade.

Tendo em vista o destaque do cultivo da acácia-negra, faz-se necessário desenvolver a produção de mudas de qualidade, com baixo custo e em larga escala. Isso porque as sementes produzem mudas com grande variabilidade genética, além de apresentarem baixa viabilidade e germinação. Desta forma, a propagação vegetativa possibilita multiplicar genótipos de interesse, com alta produtividade e uniformidade. Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia apresenta-se como uma alternativa, uma vez que utiliza miniestacas retiradas de brotos formados em minicepas cultivadas em minijardins clonais, geralmente estabelecidos no interior de casas de vegetação, as quais formarão mudas idênticas a planta matriz doadora dos propágulos (ALFENAS et al., 2009; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

O minijardim clonal é classificado como o alicerce de uma propagação massal eficaz, sendo o seu manejo, como o fornecimento de nutrientes em quantidades ideais durante o desenvolvimento das minicepas, determinante para o sucesso da propagação vegetativa (FREITAS, 2013). Isso porque a nutrição das minicepas influencia na produção das brotações, que consistem na fonte de propágulo para produção de mudas, bem como no enraizamento das miniestacas, uma vez que vários nutrientes são requeridos no fornecimento de energia na base na miniestaca, região onde ocorre o enraizamento, apoiando a diferenciação, a divisão e o alongamento celulares (KLOPOTEK et al., 2012). O enraizamento adventício é processo complexo multifatorial, que leva a formação de novas raízes na base das miniestacas, configurando o estabelecimento de uma planta completa e autônoma (COSTA et al., 2013). Assim, além do estado nutricional da minicepa, há fatores que influenciam no enraizamento e na produção de mudas, destacando-se, o tipo de propágulo, o uso de reguladores de crescimento e a época de coleta.

O tipo de propágulo utilizado para o enraizamento representa uma questão importante para definir a melhor forma de propagação, podendo potencializar a produção, sendo geralmente utilizados na miniestaquia propágulos caulinares, foliares e radiculares (MORAES et al., 2014). O tamanho do propágulo varia conforme a espécie (FERNANDES et al., 2017), assim como diferentes clones de uma mesma espécie podem apresentar diferentes tipos de propágulo que maximizem o processo de enraizamento. O tamanho do propágulo está relacionado com a quantidade de reservas presentes (PIZZATTO et al., 2011), seja de carboidratos ou auxinas, que são essenciais para o processo rizogênico.

Os fitorreguladores vegetais são essenciais ao enraizamento adventício, uma vez que estão envolvidos na indução de raízes laterais e adventícias. Dependendo da espécie e/ou clones a aplicação de um regulador de crescimento pode promover a iniciação das raízes. Dentre as auxinas, tem-se o ácido indolbutírico (AIB), caracterizado por ser uma substância fotoestável, de ação localizada e menos sensível à degradação biológica, o qual mostra resultados mais efetivos como indutor da formação radicial (TAIZ; ZEIGER, 2017). Ainda, sua aplicação exógena mostra-se bastante eficiente por promover maior percentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005; HARTMANN et al., 2011). Entretanto, a resposta da planta à auxina endógena ou exógena varia tanto com a natureza do tecido, época do ano, condições fisiológicas da planta e do propágulo, quanto com a sua concentração (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

A época de coleta dos propágulos pode afetar de diferentes maneiras o enraizamento das miniestacas, isso porque ela pode estar relacionada com a biossíntese, disponibilidade e distribuição de auxinas e carboidratos, a taxa de crescimento da planta doadora e o desenvolvimento da raiz (ALMEIDA et al., 2017), bem como, a consistência da miniestaca, podendo ser herbácea ou lenhosa. Esses fatores têm efeitos importantes no enraizamento adventício de plantas lenhosas e sua definição correta resultam em melhorias no enraizamento.

Neste contexto, considerando a importância econômica e social da acácia-negra, principalmente para o Rio Grande do Sul, e falta de informações sobre a propagação vegetativa da espécie, torna-se relevante cientificamente o desenvolvimento de estudos relacionados à propagação vegetativa por miniestaquia da espécie, especialmente no que se refere aos fatores que interferem no enraizamento adventício e no desenvolvimento de mudas clonais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se estudar o enraizamento adventício de miniestacas de *Acacia mearnsii* para a produção de mudas clonais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a produtividade das minicepas de origem clonal e seminífera de acácia-negra conduzidas em sistema fechado de cultivo sem solo em diferentes concentrações de solução nutritiva;

Avaliar o enraizamento de diferentes tipos de miniestacas;

Verificar o efeito do ácido indolbutírico (AIB) para o enraizamento adventício das miniestacas; e

Definir a época do ano que maximize o enraizamento das miniestacas de acácia-negra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Acacia mearnsii De Wild., árvore florestal nativa do sudeste da Austrália e da Tasmânia, conhecida popularmente como acácia-negra em português, black wattle em inglês, Australian acácia ou *Australische Akazie* em alemão, *Swartwattel* em Afrikaans e *Uwatela* em Zulu. Pertence à família Fabaceae, é perenifólia, com 6 a 10 metros de altura e com 10 a 30 centímetros de diâmetro a altura do peito (DAP), mas pode atingir até 15 m de altura e 50 cm de DAP (Figura 1) (CARVALHO, 1999).

Figura 1 - Características morfológicas de *Acacia mearnsii* De Wild. Porte arbóreo e formato da copa (A); tronco revestido por casca lisa com leves fissuras avermelhadas (B); as folhas compostas bipinadas com folíolos numerosos e inflorescências densas nas extremidades dos galhos (C) e fruto do tipo legume (D)



Fonte: Lorenzi; Bacher; Torres (2018), adaptado.

Apresenta copa arredondada com tronco reto (Figura 1A) e casca lisa com fissuras leves (Figura 1B). As folhas são compostas bipinadas com 8 a 21 pares de pinas subopostas e quinze a 70 pares de folíolos de, aproximadamente 3 mm de comprimento, apresenta filotaxia alterna (Figura 1C). Tanto o pecíolo como a ráquis foliar possuem um canal saliente, ligando inúmeras glândulas pequenas e ovaladas (MARQUIORI, 1997). A acácia-negra apresenta inflorescências esféricas que estão reunidas em racemos nas extremidades dos ramos, de coloração amarelo pálido, sendo seu principal vetor de polinização as abelhas e diversos insetos pequenos (Figura 1C). O fruto é do tipo legume, com 5 a 15 cm de comprimento por 4 a 8 mm de largura, recobertos de pelos curtos (Figura 1D). Tem ocorrência de dispersão de frutos e sementes de maneira autocórica, principalmente, barocórica, por gravidade, e zoocórica, sobretudo, através de pequenos invertebrados e formigas (CARVALHO, 1999).

A espécie apresenta múltiplos usos, tanto madeireiros, quanto em produtos não-madeireiros (Tabela 1). A madeira sem casca é utilizada para a produção de cavacos, celulose, nas indústrias de painéis reconstituídos e para geração de energia, empregado no agronegócio para a secagem de grãos, além de indústrias cerâmicas, fumageiras, ervateiras e outras. Schneider et al. (2000) defendem que a madeira pode ser utilizada como matéria prima de primeiríssima qualidade para fabricação de celulose e papel, seda artificial, aglomerado e para energia. Estudo mais recente concluiu que a espécie apresenta potencial para o setor na fabricação de papéis sanitários, decorativos, dentre outros (MARINHO et al., 2017).

Tabela 1- Potenciais usos para *Acacia mearnsii*

| | |
|----------------------|--|
| Usos madeireiros | Celulose, <i>pellets</i> , painéis de madeira, geração de energia renovável, carvão vegetal, carpintaria como cabos de ferramentas, dormentes de ferrovias. |
| Usos não-madeireiros | Curtimento de couro, recuperação de áreas degradadas, nutrição animal, coagulantes e floculantes para tratamento de águas, matéria prima para adesivos e resinas, insumo para tintas, inibidores de corrosão e outras aplicações nas indústrias química, farmacêutica e cosmética. |

Fonte: Organizado pela autora (2021).

Estudos apontam que em plantio misto de *Acacia mearnsii* e *Eucalyptus globulus*, a produção de biomassa de eucalipto foi aumentada de 3,3, plantio de *E. globulus*, para 4,8 mg ha⁻¹, plantio misto (FORRESTER et al., 2010). Nesse estudo os autores justificaram o aumento da biomassa de eucalipto pelo fato da acácia-negra ser uma espécie fixadora de nitrogênio, o que disponibilizou mais nutrientes e proporcionou o uso mais eficiente da luz. Em outro estudo com as mesmas espécies, o volume de madeira no monocultivo de *E. globulus* obteve produtividade de 21 m³ ha⁻¹ por ano e quando plantado com a acácia foi de 47 m³ ha⁻¹ por ano (BAUHUS et al., 2000).

Da casca da acácia-negra é extraído o tanino, a qual apresenta de 30 a 54 % da substância na casca seca, inicialmente muito empregado no curtimento de couros (DUKE, 1983). As substâncias tanantes são abundantes em diversas plantas, dentre elas destacam-se acácia, quebracho, encina, cana agria. O rendimento de tanino é maior nas árvores de quebracho (1 kg ano⁻¹) do que na acácia (0,6 kg ano⁻¹), contudo, essa tem ciclo de vida curto (média de 10 anos), quando comparado àquela (120 anos em média), além do fácil transporte da casca comparado ao transporte do lenho, onde se encontra o tanino no quebracho (LUCCA, 1960). Ainda assim, a *Acacia mearnsii* é considerada uma das melhores espécies em termos de rendimento de tanino por indivíduo e apresenta boa qualidade quanto a sua composição e coloração (SHERRY, 1971).

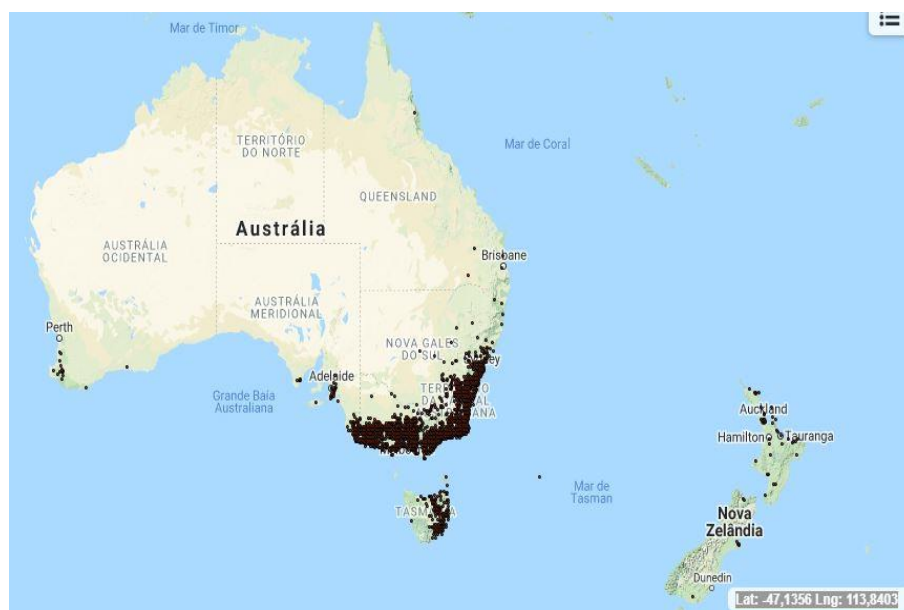
Com o passar dos anos, diversas aplicações químicas também foram empregadas, tais como floculantes para tratamento de efluentes, para potabilização de água, produção de agentes anticorrosivos, adesivos e como antioxidante orgânico para várias outras aplicações nas indústrias química, farmacêutica e cosmética. Tudo isso porque a casca da acácia-negra é rica em robinetidinol e catequina (DUKE, 1983). Além disso, o tanino é também utilizado para produção de inibidores de corrosão, promotores de fluxo de líquidos e produtos farmacêuticos (SEIGER, 2002). Ainda, pode ser usada para suplementar a alimentação de ovinos, a fim de mitigar o metano e potenciais emissões de nitrogênio gasoso, diminuindo a metanogênese e o nitrogênio urinário (CARULLA et al., 2005).

Ainda, a espécie tem potencial para recuperação de áreas degradadas, devido a acácia-negra ser uma espécie leguminosa capaz de fixar nitrogênio atmosférico (N₂) que podem chegar a, aproximadamente, 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em regiões tropicais, e incorporar a matéria orgânica ao solo, mantendo assim, a produtividade do sítio (AUER; SILVA, 1992). A espécie é capaz de fixação do carbono atmosférico, e armazenar em sua biomassa mais de 60,0 Mg ha⁻¹ aos sete anos de idade (SANQUETTA et al., 2014).

Lorenzi; Bacher; Torres (2018) indicam a espécie à arborização de parques e jardins devido as características ornamentais. Contudo, no Rio Grande do Sul, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, por meio da portaria SEMA nº 79/2013, categoriza a *A. mearnsii* como espécie exótica invasora que pode ser utilizada em condições controladas, com restrições, sujeitas à regulamentação específica (RIO GRANDE DO SUL, 2013). A espécie é também observada nas listas regionais de espécies exóticas invasoras em outros Estados no Brasil (ATTIAS et al., 2013). Todavia, segundo Mochiutti et al. (2007), a invasão da acácia-negra está condicionada a perturbações no solo, ou seja, em ambientes degradados, por isso deve ser considerada uma invasora causal de ambientes campestres. Em outro estudo na região da floresta estacional semidecidual do Rio Grande do Sul a acácia-negra não se constituiu numa possível invasora (MOCHIUTTI et al., 2008).

A acácia-negra ocorre naturalmente no sudeste da Austrália, especialmente, na região costeira de Victoria a New South Wales e Sul de Queensland e em áreas de baixa e média altitude do Estado da Tasmânia (Figura 2), foi introduzida para a América do Norte, América do Sul, Ásia, Europa, Pacífico e do Oceano Índico ilhas, África e Nova Zelândia. Em sua distribuição natural a acácia-negra é uma árvore de bosques altos, localizados em regiões subtropicais e temperadas quentes (DUKE, 1983).

Figura 2 - Região de ocorrência natural de *Acacia mearnsii*



Fonte: Atlas of Living Australia de <https://biocache.ala.org.au/occurrences/search?q=qid:1607274926433>. Acesso em: dez. 2020.

Pode ocorrer em solos derivados de xistos, argilitos, arenitos, conglomerados e depósitos aluviais (DUKE, 1983). E tolera uma precipitação pluviométrica anual de 660 a 2.280 milímetros, uma temperatura média anual de 14,7 a 27,8 °C e um pH de 5,0 a 7,2 (DUKE, 1983). O mesmo autor (1983), salienta que o conteúdo de tanino pode variar inversamente com a precipitação, ou seja, em áreas com maior ocorrência de chuvas o conteúdo de tanino pode ser menor, e do contrário, pode contribuir para um conteúdo maior de tanino.

Midgley e Turnbull (2003) ressaltam ainda que em seu ambiente natural, a espécie ocupa uma vasta área, mas que a prevalência em regiões áridas, semi-áridas e subtropicais secas. Estas condições contribuíram para sua implantação em vários territórios e regimes climáticos, sendo algumas espécies introduzidas em mais de 70 países, como na África do Sul, onde é plantada em larga escala (DUKE, 1983). Além de se desenvolver em regiões quentes, a cultura tolera geadas até -2 °C, desenvolvendo-se bem em climas temperados. Com relação ao solo, a preferência é por regiões bem drenadas, podendo ser plantada em solos pobres em matéria orgânica, onde a área foi esgotada ou abandonada (OLIVEIRA, 1960). Na Austrália, a *A. mearnsii* desempenha um papel importante no ecossistema, como uma planta pioneira que rapidamente se liga ao solo sujeito a erosão após os incêndios florestais, que são comuns em seus habitats australianos (DUKE, 1983).

A acácia-negra apareceu no cenário econômico mundial quando, por volta de 1868, foi transportada da Austrália para a África do Sul como planta de rápido crescimento e produtora de lenha (OLIVEIRA, 1960). Vinte anos mais tarde sua casca começou a ser empregada como substância tanante para curtimento de couro, data da sua expansão (ANUSZ, 1960). No Brasil o primeiro estabelecimento de povoamentos de acácia-negra foi realizado por Alexandre Bleckmann, no ano de 1918, sendo introduzido em 1928 o primeiro plantio comercial de acácia-negra no município de Estrela, no Rio Grande do Sul por Júlio Lohmann (OLIVEIRA, 1960). As primeiras sementes foram coletadas e trazidas da África do Sul (RACHWAL; CURCIO; DEDECEK, 2008).

O cultivo de acácia-negra concentra-se no Rio Grande do Sul e desde a época da sua introdução tornou-se uma cultura de importância econômica no Estado para pequenos produtores, lenhadores e trabalhadores sem terras, os quais foram favorecidos com o beneficiamento da cultura nas fábricas. No ano de 1957, a Secretaria da Agricultura estimou 81 milhões de árvores de acácia-negra plantadas em 7 municípios, os quais eram Canoas, Caí, Montenegro, Novo Hamburgo, Sapiranga, São Leopoldo e Taquari (OLIVEIRA, 1960).

Em 2005, estimava-se que o plantio do Estado estivesse em torno de 130 mil hectares envolvendo cerca de 40 mil famílias de pequenos produtores rurais (SIMON, 2005). Conforme atualização da Embrapa (2015) a área plantada com acácia-negra no Rio Grande do Sul passou para 140 mil ha. Atualmente, concentram-se nas regiões da Depressão Central, Serra do Sudeste e Escudo Sul Riograndense, estando presentes em 84 dos 497 municípios gaúchos. A maior parte de área plantada com acácia-negra, do total plantado no Estado, refere-se ao município de Encruzilhada do Sul.

Impulsionada pela crescente demanda de matéria-prima, a atividade da acacicultura tem sido uma alternativa para suprir as necessidades do mercado industrial de base florestal, que tem elevado a implantação de plantios florestais homogêneos de crescimento rápido (MACHADO et al., 2014). O plantio desta espécie é realizado majoritariamente por mudas de origem seminal, que desde a introdução da espécie ao país, tem sido realizada pela coleta das sementes em formigueiros, prática que ainda é utilizada pelos viveiristas do Estado. Segundo estudos da Embrapa (2005), as formigas retiram parte do arilo das sementes e as depositam na lixeira, acondicionando até 3 kg por formigueiro.

A semente da acácia-negra apresenta um tegumento impermeável que resulta em dormência física, sendo necessários tratamentos térmicos moderados (RIVEIRO et al., 2020) para superação de dormência antes da semeadura (EMBRAPA, 2005). As sementes são muito pequenas, o que torna a coleta trabalhosa, mas a produção é copiosa por cerca de quatro anos e possuem capacidade de se manter viáveis durante longos períodos, motivo da recorrência aos formigueiros (ABRS, 2001; EMBRAPA, 2005). Stiehl-Alves e Pimentel (2006) em um estudo realizado com sementes de acácia-negra detectaram baixo vigor germinativo e defeitos de sementes que levam anormalidades das mudas, como albinismo e estiolação. Isso pode indicar restrição genética na população estudada, justificativa para que seja desenvolvido um programa de melhoramento genético para o *A. mearnsii*.

No Rio Grande do Sul, até meados de 1980, os plantios florestais realizados com acácia-negra eram feitos com sementes provenientes da época da introdução da espécie, sem controle genético e ainda com pouca variabilidade. Em 1983, com o objetivo de aumentar a qualidade e a produtividade dos plantios comerciais, a Embrapa Florestas iniciou o projeto “Aumento da produtividade de povoamentos de acácia-negra para a produção de madeira e tanino”. Isso porque a quantidade de tanino pode variar com o aumento da idade e com a espessura da casca (HIGA, 1992). Neste projeto foram avaliados vários povoamentos e a melhor área foi transformada em uma Área de Produção de Sementes (APS). A partir da seleção das melhores

árvores dos plantios comerciais, foram instalados testes de progênies. Em 1994, baseado nas expectativas do surgimento do mercado de cavacos, a empresa TANAC S.A., em parceria com a Embrapa Florestas instalaram testes combinados de procedências e progênies, com sementes importadas da Austrália (MORA, 2002).

Destes testes, foram identificadas as melhores procedências em termos de produtividade. Até então, a seleção era feita baseada, principalmente, em diâmetro à altura do peito (DAP), sobrevivência e baixa incidência de gomose (MORA, 2002). Em 2001, aos sete anos de idade, foram avaliados os testes combinados de procedências e progênies, instalados nas fazendas Ouro Verde (município de Cristal – RS), Serraria e Sossego (município de Piratini – RS). Foram avaliadas um total de 21 variáveis nos testes combinados, sendo 13 mensuradas e 8 estimadas, referentes à qualidade e à produtividade de taninos, celulose e peso seco da madeira (MORA, 2002). Em 2008, A empresa Tanac iniciou os Testes de Progênies com 904 clones, dos quais sete clones apresentaram bons resultados e continuam em teste de melhoramento (MORA, 2002).

Atualmente apenas três clones estão sendo incorporados aos plantios, destes somente um clone contribui com 60% do plantio clonal. Contudo, essas seleções não incluíram em seu programa de melhoramento a seleção para o enraizamento adventício, fato que se tornou em um grande gargalo para a continuidade da produção de mudas a partir destes clones, pois há baixa taxa de enraizamento, problemas na formação do sistema radicial com consequências no estabelecimento das plantas e aumento do tombamento a campo.

Apesar disso, pode-se melhorar o enraizamento adventício através do estudo dos fatores ambientais. Há fatores no enraizamento adventício que podem ser melhorados, como a escolha do melhor propágulo, a concentração de ácido indolbutírico (AIB), a época que maximize o enraizamento, entre outros fatores que afetam o enraizamento.

2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A silvicultura clonal no Brasil aumentou consideravelmente a partir da década de 1970 com o eucalipto, principalmente, pela necessidade de homogeneização de plantios e a incidência de patógenos, tornando o desenvolvimento da técnica de estaquia decisiva (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). A propagação vegetativa ou assexuada de plantas consiste na utilização de propágulos, partes de plantas, células, tecidos, órgãos de uma planta doadora, para a produção de novos indivíduos completos e idênticos à planta que lhe deu origem

(WENDLING, 2003). Pode ser utilizado propágulos vegetativos, como caules, folhas e/ou raiz, de uma planta doadora, para a produção de novos indivíduos (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

A propagação vegetativa somente é possível devido a capacidade que as células tem de regenerar órgãos ou plantas, em razão das células do organismo vegetal possuir toda a informação necessária à regeneração de uma planta em seu núcleo (HARTMANN et al., 2011; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). A regeneração das células, tecidos e ou órgão, ocorre através da totipotência das células somáticas, sem alterar o genótipo, devido à multiplicação mitótica (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005).

Para espécies florestais, inúmeras são as vantagens que a propagação vegetativa apresenta quando se deseja a multiplicação de indivíduos, dentre essas: restrições na floração, sementes estéreis, resistências a doenças, possibilidade de adaptações de clones específicos para determinados sítios, aumento da produção de madeira ou outros produtos em quantidade e qualidade desejáveis para determinado fim e propagação fiel da planta matriz que resulta em plantios mais uniformes (ALFENAS et al., 2009).

Na propagação vegetativa de espécies florestais, a miniestaquia se constitui em uma das principais técnicas, dada a sua aplicabilidade, operacionalização e custo de produção, quando comparada as demais (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). A miniestaquia é uma variação que foi aperfeiçoada da estaquia, em razão das dificuldades para obtenção de material vegetativo rejuvenescido e com vigor fisiológico (ALFENAS et al., 2009; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Em genótipos de eucalipto recalcitrantes ao enraizamento, em razão da perda de predisposição de enraizamento de material maduro, a miniestaquia solucionou a maioria dos problemas (ALMEIDA et al., 2017).

Além do rejuvenescimento do material a ser propagado, a miniestaquia possibilitou a redução da área do jardim clonal, o qual passou a ser chamado de minijardim clonal. Ainda, outras são as vantagens do uso dessa técnica como, redução de custos com a coleta e o transporte das brotações, maior eficiência do manejo com irrigação, nutrição, controle de pragas, maior qualidade do sistema radicial e velocidade no enraizamento (ALFENAS et al., 2009; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). O minijardim clonal pode ser construído e implementado em diferentes sistemas de recipientes, como em vasos de polipropileno, caixas de fibra de vidro com variadas formas e dimensões, ou em sistemas de canaletões de fibrocimento, sendo este último o mais utilizado atualmente pelas empresas florestais (HIGASHI, SILVEIRA; GONÇALVES, 2002). No minijardim clonal, estão as minicepas, plantas matrizes que

fornecerão o material vegetal, das quais serão produzidas as miniestacas, que ao enraizar gerarão novas mudas.

A miniestaquia é de grande importância quando se deseja multiplicar um genótipo com alguma característica superior. A miniestaquia visa a formação de mudas através do enraizamento de um segmento caulinar, foliar ou radicular em meio adequado, sendo o uso do segmento caulinar o mais usual na silvicultura clonal (XAVIER; SANTOS; OLIVEIRA, 2003). Para Alfenas et al. (2009) a miniestaquia pode ser dividida em cinco etapas, a produção de brotos (minicepa), o enraizamento, a aclimatização, o crescimento e a rustificação. Na Figura 3 são apresentadas as fases e alguns dos fatores que influenciam em cada uma.

Figura 3 Etapas da produção de mudas por miniestaquia



Fonte: Adaptado de Alfenas et al. (2009).

Há uma série de fatores que interferem em cada uma das etapas apresentadas anteriormente como, por exemplo, na fase de coleta das miniestacas, fatores ambientais, tais como temperatura, umidade, além do estado nutricional das minicepas e, na fase de enraizamento, o tamanho do propágulo, a necessidade ou não de aplicar auxinas, entre outros. A propagação vegetativa consiste em uma série de fases de desenvolvimento sucessivas, mas interdependentes (ALMEIDA et al., 2017).

2.3 ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO

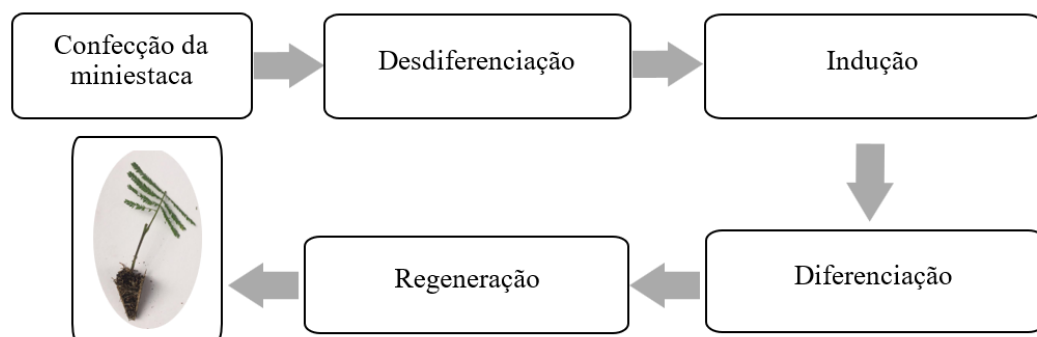
A capacidade de emissão de raízes é uma combinação favorável de fatores endógenos e das condições ambientais proporcionadas ao enraizamento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). O enraizamento adventício constitui um processo complexo, visto que

envolve o redirecionamento de células que normalmente não estão diretamente relacionadas na formação de raízes para formação de um novo sistema radicial, razão pela qual o sistema é denominado adventício (HARTMANN et al., 2011). A raiz adventícia é multifatorial e frequentemente o principal fator limitante à clonagem de espécies (ALMEIDA et al., 2017).

As raízes adventícias podem ser formadas por diversas partes da planta doadora, como raízes, caules, folhas, flores, entre outros. Diferem das raízes primárias, de origem embrionária e raízes laterais, que são derivadas da camada do periciclo (LI et al., 2009). Sendo o periciclo um conjunto de células que corresponde a camada mais externa do cilindro vascular, portanto, encontra-se na raiz das plantas vasculares estando localizado entre o floema e a endoderme (BEECKMAN; DE SMET, 2014). Para a formação desse sistema, há a ruptura de tecidos do caule e a formação de conexões vasculares com os tecidos condutores da miniestaca (HARTMANN et al., 2011). A mudança de vias morfogenéticas normais das células para funções associadas ao desenvolvimento dos primórdios radiciais nas miniestacas leva a uma infinidade de alterações metabólicas, envolvendo as enzimas e macromoléculas associadas à indução, iniciação e desenvolvimento da raiz adventícia (LI; SHI; LENG, 2015).

Durante o processo organogênico do enraizamento de miniestacas, ocorrem certas fases que podem ser identificadas nos seguintes estágios: indução, desdiferenciação, formação de raízes iniciais, desenvolvimento das raízes iniciais em primórdios de raízes reconhecíveis e crescimento e emergência dos primórdios radiculares (HARTMANN et al., 2011; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Na figura 4 é apresentado o resumo do processo.

Figura 4 - Resumo do processo de formação de raízes adventícias



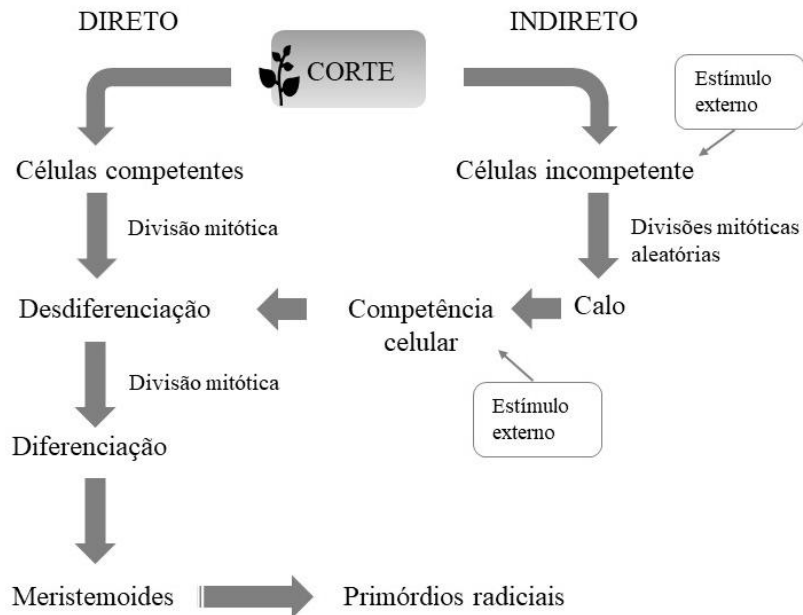
Fonte: A autora (2021).

Essas fases são consideradas interdependentes e com diferentes requisitos (COSTA et al., 2013). A formação de raízes é um processo anatômico e fisiológico complexo (ALFENAS et al., 2009) e alguns aspectos ainda não estão elucidados. Contudo, sabe-se que se trata de um processo variável de acordo com a espécie e o genótipo (ZHANG et al., 2016). Hartmann et al. (2011), identificam quatro estágios, desdiferenciação, formação das raízes iniciais, desenvolvimento das raízes iniciais em primórdios radiciais e crescimento e emergência desses primórdios.

Costa et al. (2013), classifica essas fases em três principais: a indução, iniciação e a expressão. A primeira etapa inclui necessariamente estresse, que pode ser em função de água ou ferimento, que desencadeiam alterações hormonais que contribuem para reprogramar as células-alvo competentes para responder a estímulos de enraizamento. Nessa etapa há maior exigência de concentração de auxina. A segunda é a fase onde ocorre as divisões celulares, alterações anatômicas, estabelecimento de meristemoides, a qual é inibida por alta concentração de auxina e compostos fenólicos e maior atividade da peroxidase. A fase de expressão corresponde ao crescimento do primórdio radicial através dos tecidos-tronco e ao estabelecimento de conexões vasculares entre a raiz recém-formada e o corte original da haste, sendo assim o surgimento da raiz o fenótipo visível após essa fase (COSTA et al., 2013).

Existem dois padrões principais de desenvolvimento de raízes adventícias, direto e indireto (Figura 5). O padrão direto é através do desenvolvimento de raízes diretamente dos tecidos do câmbio e vascular, que se submetem às primeiras divisões mitóticas (COSTA et al., 2013). No enraizamento adventício indireto a divisão mitótica celular é aleatória, ocorrendo a formação de calos antes que a competência seja adquirida (ALMEIDA et al., 2017).

Figura 5 - Padrões anatômicos de desenvolvimento de raízes adventícias



Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017).

Nesse processo há uma série de fatores que influenciam no enraizamento. A importância de se conhecer esses fatores e suas implicações estão relacionadas ao sucesso da produção de mudas (CUNHA et al., 2009).

2.4 FATORES QUE INTERFEREM NO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO

2.4.1 Genótipo

O genótipo interfere drasticamente no enraizamento entre as espécies florestais, bem como entre clones de uma mesma espécie, os quais podem apresentar percentuais e qualidade de enraizamento diferentes. Como visto, os aspectos do mecanismo de ação do enraizamento variável de acordo com a espécie, genótipo (ZHANG et al., 2016). Genótipos com maior competência ao enraizamento permitem estabelecer a velocidade do processo de produção de mudas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013), tornando o processo mais eficiente, com maior número de miniestacas enraizadas em menor período de tempo.

O enraizamento adventício é essencial quando deseja-se multiplicar genótipos pela clonagem. Assim, a seleção de genótipos com competência ao enraizamento adventício, pode otimizar os ganhos genéticos com a seleção precoce (ARAÚJO et al., 2015). Nesse sentido, seleções dependentes do genótipo foram realizadas para *E. benthamii* (BRONDANI et al., 2014), *E. cloeziana* (OLIVEIRA; DIAS ALMEIDA, 2015) e para espécies nativas como *Ilex paraguariensis* (GAZZANA et al., 2020) e *Cabralea canjerana* (BURIN et al., 2020).

Outro fator que pode favorecer a seleção precoce de material apto para enraizar é a identificação de compostos que interferem nos processos que controlam a rizogênese (WENDLING, 2002). Nesse caso, existem espécies que apresentam dificuldade de enraizamento como, por exemplo, cultivares de *Prunus* spp. (DUVAL et al., 2013) e alguns clones do gênero *Eucalyptus* sp. (BORGES et al., 2011; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Essas espécies são consideradas recalcitrantes ao enraizamento (HARTMANN et al., 2011), o que é considerado como um dos principais obstáculos na utilização da propagação clonal a nível comercial. Além das recalcitrantes, Hartmann et al. (2011) ainda classifica as plantas em outros dois grupos, as de fácil, que possuem quantidade de substâncias endógenas necessárias ao enraizamento, e as de relativa facilidade de enraizamento adventício, as quais, embora apresentem os cofatores necessários de auxinas não apresentam em concentrações suficientes.

O enraizamento e o desenvolvimento de raízes são acompanhados da síntese de proteínas e de ácido ribonucléico (RNA), ainda o desenvolvimento de raízes é caracterizado por modificações nos padrões e concentrações de ácido desoxirribonucléico (DNA) e aumento da atividade enzimática (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). As alterações fisiológicas e bioquímicas que ocorrem durante o complexo processo de desenvolvimento *in vitro* das raízes devem ser atribuídas à presença e atividade das vias metabólicas, controladas pela regulação da transcrição do RNA (LI; SHI; LENG, 2015).

Um estudo *in vitro* realizado com feijão, para obter dados transcriptômicos e examinar a expressão genética utilizando a análise de RNA-Seq e bioinformática, forneceu uma base para a compreensão dos mecanismos moleculares que controlam o enraizamento adventício (LI; SHI; LENG, 2015). A PCR quantitativa em tempo real (qRT-PCR - Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction Quantitative Real Time) revelou que dos 39 genes com funções conhecidas indicou uma forte correlação (92,3%) com os dados RNA-Seq. Os perfis de enriquecimento de agrupamento genético revelaram traços moleculares para indução e iniciação radicular. Assim, os dados transcriptômicos globais revelam que a reorganização celular e metabólica ocorre durante o estágio de indução radicular (LI; SHI; LENG, 2015).

O fato de haver um forte componente genético que controla o enraizamento adventício e que possibilita o melhoramento e a obtenção de ganhos de seleção para caracteres relacionados a propagação vegetativa pode ser entendido como necessidade da inserção nos programas de melhoramento dessa característica na seleção de genótipos. A competência ao enraizamento é um aspecto essencial, isso porque mesmo que todas as variáveis ambientais sejam idealmente manipuladas, se a competência do material não está presente, as respostas aos sinais promotores de raízes não ocorrem e o enraizamento falha (COSTA et al., 2013).

2.4.2 Nutrição mineral das minicepas

O sistema de minijardim, essencialmente a nutrição mineral contendo macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento das minicepas, é fator determinante para a maior produtividade de brotos e predisposição ao enraizamento (ALFENAS et al., 2009). Isso porque o número de miniestacas por minicepa varia tanto em função da espécie, do sistema e manejo do minijardim e das condições ambientais, quanto em função do vigor fisiológico das minicepas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Assim, o comprimento das brotações das minicepas afeta a produtividade do minijardim clonal (PIZZATTO et al., 2011).

Além da nutrição mineral, outras condições fisiológicas da planta também interferem no enraizamento, como a presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos e compostos fenólicos que as folhas fornecem para a zona de regeneração de raízes (TAIZ; ZEIGER, 2017). A nutrição adotada no minijardim clonal está relacionada com o intervalo entre as coletas de brotações e o ganho em produtividade de miniestacas por minicepa (WENDLING, FERRARI; DUTRA, 2005). Como as matrizes, planta doadora de propágulo, estão no minijardim clonal, o fornecimento de nutrientes a esse sistema é essencial para o sucesso da propagação. Sendo o manejo nutricional do minijardim clonal um dos fatores de maior relevância na produção massal de propágulos vegetativos (HIGASHI, SILVEIRA; GONÇALVES, 2002; CUNHA et al., 2008; XAVIER, WENDLING; SILVA 2013).

Além da produtividade, a nutrição mineral desempenha papel importante no enraizamento adventício gerando respostas diferentes de acordo com o nutriente e o clone (CUNHA et al., 2009). Assim, diferenças genotípicas quanto à eficiência nutricional podem ocorrer por diversas razões, entre as quais Marschner (1995) cita as que estão relacionadas à absorção, o transporte ou a utilização dos nutrientes. Também, Schwambach et al. (2005) afirmam que tanto nutrientes quanto às concentrações testadas podem promover respostas em relação ao enraizamento adventício.

Em *Toona ciliata* var. *australis* foi analisada a produtividade em minijardim e os nutrientes exportados pelas brotações de três clones, e ao final das coletas das brotações o clone TC3 se apresentou como o mais produtivo (OLIVEIRA et al., 2019). Em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* doses de nitrogênio influenciaram significativamente na produtividade e no percentual de enraizamento de miniestacas (ROCHA et al., 2015). Em *Eucalyptus benthamii*, a sobrevivência das minicepas variou significativamente em relação ao clone e a solução nutritiva com diferentes concentrações de boro e zinco para a miniestaquia em sistema de vaso (BRONDANI et al., 2012). Em *Rubus* spp. a aplicação da adubação nitrogenada em plantas matrizes também foi benéfica para o enraizamento de estacas e o desenvolvimento inicial das novas mudas (PICOLOTTO et al., 2015).

Soluções nutritivas diferentes já foram propostas em pesquisas de nutrição mineral de plantas e em alguns estudos essas diferenças foram marcantes. Grande parte das formulações existentes é modificação da solução original de Hoagland, desenvolvida a partir das exigências nutricionais do tomateiro e que contém todos os elementos necessários (TAIZ; ZEIGER, 2017). A solução de Hoagland é a mais utilizada quando se quer investigar problemas nutricionais de plantas e configura-se como a base para formulação de várias soluções nutritivas comerciais (FURLANI et al., 2009). A solução proposta por Hoagland e Arnon, proposta em 1950 apresenta os seguintes nutrientes e valores expressos em (mg L^{-1}), N- NO_3 - 210, P - 31, K - 234, Ca - 160, Mg - 48, S - 64, B - 0,5, Cu - 0,02, Fe - 1,0, Mn - 0,5, Mo - 0,01 e Zn 0,05 (FURLANI et al., 2009). Uma modificação dessa solução apresenta em sua composição o amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) para suprir o nitrogênio, promovendo, assim, equilíbrio entre cátions e ânions, mantendo-se o N total constante (TAIZ; ZEIGER, 2017). A solução nutritiva, posteriormente, foi aprimorada, adicionando-se o ferro quelatizado com ácido etilenodiaminatetracético (EDTA), o que evita a precipitação do ferro na solução como hidróxido de ferro (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Nessas soluções os níveis dos elementos são estabelecidos o mais alto possível, mas sem causar toxicidade, contudo, esses níveis elevados podem prejudicar, principalmente, plantas jovens (TAIZ; ZEIGER, 2017). Estudos tendem a reduzir a concentração iônica da solução nutritiva, especialmente, em ambientes cujas temperaturas, luminosidade e umidade relativa são altas e nas estações mais quentes do ano (FURLANI et al., 2009). Em estudo realizado com *Qualea grandiflora*, a solução de Hoagland e Arnon, foi diluída dez vezes e promoveu maior crescimento (PAULILO; FELIPPE, 1995). Em *Dalbergia miscolobium*, a melhor resposta de

crescimento da parte aérea foi verificada com solução de Hoagland e Arnon diluída duas vezes (SASSAKI; FELIPPE, 1998).

Os nutrientes são classificados em macro e micronutrientes, conforme suas concentrações relativas no tecido vegetal, contudo, ambos são essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre os nutrientes, podem ser classificados como macronutrientes o nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e silício. E dentre os micronutrientes estão classificados o cloro, ferro, boro, manganês, sódio, zinco, cobre, níquel, molibdênio (TAIZ; ZEIGER, 2017). As quantidades de nutrientes demandadas podem ser diferentes entre espécies ou mesmo entre clones de uma mesma espécie (OLIVEIRA et al., 2019).

No início do enraizamento vários nutrientes são requeridos, no fornecimento de energia na base na miniestaca onde ocorre enraizamento, apoiando a diferenciação, a divisão e o alongamento celulares (KLOPOTEK et al., 2012), como, por exemplo, o nitrogênio que é essencial, por participar da síntese de aminoácidos, ácidos nucleicos e de proteínas (HARTMANN et al., 2011). Ainda o metabolismo do açúcar está diretamente associado ao processo de iniciação radicular, sendo influenciado pelo nitrogênio (ALMEIDA et al., 2017). O enxofre constitui os aminoácidos e o fósforo é utilizado no metabolismo energético e também nos ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2017). O potássio ativa enzimas envolvidas na respiração (TAIZ; ZEIGER, 2017), sendo um elemento chave na pressão de turgor e na regulação estomática, requerendo uma concentração correta a fim de evitar a perda de água antes do desenvolvimento da primeira raiz (ALMEIDA et al., 2017).

O zinco está presente na ativador do triptofano, precursor da auxina (MARSCHNER, 1995). O papel do boro, embora não esteja bem elucidado, é considerado um cofator do enraizamento, atuando no processo rizogênico em conjunto com a auxina, respostas hormonais, funcionamento de membranas (HIRSCH; TORREY, 1980; ROTH-BEJERANO; ITAI, 1981; TAIZ; ZEIGER, 2017). O manganês é cofator e o ferro componente estrutural de peroxidases, portanto, esses nutrientes podem afetar o catabolismo de auxina (FANG; KAO, 2000; REQUESENS et al., 2014). O cálcio é requerido na divisão celular, integridade da membrana e pode afetar o transporte de auxina, e agir como segundo mensageiro importante (MAATHUIS, 2009).

Todos os macronutrientes e micronutrientes são necessários e desenvolvem funções que podem estar direta ou indiretamente relacionadas com o enraizamento adventício. Acima foram citados apenas alguns desses nutrientes e parte das funções que estão envolvidos. Em estudo

realizado com clones de *Toona ciliata*, relacionados à nutrição das minicepas e produtividade de miniestacas, concluiu-se que para os três clones estudados a quantidade removida dos nutrientes pelas brotações das minicepas seguiu a seguinte ordem: K, N, Ca, P, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B e Cu (OLIVEIRA et al., 2019).

Além dos fatores que influenciam a planta matriz, há os que influenciam as miniestacas, entre eles o armazenamento e a sanidade. O armazenamento, quando necessário, deve minimizar o estresse hídrico, prevenir doenças e assegurar a manutenção do vigor. Já a sanidade das estacas pode ser promovida com uso de materiais livres de patógenos e mantendo a sanidade também das plantas matrizes (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). As miniestacas coletadas de diferentes alturas da mesma brotação podem apresentar diferenças na emissão do sistema radicular (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005).

2.4.3 Auxinas

A aplicação de reguladores de crescimento vegetal pode influenciar no enraizamento de miniestacas, e dependendo da espécie, a aplicação de um regulador de crescimento pode promover a iniciação das raízes (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013) e estimular maior velocidade e qualidade do sistema radicular (HARTMANN et al., 2011; BOTIN; CARVALHO, 2015). Assim, as auxinas sintéticas são amplamente utilizadas na propagação vegetativa de plantas (BOTIN; CARVALHO, 2015), especialmente, em espécies que tenham conteúdo endógeno insuficiente para a indução do enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2011). A aplicação ocorre na base da miniestaca, superfície do corte, sendo rapidamente absorvida pelas células por impulso de pH e transportadores de influxo (POP; PANFIL; BELKINI, 2011).

Além das auxinas há outros fitorreguladores que regulam o desenvolvimento vegetal, como giberelinas, citocianinas, etileno, ácido abscísico e brassinosteroides. Na propagação vegetativa de plantas, as auxinas têm destaque, uma vez que estas participam de inúmeros processos do desenvolvimento vegetal, especialmente, nas respostas relacionadas ao enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2011; BOTIN; CARVALHO, 2015). As auxinas estão associadas ao crescimento e a alongação celular, promoção da formação de raízes laterais e adventícias, regulam o desenvolvimento das gemas florais, promovem o desenvolvimento de frutos, induzem a diferenciação vascular, favorecem o estabelecimento da polaridade apical-basal do embrião, entre outros (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Tanto o ácido indolbutírico (AIB), quanto o ácido indolacético (AIA) são fitorreguladores, reguladores vegetais ou chamados por alguns autores de hormônios vegetais

sintéticos, pertencentes as auxinas. A principal função é a regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal, isso porque esses processos dependem de sinais químicos. Esses sinais se dão através dos mensageiros químicos, que fazem a mediação da comunicação intercelular. Os fitorreguladores podem ser produzidas em um tecido e transportado para outro, atuando como resposta fisiológica, e podem agir no mesmo tecido onde foram produzidas. Essa resposta age como um sinal para o desenvolvimento ou estado fisiológico de células, tecidos e órgãos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O AIA é a principal auxina natural, que quando descoberta desvendou sua importância fisiológica e, posteriormente, muitas outras auxinas foram descobertas. A síntese do AIA está, principalmente, associada em tecidos aéreos com rápida divisão celular e crescimento como os meristemas apicais, folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento (TAIZ; ZEIGER, 2017). O AIA move-se, sobretudo, da extremidade apical para a basal, o transporte ocorre de forma polar para as raízes, por meio das células parenquimáticas junto ao tecido vascular, em caules e folhas, ou de forma apolar no floema, quando sintetizada em folhas maduras (SAMPAIO, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2017).

As auxinas têm como principal precursor o ácido triptofano, contudo, há rotas de biossíntese independente do triptofano, ainda não totalmente elucidadas (POP; PANFIL; BELKINI, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2017). Os transportadores de auxina controlam a canalização da auxina para células-alvo, que atuam, principalmente, através da proteólise seletiva e afrouxamento da parede celular, por meio de suas proteínas receptoras. Ainda um complexo circuito microRNA está envolvido no controle de fatores de resposta à auxina que são essenciais para a expressão genética (COSTA et al., 2013). Na zona de um corte, o transporte ativo, polar e basipetal de auxina contribui para o acúmulo o seu acúmulo nessa zona (ALMEIDA et al., 2017).

Quando a auxina exógena é aplicada ocorre a absorção por difusão, o que pode causar expansão celular na parte basal do propágulo, talvez devido ao seu acúmulo (ALMEIDA et al., 2017). A rota de transporte pode ser tomada por células através de um mecanismo de captura de pH, quanto por meio de transportadores de influxo. A auxina fornecida atua no local do corte, induzindo a diferenciação de células (COSTA et al., 2013).

Os principais usos comerciais de auxinas sintéticas estão relacionados ao enraizamento de estacas e miniestacas, prevenção de abscisão foliar e de frutos, e como herbicidas. O AIB pode ser aplicado na base da miniestaca para facilitar o enraizamento, apresenta mais eficiência na promoção de raízes em miniestacas de espécies florestais, a aplicação e concentração

depende de cada espécie (TITON et al., 2003; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). O AIB é mais utilizado por ser mais estável quimicamente, menos móvel nos tecidos e menos fotossensível, além de ser usado em diferentes concentrações sem causar toxidez as plantas (BOTIN; CARVALHO, 2015) e mais eficaz no enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2011). O uso de auxina exógena no propágulo ocorre com o transporte polar no caule cortado causando o seu acúmulo, provocando formação de uma dilatação ou calo, resultante da ativação das células do câmbio, seguida da formação dos primórdios radiculares (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005).

Há espécies que a quantidade de AIA, que constitui a principal auxina endógena das plantas, é suficiente para o processo de enraizamento adventício, sendo assim, o requerimento da aplicação exógena de auxina variável conforme a espécie. Em clones de *Eucalyptus grandis* a aplicação de 1.000 a 2.000 mg L⁻¹ de AIB proporcionou os melhores índices de enraizamento e sobrevivência de miniestacas (TITON et al., 2003). Em estudo realizado por Oliveira et al. (2015) foi avaliado o efeito da aplicação de diferentes concentrações de AIB, 0; 2000; 4000, 6000 e 8000 mg L⁻¹, no enraizamento de miniestacas apicais de *Handroanthus heptaphyllus*, contudo, não foi condicionante para o enraizamento, embora, tenha resultado em mudas com maior comprimento de raízes de primeira ordem e número de raízes de segunda ordem na concentração de 8000 mg L⁻¹. Em outros estudos realizados com *Handroanthus heptaphyllus* não houveram respostas significativas entre as concentrações de AIB testadas (RODRIGUES et al., 2017).

O uso, bem como, a concentração de auxina pode variar entre espécies, populações e até mesmo entre genótipos (KONZEN; BERGONCI; BRONDANI, 2018), sendo importante o estudo desses fatores, uma vez que, o uso de concentrações menores de reguladores ou a sua eliminação do processo de enraizamento adventício (BOTIN; CARVALHO, 2015) reduzem custos de insumo, o trabalho dispendido no processo (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013) e geram benefícios ambientais associados ao uso, armazenamento e descarte de resíduos.

2.4.4 Propágulo

Vários são os órgãos que podem ser utilizados como propágulo, sendo que a escolha depende da disponibilidade de material vegetativo, da facilidade de sua obtenção (CARRASCOSA et al., 2016), bem como, em razão da viabilidade de sobrevivência e enraizamento (GOMES; KRINSKI, 2020). A propagação por miniestaquia caulinar requer que

um novo sistema radicular adventício seja formado, dado o potencial da regeneração de gemas pré-formadas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013; GOMES; KRINSKI, 2020).

A capacidade de indução radicular está associada ao tamanho da miniestaca, podendo ser formada de uma única gema, duas gemas, múltiplas gemas ou apical. Definir o tipo de propágulo utilizado para o enraizamento é muito importante visto que, além de potencializar a produção, pode facilitar a rizogênese (MORAES et al., 2014). O processo de enraizamento é ativo e requer altas quantidades de energia oriundas das reservas existentes na forma de carboidratos insolúveis (HARTMANN et al., 2011), sendo que maior comprimento da miniestaca pode estar associado ao maior conteúdo de reservas nutricionais (BORGES et al., 2011) e possuir maior resistência ao estresse ambiental (SOUZA et al., 2013). A quantidade de reserva, que pode ser decisiva no processo rizogênico, também está associada aos maiores diâmetros de miniestacas (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005).

Quanto ao tamanho da miniestaca, variações são observadas para as diferentes espécies. Na miniestaquia de eucalipto foram utilizados propágulos vegetativos medindo entre 4 e 8 cm, com dois pares de folhas reduzidas à metade (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Em híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* as miniestacas podem ser apicais de 10 cm de comprimento e folhas reduzidas à metade (SOUZA et al., 2013), para *Ilex paraguariensis* miniestacas de gema única (PIMENTEL et al., 2020), ou ainda para *Handroanthus heptaphyllus* miniestacas com 5 cm (RODRIGUES et al., 2017).

A redução da área foliar diminui a área de transpiração e evita que as folhas tenham efeito de barreira física para o molhamento do substrato, contudo, pode ser porta para a entrada de fungos durante a fase de enraizamento devido a injúria do corte (ALFENAS et al., 2009). A manutenção das folhas ou de pelo menos parte delas é importante para o processo de enraizamento, devido à produção de carboidratos e de auxinas pelas folhas e gemas apicais (HARTMMAN et al., 2011; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013; TAIZ; ZEIGER, 2017), como para *Anadenanthera macrocarpa* (DIAS et al., 2015), *Paratecoma peroba* (ARAÚJO et al., 2019) e *Cedrela fissilis* (XAVIER et al., 2003). Em trabalho realizado com híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, a manutenção das folhas inferiores na miniestaca favoreceu o enraizamento em relação às folhas superiores (SOUZA et al., 2013).

2.4.5 Época do ano

Em virtude dos efeitos que alteram o enraizamento, a periodicidade da coleta das miniestacas e a produtividade das minicepas variam com o sistema de minijardim, o material

genético, o manejo adotado e a época do ano (ALFENAS et al., 2009). A época do ano em que as miniestacas são coletadas está muito relacionada a consistência da miniestaca. Miniestacas coletadas em períodos de crescimento, primavera e verão, apresentam consistência mais tenra, portanto, mais herbáceas, do contrário, miniestacas coletadas em períodos que há diminuição do crescimento, outono e ou inverno, tendem a ser mais lenhosas (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). Ainda segundo esses autores, as miniestacas mais herbáceas tendem a enraizar mais, e as mais lignificadas possuem menor capacidade de enraizamento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). Este fato pode estar relacionado ao material ter sido mantido em um período de repouso vegetativo, antes da coleta das brotações, causando um acúmulo de carboidratos favoráveis a formação de raízes (ALCANTARA et al., 2007).

Estacas de *Guazuma ulmifolia* e *Casearia sylvestris* somente enraizaram no verão (SANTOS et al., 2011). Resultados semelhantes foram encontrados para miniestacas apicais de *Cordia trichotoma*, em que o enraizamento no verão resultou nas maiores porcentagens, tanto aos 30 quanto aos 60 dias de cultivo (SOMAVILLA, 2018). Do contrário, miniestacas de *Pinus taeda* apresentaram alta porcentagem de enraizamento no inverno com 85%, quando comparado ao verão com 62,50% (ALCANTARA et al., 2007).

Dentre os fatores ambientais que interferem na propagação clonal, a luminosidade, a temperatura e a umidade são os de maior influência, tanto no desenvolvimento das brotações, quanto na capacidade de enraizamento dos propágulos. Isso é porque estão intrinsecamente relacionados com a época do ano, principalmente, em regiões onde as estações são bem definidas. Os efeitos da luminosidade na formação de raízes adventícias são, principalmente, indiretos, afetando, especialmente, a disponibilidade e distribuição de auxinas e carboidratos pela planta (ALMEIDA et al., 2017). A maioria dos estudos mostra que a diminuição nos níveis da luz natural promove aumento no enraizamento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Como o observado em microestacas de *Eucalyptus globulus* (FETT-NETO et al., 2001).

A disponibilidade de luz afeta a biossíntese da auxina nas minicepas do minijardim clonal, além de influenciar na disponibilidade de auxina que flui da parte aérea da miniestaca para conduzir a diferenciação radicial na base do corte (ALMEIDA et al., 2017). Isso porque a rota de transporte é alterada na presença ou ausência de luz. Na presença de luz, o transporte de auxina nas hastes ocorre, principalmente, através do cilindro central, já na sombra a via preferencial para o transporte de auxina é a via lateral, através das camadas externas de células, estas respostas são presumivelmente mediadas por fitocromos (MORELLI; RUBERTI, 2002).

O metabolismo do indol e do triptofano, precursores de auxina, tem seu estado estacionário influenciado por enzimas cujos genes codificadores têm transcrição induzida pela luz (ALMEIDA et al., 2017). Esses são alguns dos mecanismos que podem afetar o enraizamento adventício que são influenciados pela luz.

A temperatura é outro fator que pode afetar o crescimento das brotações da planta matriz. Temperaturas entre 15 a 30 °C tendem a favorecer o desenvolvimento das brotações, gerando assim maior número de propágulos (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009), ao passo que, temperaturas baixas, em torno de 16 °C, proporcionam condições fisiológicas menos favoráveis às plantas, diminuindo o enraizamento (XAVIER et al., 2003). A temperatura também influencia em vários aspectos o processo de enraizamento, desde a iniciação, o crescimento, a orientação da raiz, o tempo de enraizamento (KRISTIANSEN; BREDMOSE; NIELSEN, 2005; DE ALMEIDA et al., 2017) até o próprio desenvolvimento da raiz (ALMEIDA et al., 2017). Assim, os efeitos positivos de temperaturas mais altas no enraizamento de miniestacas podem ser uma consequência do aumento da biossíntese de auxina via ativação do fator de transcrição (PROVENIERS; ZANTEN, 2013).

Contudo, temperaturas excessivamente altas podem inibir o crescimento devido às taxas respiratórias aceleradas e esgotamento das reservas (ZALESNY et al., 2005). Ainda, temperaturas mais baixas do ar nas folhas podem produzir efeitos benéficos durante o enraizamento, devido ao aumento da disponibilidade de carboidratos e menor senescência das folhas e diminuição das taxas de respiração (DRUEGE; KADNER, 2008). Por exemplo, há espécies que podem se beneficiar, quanto ao enraizamento, com temperaturas mais altas, 40 °C como é o caso do *Eucalyptus saligna*. Já o *E. globulus* apresenta melhor desempenho com temperaturas mais amenas, entre 20 e 30 °C (CORREA; FETT-NETO, 2004). Isso sugere que a temperatura pode afetar de diferentes formas no desenvolvimento das minicepas e enraizamento dos propágulos variando de acordo com a espécie, clone da mesma espécie ou ainda do sistema de cultivo (CUNHA et al., 2009).

Um balanço hídrico adequado é importante, tanto para o sistema do minijardim clonal quanto para as miniestacas. No minijardim clonal a água influencia o estado nutricional das minicepas, interferindo no crescimento das brotações (ALMEIDA et al., 2017). Essa umidade deve ser observada tanto no substrato, quanto a umidade relativa do ar, pois tanto o excesso, quanto a falta de umidade do ar pode causar problemas. O excesso pode comprometer as trocas gasosas e ao aumento do risco de desenvolvimento de doenças, já a falta de água pode levar à dessecação das minicepas.

Para o enraizamento, a umidade do ar também afeta a taxa fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2017), bem como, garante a manutenção da turgescência e da capacidade de crescimento das raízes (ALMEIDA et al., 2017). Nesta etapa, a umidade é fornecida, frequentemente, através de um sistema de névoa, que minimiza e desacelera a transpiração, reduz a temperatura da folha e o estresse fisiológico (HARTMANN et al., 2011), sendo o controle da umidade do ar variável de acordo com a espécie e época do ano.

Como visto, além dos diversos fatores que influenciam o enraizamento adventício, poucos estudos abordam os aspectos técnicos da propagação clonal de *Acacia mearnsii*, uma espécie importante para variados segmentos econômicos e industriais. Diante disso, fica evidente a necessidade da realização de estudos que visem incrementar o enraizamento adventício, bem como a qualidade do sistema radicial das miniestacas, bases para a definição de protocolos de propagação clonal da espécie.

3 CAPÍTULO I

RESUMO

PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE ACÁCIA-NEGRA

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade das minicepas e o enraizamento de miniestacas de clones de acácia-negra. Para isso, foi estabelecido um minijardim com três clones de acácia-negra em sistema fechado de cultivo sem solo com uso de areia como substrato e fertirrigado com três concentrações (25%, 50% e 75%) de solução nutritiva. Foram anotados o número de miniestacas produzidas por minicepa e o índice de produtividade. Miniestacas de gema única, duas gemas e a apical produzidas nas diferentes estações do ano foram tratadas com as concentrações de 0, 1.000, 2.000, 3.000 e 4.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB). Após 30 dias de cultivo em câmara úmida foram avaliadas para as porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número de raízes e o comprimento das três maiores raízes. Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e número variável de miniestacas. Os clones avaliados de acácia-negra apresentaram recalcitrância ao enraizamento adventício. A concentração de 75% da solução nutritiva maximizou a produtividade das minicepas. Miniestacas apical e de uma gema coletadas no período de inverno e tratadas com 2.000 mg L⁻¹ de AIB apresentaram a maior porcentagem de enraizamento.

Palavras-chave: Concentração de AIB. Época do ano. Produtividade de minicepas. Tipo de propágulo. Solução nutritiva.

INTRODUÇÃO

Acacia mearnsii é uma espécie florestal nativa do sudoeste da Austrália pertencente à família Fabaceae. No Brasil, a acacicultura concentra-se no Estado do Rio Grande do Sul, onde apresenta grande importância econômica e social, principalmente, para viveiristas e pequenos e médios produtores. Atualmente, a espécie é empregada não só para curtimento de couros, mas também na fabricação de *pellets*, painéis de madeira, carvão, coagulantes e floculantes para tratamento de águas, matéria prima para adesivos, resinas, tintas, entre outros (MARQUIORI, 1997; CARVALHO, 1999; LORENZI; BACHER; TORRES, 2018).

Considerando a importância da acácia-negra, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias para produção de mudas com elevada qualidade genética e fitossanitária, com baixo custo e produção em larga escala. Para isso, a propagação vegetativa apresenta elevado potencial, uma vez que possibilita a multiplicação de genótipos de interesse, com alta produtividade e uniformidade, bem como pode contornar os problemas relacionados a

propagação por sementes, como a heterogeneidade genética e a baixa viabilidade e germinação (ALFENAS et al., 2009; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia tem proporcionado a otimização do processo de produção de mudas, maior produção de propágulos, menor tempo de formação da muda em viveiro, menor variação sazonal dos índices de enraizamento. Além disso, tem possibilitado eliminar o uso de fitorreguladores e reduzir a área destinada aos minijardins clonais (FERRIANI; ZUFFELLATO-RIBAS; WENDLING, 2010; KONZEN; BERGONCI; BRONDANI, 2018).

A formação de raízes adventícias é um processo complexo, de resposta quantitativa e regulado por diversos fatores ambientais e endógenos, os quais se correlacionam (POP; PANFIL; BELKINI, 2011). Dentre os fatores ambientais, a nutrição do minijardim pode ter efeito nas diferentes fases do enraizamento adventício, bem como na redução do intervalo entre as coletas de brotações e no aumento da produtividade das minicepas (WENDLING, FERRARI; DUTRA, 2005; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). O fornecimento de nutrientes deve ser suficiente para a remoção pelas brotações, isso porque a produção de miniestacas pelas minicepas requer grandes quantidades de nutrientes, sendo que existem perdas por lixiviação via irrigação (FURLANI et al., 2009).

Os eventos que levam ao enraizamento adventício dependem do estado nutricional da planta matriz (COSTA et al., 2013), contudo, ainda não está elucidada a importância de cada nutriente para esse processo. O que se sabe é que vários macronutrientes e micronutrientes impactam o processo de rizogênese, incluindo metabolismo energético, expressão genética e atividade enzimática que regulam a auxina que conduz ao enraizamento adventício (ALMEIDA et al., 2017). Além disso, o enraizamento pode ser afetado pela disponibilidade de carboidratos, que depende das reservas nas estacas (KLOPOTEK et al., 2012) e da mesma forma que a nutrição mineral, também modula frequentemente o controle dos fitormônios (COSTA et al., 2013).

Considerando o impacto da condição fisiológica e bioquímica da planta doadora de propágulo, além de sua composição genética, a propagação por miniestaquia possibilita um controle mais adequado da nutrição mineral e melhorias no desempenho do enraizamento das miniestacas. Diversas composições de solução nutritiva são utilizadas, sendo a solução de Hoagland e Arnon modificada uma das mais importantes, pois fornece todos nutrientes requeridos pelas plantas e resultam em bons resultados para diversas espécies (FURLANI et al., 2009).

Outra questão relevante a ser definida é o tipo de propágulo utilizado para o enraizamento, podendo potencializar a produção de mudas (MORAES et al., 2014). O tipo de propágulo está relacionado ao tipo de tecido (como parte aérea, raiz, caule, entre outros), comprimento do propágulo e número e tamanho das folhas presentes na miniestaca. Esses fatores influenciam no enraizamento pelas quantidades de reservas presentes, carboidratos e auxinas essenciais para o processo rizogênico (PIZZATTO et al., 2011).

O enraizamento adventício não depende somente da auxina endógena, sendo frequentemente aplicada de forma exógena por atuarem como indutores da formação de raízes adventícias, como o ácido indolbutírico (AIB), caracterizado por ser uma substância fotoestável, de ação localizada e menos sensível à degradação biológica (TAIZ; ZEIGER 2017). O AIB é muito eficaz no aumento da percentagem, velocidade, qualidade e uniformidade do enraizamento adventício (FACHINELLO et al., 2005; HARTMANN et al., 2011).

Neste sentido, levando em consideração a importância da acácia-negra para o Sul do Brasil e a falta de informações sobre a produção de mudas clonais, o objetivo do trabalho foi estudar a concentração de solução nutritiva do minijardim, o tipo de propágulo, a concentração de ácido indolbutírico e a influência da época do ano no enraizamento adventício de miniestacas de três clones de acácia-negra.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação climatizada e câmara úmida do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, Departamento de Fitotecnia, com latitude de 29°43'21,4"S e longitude 53°43'11,4"W, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

O minijardim de acácia-negra foi estabelecido em bandejas de polietileno com dimensões de 55x34x15 cm. Na parte inferior da bandeja foi conectado um flange e na parte externa conectado um cano de polivinil cloreto (PVC) para direcionar a solução da bandeja até o reservatório, mantendo um sistema fechado de cultivo. Após montada a parte estrutural do minijardim, foi colocada cerca de 5 cm de brita basáltica de granulometria média (3 cm) nas bandejas com intuito de auxiliar na drenagem da solução nutritiva. Sobre a brita foi colocado uma tela fina (1 mm) de *Nylon* e sobre a tela, uma camada de areia peneirada de granulometria grossa, até atingir a borda superior da bandeja, cerca de 8 cm. Acoplado na parte superior do flange foi colocado um cano de PVC de 20 mm no qual foi feito um dreno para retirar o excesso

de solução nutritiva. As bandejas foram niveladas de forma a proporcionar o escoamento regular da solução nutritiva. A construção do minijardim é representada pela sequência de fotos na Figura 1.1.

Figura 1.1- Estrutura do minijardim clonal detalhando o flange e adaptador (A); parte superior da bandeja e a drenagem (B); parte inferior da bandeja (C); camada de brita (D); tela de polietileno (E); e o leito de cultivo com areia grossa como substrato e as mudas de acácia-negra já estabelecidas (F)



Fonte: A autora (2021).

O sistema de irrigação empregado foi de subirrigação, no qual a solução nutritiva é inserida no leito de cultivo através de tubo transversal de PVC de 20,0 mm de diâmetro, com dois orifícios por bandeja. A solução nutritiva foi conduzida até a parte superior do leito de cultivo com o auxílio de uma bomba submersa, modelo S 520, com capacidade de vazão de 520 L h⁻¹. Após a instalação do sistema e antes do plantio das mudas, foi realizada lavagem da areia

em água durante cinco dias, de forma a reduzir a quantidade de materiais indesejados presentes na areia.

Para os experimentos foram utilizados três clones, denominados G5, B5 e AB6, os quais foram dispostos em fileiras nas bandejas, sendo cada fileira constituída por um clone, com quatro minicepas, no espaçamento de 10x10 cm, totalizando seis bandejas e vinte e quatro minicepas por clone. As mudas foram oriundas da propagação clonal, utilizando a técnica de miniestaquia, produzidas e fornecidas pela empresa TANAC S.A. As mudas foram plantadas em minijardim clonal, onde permaneceram com irrigações somente com água durante 10 dias, de modo a se adaptar as condições de cultivo. Posterior a esse período foi inserida a solução nutritiva (25, 50 e 75%), conforme descrito na Tabela 1.1. O sistema de irrigação foi acionado de duas a três vezes por dia, dependendo da época do ano, durante 15 minutos, com o auxílio de um controlador de tempo (Timer).

Tabela 1.1 - Componentes da solução nutritiva adaptada de Hoagland e Arnon

| Sal* | Quantidade de sal (g L ⁻¹) solução 25% | Quantidade de sal (g L ⁻¹) solução 50% | Quantidade de sal (g L ⁻¹) solução 75% |
|---------------------|--|--|--|
| Nitrato de potássio | 0,0910 | 0,182 | 0,2730 |
| Sulfato de magnésio | 0,0442 | 0,0886 | 0,1328 |
| Monoamôniofosfato | 0,0138 | 0,0276 | 0,0414 |
| Nitrato de cálcio | 0,1620 | 0,3240 | 0,486 |
| Ferro-EDTA | 1,50 mL | 3 mL | 4,50 mL |
| Micronutrientes | 0,15 mL | 0,3 mL | 0,648 mL |

*Nitrato de potássio - KNO₃; Sulfato de magnésio – MgSO₄.7H₂O; Monoamôniofosfato (MAP) – NH₄H₂PO₄; Nitrato de cálcio (calcinit) – Ca(NO₃)₂.4H₂O.

A solução nutritiva adaptada de Hoagland e Arnon (1950) contém a seguinte quantidade de nutrientes, em mg L⁻¹: 199,60 de N; 11,40 de P; 131,20 de K; 65,90 de Ca; 51,00 de Mg; 68,23 de S; 0,50 de B; 0,50 de Cu; 2,27 de Fe; 1,00 de Mn; 0,07 de Mo; 0,2 de Zn, adicionados por meio dos seguintes compostos: nitrato de potássio (KNO₃); sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O); monoamôniofosfato (NH₄H₂PO₄); nitrato de cálcio (Ca(NO₃)₂.4H₂O); ácido bórico (H₃BO₃); cloreto de manganês (MnCl₂.4H₂O); sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O); sulfato de cobre (CuSO₄.5H₂O); molibdato de sódio (Na₂MoO₄.2H₂O).

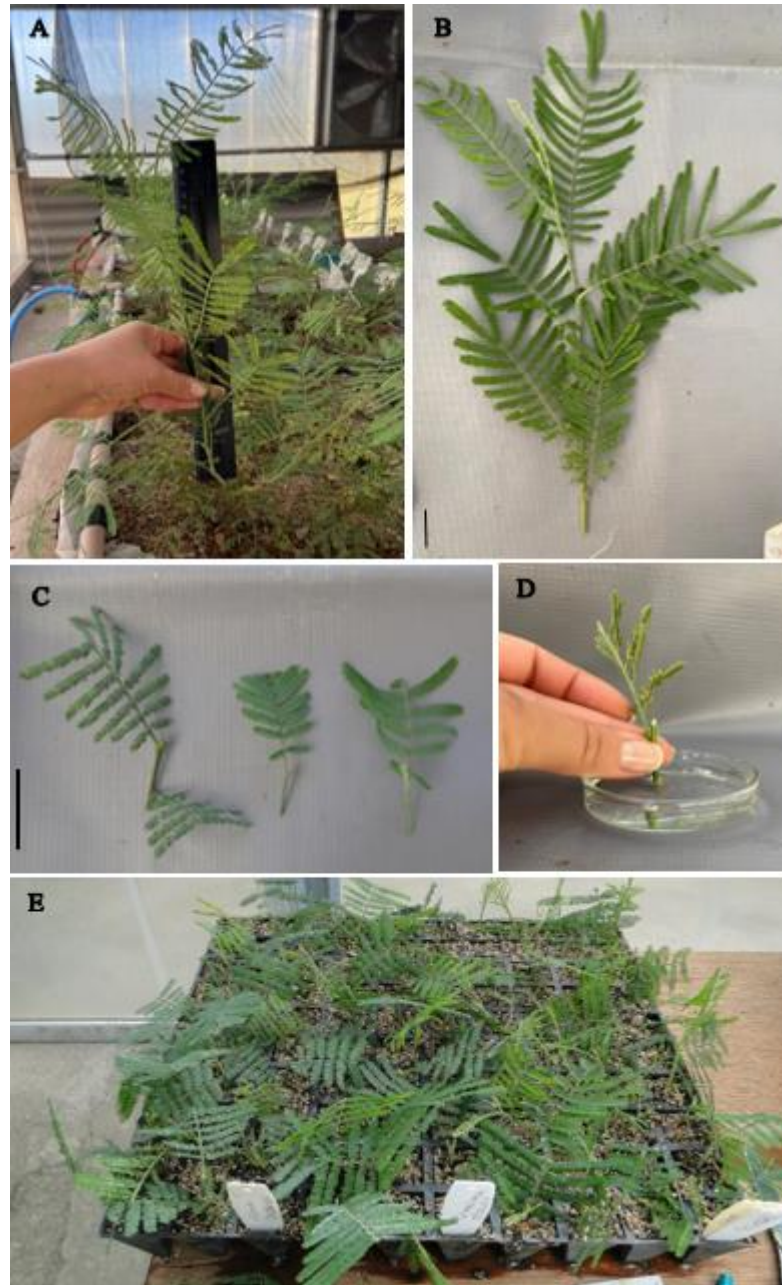
Os micronutrientes foram adicionados à solução nutritiva por meio de solução estoque, contendo $0,02 \text{ g L}^{-1}$ de molibdato de sódio; $2,86 \text{ g L}^{-1}$ de ácido bórico; $0,08 \text{ g L}^{-1}$ de sulfato de cobre; $1,81 \text{ g L}^{-1}$ de cloreto de manganês e $0,22 \text{ g L}^{-1}$ de sulfato de zinco. Utilizou-se ferro-EDTA, conforme descrito por Gamborg e Phillips, 1995). O pH da solução foi mantido entre 5,0 e 5,5, havendo necessidade, realizou-se o ajuste com a adição de ácido clorídrico ou hidróxido de sódio, ambos na concentração de 1M, e a condutividade elétrica em 1 dS m^{-1} , ajustada com o acréscimo de água ou substituição da solução nutritiva. O pH e a condutividade elétrica foram aferidos semanalmente.

A poda de formação ou poda drástica das minicepas ocorreu após trinta dias do plantio e foi utilizado como critério de padronização a presença de dois pares de folhas em cada minicepa. A poda de formação promoveu o crescimento e desenvolvimento das brotações laterais, as quais forneceram material vegetal para os experimentos de enraizamento. Foram realizadas três podas de formação antes da utilização das miniestacas para os experimentos.

As brotações coletadas das minicepas (Figuras 1.2A e 1.2B) tiveram suas folhas reduzidas em 50% da sua área original e foram seccionadas em miniestacas de uma gema, duas gemas e apical (Figura 1.2C). As miniestacas foram tratadas com uma solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB) por 10 segundos, nas concentrações de 0; 1000; 2000; 3000 e 4000 mg L^{-1} (Figura 1.2D). As miniestacas foram plantadas em bandeja de polietileno com 100 alvéolos com capacidade de 18 cm^3 , contendo substrato composto por substrato comercial a base de casca de pinus, vermiculita média e areia de granulometria grossa na proporção de 1:1:1 (v/v/v). O enraizamento ocorreu em câmara úmida automatizada com temperatura média de $32 \text{ }^\circ\text{C}$ e nebulização a cada 30 minutos por 10 segundos, entre às 7 e 19 horas. As avaliações das miniestacas foram realizadas aos 30 dias de cultivo para a porcentagem de sobrevivência e de enraizamento, número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes formadas por miniestaca.

Figura 1.2 - Brotação formada na minicepa (A) retirado (B) seccionado nos três tipos de miniestacas com duas gemas e uma gema e a apical, da esquerda para direita, com área foliar

reduzida em 50% (C) imersão da base da miniestaca em ácido indolbutírico (D) e as miniestacas plantadas em bandejas. Régua milimetrada de 30 cm. Barra=5 cm. Régua 30 cm



Fonte: A autora (2021).

O primeiro experimento avaliou a produtividade através da contagem do número de miniestacas produzidas por minicepa de cada clone, bem como pelo índice de produtividade de cada clone e concentrações de solução nutritiva. Foram contabilizados o número de miniestacas produzidas e enraizadas aos 30 dias em câmara úmida. Em seguida, foi realizado o cálculo do índice de produtividade (IP), a partir dos valores médios da produção de miniestacas por

minicepa (NM) e do enraizamento médio e decimal (EM) (ROCHA et al., 2015), por meio da equação: $IP = NM \times EM$. Neste experimento utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em bifatorial 3 x 3 (clones e concentrações de 25, 50 e 75% de sais da solução nutritivas) com três repetições, com número variado de miniestacas, entre 300 a 500 miniestacas por repetição, dependendo da produtividade das minicepas.

O segundo experimento avaliou miniestacas contendo uma gema (com aproximadamente 3 cm de comprimento), duas gemas (com aproximadamente 5 cm de comprimento) ou apical (com aproximadamente 3 cm de comprimento, contendo a gema apical e ao menos uma folha expandida), com solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB) na concentração de 2000 mg L⁻¹. Neste experimento utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em bifatorial 3 x 3 (clones e tipos de miniestaca), com três repetições, com número variado de miniestacas, entre 400 a 600 miniestacas por repetição, dependendo da produtividade das minicepas.

O terceiro experimento avaliou as concentrações de 0; 1000; 2000; 3000 e 4000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico, em miniestacas de duas gemas e apical. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em bifatorial 3 x 5 (clones e concentrações de AIB), com 3 repetições e número de miniestacas variado, entre 300 a 400 miniestacas por repetição, conforme a produtividade das minicepas.

O quarto experimento teve o objetivo de avaliar o efeito da época do ano, primavera, outono, inverno e verão, no enraizamento de miniestacas dos três clones de acácia-negra. Para tanto, foram utilizadas miniestacas de duas gemas e apical com AIB na concentração de 2000 mg L⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de covariância através do procedimento GLM do pacote estatístico *SAS OnDemand for Academics* (SAS, 2014). Quando constatada a existência de diferenças significativas em ao menos um dos fatores analisados e/ou suas interações, estes foram comparados pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de covariância não apresentou interação significativa entre as diferentes concentrações de solução nutritiva e os clones para o número de miniestacas produzidas e o índice de produtividade (Apêndices A1 e A4). Quando analisados isoladamente, foi observada diferença significativa para o índice de produtividade em função da concentração da solução

nutritiva (Apêndice A5 e Tabela 1.1). O índice de produtividade foi superior para a concentração de 75% da solução nutritiva, com média de 3,13 miniestacas, significativamente superior às concentrações de 25 e 50%, as quais apresentaram médias de 1,34 e 1,67, respectivamente. Entretanto, o índice de produtividade não foi influenciado pelos diferentes clones avaliados.

Tabela 1.2 - Número de miniestacas (NM) produzidas e o índice de produtividade (IP) para três concentrações de solução nutritiva e diferentes clones de acácia-negra

| Concentração de solução nutritiva (%) | NM | IP (%) |
|---------------------------------------|----------|--------|
| 25 | 14,44 a* | 1,34 b |
| 50 | 16,44 a | 1,67 b |
| 75 | 19,30 a | 3,13 a |
| Média | 16,73 | 2,05 |
| CV (%) | 62,32 | 97,17 |
| Clones | | |
| B5 | 18,08 a | 1,90 a |
| G5 | 16,88 a | 1,79 a |
| AB6 | 15,22 a | 2,44 a |
| Média | 16,72 | 2,04 |
| CV (%) | 63,08 | 103,55 |

*Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p=0,05$). CV= coeficiente de variação.

Já o número de miniestacas produzidas não foi influenciado significativamente por nenhum dos fatores testados (Apêndice A2). O número de miniestacas produzidas para as concentrações de 25, 50 e 75 % foram, em média, de 14,44; 16,44 e 19,30, respectivamente, independente do clone estudado. Já com relação aos clones, a maior média foi observada no clone B5, que produziu 18,08 miniestacas, seguido do clone G5 com 16,89 e do clone AB6 com 15,22 (Tabela 1.1). Desta forma, o aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva não influenciou o crescimento dos brotos nas minicepas de acácia-negra. Já para o índice de produtividade, que envolve tanto a produtividade de miniestacas quanto o enraizamento, ocorreu nas miniestacas provenientes das minicepas que foram submetidas a maior concentração da solução nutritiva.

Segundo Costa et al. (2013) a condição nutricional da minicepa é determinante para o enraizamento do propágulo e, por sua vez, para o processo de propagação clonal. Os micronutrientes e macronutrientes são responsáveis e estão presentes em todos os processos bioquímicos e fisiológicos das plantas, podendo a nutrição mineral do minijardim afetar

inclusive a qualidade das mudas produzidas. Além disso, a nutrição mineral afeta a quantidade de carboidratos, auxinas, entre outros compostos metabólicos que são fundamentais à indução e ao crescimento das raízes (CUNHA et al., 2009). Os carboidratos, por sua vez, contribuem para a formação de raízes, fornecendo energia e carbono necessários para as divisões celulares, o estabelecimento dos novos meristemas radiculares, a própria formação radicular (COSTA et al., 2013) e a velocidade de formação das raízes (ASSIS; FETTINI NETO; ALFENAS, 2004; HARTMANN et al., 2011). A nutrição mineral pode influenciar o enraizamento de duas formas, a primeira é em decorrência do vigor vegetativo da planta matriz e a segunda é a condição nutricional do propágulo coletado, isso porque a iniciação radicial é dependente de energia (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Nesse estudo foi possível verificar que os clones de acácia-negra apresentaram maior produtividade, com uso da solução concentrada a 75% da solução nutritiva. Isso pode ter ocorrido devido a maior disponibilidade de nutrientes e o armazenamento dos nutrientes nos ramos, o que favoreceu o enraizamento adventício. Assim para o cultivo em minijardim clonal dos clones de acácia-negra deve-se utilizar as seguintes quantidades de sais (g L^{-1}), nitrato de potássio (0,2730), Sulfato de magnésio (0,1328), Monoamôniofosfato (0,0414), Nitrato de cálcio (0,486), Ferro-EDTA 4,50 mL L^{-1} e 0,648 mL L^{-1} de micronutrientes.

O segundo experimento que avaliou o tipo de propágulo e os clones, na análise de covariância não apresentaram interação significativa para a porcentagem de sobrevivência, de enraizamento, número de raízes e comprimento das três maiores raízes, apresentada nos Apêndices A7, A10, A13, A16, respectivamente. Assim, os fatores foram avaliados isoladamente. Quanto aos tipos de propágulos os mesmos apresentam diferença significativa para a porcentagem de sobrevivência (Apêndice A8) e de enraizamento (Apêndice A11). As miniestacas de duas gemas e apical apresentaram a maior porcentagem de sobrevivência, enquanto, a miniestaca apical apresentou a maior porcentagem de enraizamento. O número e comprimento das três maiores raízes não foram significativas (Apêndices A14 e A17).

Os clones diferiram significativamente para a porcentagem de sobrevivência (Apêndice A9), de enraizamento (Apêndice A12), número de raízes (Apêndice A15) e comprimento das três maiores raízes (Apêndice A18 e Tabela 1.3). Os clones B5 e AB6 apresentaram maior porcentagem de sobrevivência e de enraizamento, ao passo que, os clones G5 e AB6 apresentaram maior número de raízes e maior comprimento de raiz.

Tabela 1.3 - Porcentagens de sobrevivência (SOB %) e enraizamento (ENR %), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR cm) em três tipos de propágulos e três clones de acácia-negra

| Tipo de propágulo | SOB (%) | ENR (%) | NR | C3MR (cm) |
|-------------------|----------|----------|---------|-----------|
| Uma gema | 22,52 b* | 8,87 b | 5,82 a | 2,14 a |
| Duas gemas | 33,06 a | 11,02 b | 7,53 a | 2,37 a |
| Apical | 31,92 a | 17,39 a | 5,64 a | 1,89 a |
| Média | 28,85 | 12,31 | 6,22 | 2,09 |
| CV (%) | 156,27 | 265,48 | 93,57 | 91,14 |
| Clones | | | | |
| B5 | 31,99 a | 12,23 ab | 4,59 b | 1,40 b |
| G5 | 22,28 b | 9,88 b | 6,70 ab | 2,73 a |
| AB6 | 31,99 a | 14,95 a | 7,48 a | 2,30 a |
| Média | 28,85 | 12,31 | 6,22 | 2,09 |
| CV (%) | 156,38 | 266,60 | 92,23 | 87,91 |

*Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey (p=0,05). CV= coeficiente de variação.

É possível que a influência do tipo de miniestaca sobre a sobrevivência e enraizamento seja devido ao fato que as auxinas, indutoras do processo de enraizamento, ocorrem, principalmente, no ápice caulinar, (FERREIRA et al., 2009). A presença de folhas é uma condição primordial para a produção de auxinas, cofatores de enraizamento e fotoassimilados (HARTMANN et al., 2011), indispensáveis enraizamento. Para *Eucalyptus benthamii* (BENIN et al., 2013), e em *Eucalyptus grandis x E. urophylla*, as médias superiores de enraizamento foram obtidas em miniestacas apicais com 10 cm de comprimento e folhas reduzidas à metade (SOUZA et al., 2013).

O tamanho da miniestaca pode afetar o potencial de enraizamento, devido à produção de auxina endógena, hormônio responsável pelo enraizamento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). Além disso, como as folhas são locais de síntese de carboidratos e auxinas, essas são essenciais para a sobrevivência e o enraizamento das miniestacas (VIGNOLO et al., 2014).

O terceiro experimento também não apresentou interação entres os fatores, concentração de AIB e clones, para porcentagem de sobrevivência, de enraizamento, número de raízes e comprimentos das três maiores raízes (Apêndices A19, A22, A25 e A28). As concentrações de AIB não interferiu na sobrevivência das miniestacas (Apêndice A20), assim como para o comprimento das três maiores raízes (Apêndice A29). Para o enraizamento adventício foi

significativo (Apêndice A23), sendo necessário o uso a partir de 2000 mg L⁻¹, e para maior número de raízes, que também foi significativo (Apêndice A26) o uso a partir de 3000 mg L⁻¹.

Para os clones a porcentagem de sobrevivência (Apêndice A21), de enraizamento (Apêndice A24) e comprimento das três maiores raízes (Apêndice A30) foram significativos, apenas para o número de raízes não houve diferença estatística (Apêndice A27). O clone AB6 apresentou as maiores porcentagens de sobrevivência e enraizamento e maior comprimento médio de raízes (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), número de raízes (NR) e comprimento médio das três maiores raízes (C3MR cm), tanto a nível de espécie, quanto a nível de clones de miniestacas de acácia-negra em diferentes concentrações ácido indolbutírico

| Concentração de ácido indolbutírico (mg L ⁻¹) | SOB (%) | ENR (%) | NR | C3MR (cm) |
|---|----------|----------|--------|-----------|
| 0 | 25,39 a* | 5,18 b | 2,50 b | 1,67 a |
| 1.000 | 23,49 a | 8,44 b | 3,00 b | 2,87 a |
| 2.000 | 23,96 a | 16,67 a | 3,48 b | 2,57 a |
| 3.000 | 17,36 a | 14,97 a | 6,20 a | 1,72 a |
| 4.000 | 20,37 a | 17,90 a | 6,52 a | 1,95 a |
| Média | 22,44 | 12,91 | 4,58 | 2,31 |
| CV (%) | 185,98 | 257,57 | 109,36 | 78,55 |
| Clones | | | | |
| B5 | 21,22 b | 9,59 b | 4,97 a | 1,87 b |
| G5 | 17,61 b | 12,23 ab | 3,17 a | 1,83 b |
| AB6 | 29,29 a | 17,51 a | 5,46 a | 2,96 a |
| Média | 22,43 | 12,91 | 4,58 | 2,31 |
| CV (%) | 184,98 | 258,91 | 111,70 | 77,35 |

*Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey (p=0,05). CV= coeficiente de variação.

As auxinas desempenham um papel central no enraizamento adventício (COSTA et al., 2013). Isso porque estão associadas ao crescimento e a alongação celular, promoção da formação de raízes laterais e adventícias (TAIZ; ZEIGER, 2017), entre outras funções. Assim um alto teor de auxina imediatamente após o corte pode resultar em um melhor enraizamento (COSTA et al., 2013). Ao aplicar auxina exógena em miniestacas, a concentração de auxina endógena atinge um pico após o ferimento (GATINEAU et al., 1997). Assim, a aplicação de auxina pode favorecer o processo rizogênico, contudo, esse processo pode depender da capacidade de auxina para desencadear a expressão genética, esse fato tem sido sugerido como

um ponto inicial e crítico na competência do enraizamento de cortes de haste *Pinus taeda* (GREENWOOD et al., 2001).

Em clones de *Eucalyptus grandis* a aplicação de 1.000 a 2.000 mg L⁻¹ de AIB proporcionou os melhores índices de enraizamento e sobrevivência de miniestacas (TITON et al., 2003). Para *E. cloeziana*, os clones com maior potencial de enraizamento adventício responderam às menores concentrações de AIB, enquanto, aqueles com menor capacidade de enraizamento dependeram de maiores concentrações de AIB (ALMEIDA et al., 2007). O enraizamento adventício em miniestacas de *E. benthamii* dependeu do material genético e da aplicação, sendo que a concentração de 2.000 mg L⁻¹ a que apresentou as maiores porcentagens de enraizamento (BRONDANI et al., 2014).

Em acácia-negra, miniestacas com 10 a 12 cm de comprimento de três clones foram testadas para sete concentrações de AIB (0; 1.000; 2.000; 3.000; 4.000; 5.000 e 6.000 mg L⁻¹) (ENGEL et al., 2017). Nesse estudo, aos 45 dias de cultivo a porcentagem de enraizamento não apresentou diferença significativa, sendo que o número de raízes foi maior com o uso da concentração de 6.000 mg L⁻¹ para dois clones e o terceiro não apresentou diferença significativa. O comprimento de raízes também apresentou diferença significativa apenas para esse terceiro clone, sendo que a menor média foi sem o uso de AIB (ENGEL et al., 2017). No estudo de Engel et al, (2017), também foram observadas diferenças de acordo com o material genético.

No quarto experimento não houve interação significativa entre as épocas de coleta e os clones para nenhum dos caracteres estudados (Apêndices A31, A34, A37 e A39), porém a época do ano afetou as porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número de raízes e o comprimento das três maiores raízes (Apêndices A32, A35, A38 e A40). Miniestacas coletadas no inverno apresentaram as maiores porcentagens de sobrevivência e enraizamento e número de raízes, contudo apresentaram o menor comprimento de raiz. O inverno e o verão propiciaram o maior número de raízes e a primavera e o verão foram as estações que resultaram no maior comprimento de raízes (Tabela 1.5). O efeito da época do ano, ou sazonalidade, na indução pode influenciar no enraizamento adventício dos propágulos vegetativos e pode ser determinante na clonagem comercial (HARTMANN et al., 2011).

Tabela 1.5 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR cm) de miniestacas de acácia-negra em épocas do ano de coleta e os clones

| Épocas de ano | SOB (%) | ENR (%) | NR | C3MR (cm) |
|---------------|-----------|---------|---------|-----------|
| Outono | 18,09 bc* | 4,43 b | 2,61 b | 1,93 b |
| Inverno | 31,66 a | 13,82 a | 5,51 ab | 2,10 b |
| Primavera | 14,10 c | 9,83 b | 4,11 b | 2,89 a |
| Verão | 19,61 b | 9,48 b | 6,86 a | 3,22 a |
| Média | 23,01 | 10,80 | 6,02 | 2,56 |
| CV (%) | 180,34 | 286,29 | 88,19 | 72,43 |
| Clones | | | | |
| B5 | 24,07 a | 9,32 b | 4,88 b | 2,00 b |
| G5 | 18,14 b | 9,30 b | 6,34 ab | 3,70 a |
| AB6 | 27,07 a | 14,21 a | 6,68 a | 3,74 a |
| Média | 23,01 | 10,80 | 6,02 | 2,56 |
| CV (%) | 182,29 | 286,74 | 89,33 | 72,20 |

*Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p=0,05$). CV= coeficiente de variação.

Assim, conhecendo-se as épocas mais favoráveis pode-se adotar estratégias de manejo do minijardim clonal, a fim de otimizar a produção de mudas de clones previamente selecionados. Para acácia-negra, os resultados desse estudo demonstram que o inverno proporcionou a maior porcentagem de sobrevivência e enraizamento, mas teve efeito negativo no comprimento das raízes. Outrossim, o verão proporcionou maior comprimento das raízes, com menor porcentagem de enraizamento. Em miniestacas de eucalipto, a temperatura influenciou o enraizamento de diferentes maneiras, sendo seu efeito variável de acordo com o clone e o tipo de minijardim clonal (CUNHA et al., 2019). Sendo consideradas como ideais para o processo de enraizamento, na maioria das espécies, temperaturas diurnas de 21 à 26 °C e noturnas entre 15 e 21 °C (HARTMANN et al., 2011). Para quatro genótipos de *Ilex paraguariensis* as melhores porcentagens de enraizamento foram verificadas nas épocas do outono e/ou inverno, e um dos genótipos avaliados (clone 06SM15) apresentou a maior capacidade rizogênica nas quatro épocas do ano (PIMENTEL et al., 2019).

Essa diferença da época do ano está relacionada, principalmente, a diferenças de temperatura e intensidade luminosa, evidenciadas, especialmente, em regiões subtropicais, como no Sul do Brasil, onde a acácia é produzida. Assim a temperatura pode apresentar efeito positivo, em temperaturas mais altas como, por exemplo, aumento da biossíntese de auxina via ativação do fator de transcrição (PROVENIERS; ZANTEN, 2013), ou negativo como inibição

do crescimento, devido às taxas respiratórias aceleradas e esgotamento das reservas (ZALESNY et al., 2005). Durante o outono e inverno, há menores temperaturas e menores valores de irradiância, assim, as baixas taxas de transpiração das plantas são menores (MARENCO; LOPES, 2005).

Apesar das condições de enraizamento serem controladas pelas condições ambientais, como efeito da época do ano ou sazonalidade, respostas distintas de enraizamento das miniestacas poderão ocorrer, principalmente, devido à variação entre genótipos (BORGES et al., 2011). Nesse caso a variação de genótipos é percebida, especialmente para um clone (AB6), que apresentou maior porcentagem de sobrevivência, de enraizamento, número e comprimento de raiz. Conforme Pimentel et al. (2019) para a produzir genótipos comercialmente são almejados materiais que apresentam altas taxas de multiplicação ao longo do ano, juntamente com elevadas porcentagens de enraizamento adventício.

A sobrevivência das miniestacas pode estar relacionada a excessiva perda de água das miniestacas nos meses mais quentes, o que é minimizado no inverno devido a menor temperatura e usualmente a maior umidade do ar. As condições do inverno também favoreceram o enraizamento adventícios dos clones de acácia-negra. Nesse período percebe-se menor senescência das folhas e diminuição das taxas de respiração, que pode favorecer o enraizamento. Em estacas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus dunnii* não houve qualquer diminuição de nutrientes nas estacas quando as plantas de estoque foram cultivadas a 18 °C, exceto para o boro em *C. citriodora* (TRUEMAN et al., 2013).

Há outros fatores que podem influenciar na sobrevivência das miniestacas, como o esgotamento das reservas acumuladas nos tecidos. Além disso, a sobrevivência pode estar relacionada à produção de carboidratos e complexos responsáveis pelo enraizamento e, ainda a condições ambientais favoráveis, como umidade e luz de forma equilibrada (FREITAS et al., 2017), e a seleção de genótipos ao enraizamento adventício. Quanto as condições ambientais, independente da técnica empregada, o controle de umidade e temperatura deve permitir o enraizamento dando assim condições de sobrevivência (HARTMANN et al., 2011).

O primeiro experimento indicou que os clones, no sistema utilizado, são requerentes quanto a nutrição, porque a concentração de 75% da solução nutritiva maximizou o índice de produtividade, ou seja, a relação da produção de miniestacas por minicepa e do enraizamento médio. Apesar da baixa taxa de enraizamento melhores resultados foram obtidos com propágulos de uma gema e apical como uso 2.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico, preferencialmente, no período que corresponde ao inverno.

O genótipo interfere drasticamente no enraizamento entre as espécies florestais. Portanto, quando se deseja produzir mudas a partir da propagação vegetativa é importante inserir no programa de melhoramento a seleção de genótipo para esta característica. No caso dos clones estudados o material propagado é de origem de plantas adultas que foram selecionadas para diâmetro à altura do peito (DAP), sobrevivência, baixa incidência de gomose e caracteres referentes à qualidade e à produtividade de taninos, celulose e peso seco da madeira. Outro fator que pode influenciar a baixa taxa de enraizamento desses clones é a idade ontogenética das plantas fornecedoras dos propágulos, uma vez que esses genótipos foram resgatados do campo.

CONCLUSÕES

A concentração de 75% da solução nutritiva deve ser utilizada para maximizar a produtividade de miniestacas. Miniestacas apical e de duas gemas tratadas com 2000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico favoreceram o enraizamento adventício. A coleta de miniestacas no inverno teve efeito positivo para o enraizamento dos clones de acácia-negra.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.
- ASSIS, T. F.; FETTINI-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTERS, C.; CARSON, M. (ed.) *Plantation Forest Biotechnology for the 21st century*. Kerala: **Research Signpost**, v. 1, p. 303-333, 2004.
- BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 421 - 428, 2013.
- BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; MELO, L. A. de; ROSADO, A. M. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- BRONDANI, G. E.; BACCARIN, F. J. B.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. de. Nutritional content in *Eucalyptus benthamii* mini-stump leaves. **Acta Scientiarum**, v. 36, n.

4, p. 465-474, 2014.

CARVALHO, P. E. R. *Acacia mearnsii* (**Acácia-negra**). Instrução técnica, Embrapa, 1999.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; PAIVA, H. N. de; BARROS, N. F. de; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 591-599, 2009.

CUNHA, A. C. M. C. M. D.; PAIVA, H. N. D.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. D.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 195-203, 2009.

DA COSTA C.T.; DE ALMEIDA M. R.; RUEDELL C.M.; SCHWAMBACH J, MARASCHIN F.S; FETT-NETO A.G. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Front Plant Sci.**, v. 4, n. 133, p. 1-19, 2013.

DE ALMEIDA, M.R., AUMOND, M., DA COSTA, SCHWAMBACH, J; RUEDELL, C. M.; CORREA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Environmental control of adventitious rooting in *Eucalyptus* and *Populus* cuttings. **Trees**, v. 31, p. 1377–1390, 2017.

ENGEL, M. L.; HIGA, A. R.; ALCANTARA, G. B. de; FLÔRES JUNIOR, P. C.; SOARES, I. D. Enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Acacia mearnsii* De Wildeman com aplicação de AIB. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23, p. 08-17, 2017.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2005, 221p.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; KOEHLER, H. S. Metodologias de aplicação de AIB no enraizamento de estacas semilenhosas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.2, p.196-201, 2009.

FERRIANI, A. P; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro**, v. 4, n. 2, p 102-109, 2010.

FREITAS, T. A. S.; PIMENTA, D. A. L.; MENDONÇA, A. V. R. Enraizamento de miniestacas de *Enterolobium contortisiliquum* em garrafas PET. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 3, 2017.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 2 - Solução Nutritiva**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em: 22/5/2021.

GAMBORG, O.L.; PHILLIPS, G.C. **Plant cell, tissue and organ culture: fundamental methods**. Germany: Springer, 1995. 359p.

GATINEAU, F., FOUCHÉ, J., KEVERS, C.; HAUSMAN, J.F.; GASPAR, T. Quantitative variations of indolyl compounds including IAA, IAA-aspartate and serotonin in walnut microcuttings during root induction. **Biologia Plantarum**, v. 39, p. 131–137, 1997.

GREENWOOD, M. S., CUI, X.; XU, F. Response to auxin changes during maturation-related loss of adventitious rooting competence in loblolly pine (*Pinus taeda*) stem cuttings. **Physiol. Plant.** v. 111, p.373–380, 2001.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; JUNIOR DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Englewood Clippis, 2011. 900p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: **California Agricultural Experimental Station**, 1950. 347 p.

KLOPOTEK Y, GEORGE E, DRUEGE U & KLAERING HP. Carbon assimilation of petunia cuttings in a non-disturbed rooting environment: Response to environmental key factors and adventitious root formation. **Scientia Horticulturae**, v. 16, p.145:118, 2012.

KONZEN, E. R.; BERGONCI, T.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas por propagação vegetativa. In. ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHON, L. A. (Org.). **Propagação de sementes e mudas: um enfoque a silvicultura**, Santa Maria: Ed. UFSM. 2018, 448p

LORENZI, H., BACHER, L. B., TORRES, M. A. V. **Árvores e arvoretas exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2018.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 1997. 200p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 451 p.

MORAES, D. G. de; BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. de A.; SILVA, T. R. C.; FREITAS, T. A. S. de. Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares juvenis de *Toona ciliata* M. Roemer. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 47 – 54, 2014.

PIMENTEL, N.; LENCINA, K.H.; KIELSE, P.; RODRIGUES, M.B.; SOMAVILLA, T.M.; BISOGNIN, D.A. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 559-570, 2019.

PIZZATTO, M.; JÚNIOR, A. W.; LUCKMANN, D. PIROLA, K.; CASSOL, D. A.; MAZARO, S. M. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, 2011.

POP, T. I.; PAMFIL, D.; BELLINI, C. Auxin control in the formation of adventitious roots. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanica Cluj-Napoca, Cluj-Napoca**, v. 36, n. 1, p.307-316, 2011.

PROVENIERS, M. C.G.; ZANTEN, M. High temperature acclimation through PIF4 signaling. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 2, p. 59-64, 2013.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M. R.; SANTOS, A. J. M.; GODINHO, T. de O. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone

híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015.

SAS Institute Inc. *SAS® OnDemand for Academics: User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2014. 148 p.

SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; LEITE, H. G. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* S. T. Black. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 67-77, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 954p.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003.

TRUEMAN SJ; MCMAHON, TV; BRISTOW, M. Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalypts, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **New For**, v. 44, p. 265–279, 2013.

VIGNOLO, G. K.; PICOLOTTO, M. L.; GONÇALVES, M. A.; PEREIRA, I. S.; ANTUNES, L. E. C. Presença de folhas no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 467-472, 2014.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-do-mato por miniestaqueia a partir de propágulos juvenis. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas**. 2. ed., Viçosa: Ed. UFV, p.279, 2013.

ZALESNY, R. S.; RIEMENSCHNEIDER, Don E.; HALL, R. B. Enraizamento precoce de cortes de madeira dormente de *Populus*: análise da genética quantitativa e do genótipo × interações ambientais. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 35, n. 4, p.918-929, 2005.

4 CAPÍTULO II

RESUMO

TIPO DE PROPÁGULO E CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE PROGÊNIES DE ACÁCIA-NEGRA

O objetivo deste trabalho foi avaliar o tipo de propágulo e a concentração de ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas de progênies de acácia-negra. As miniestacas foram coletadas de minicepas oriundas de mudas seminais de 13 progênies de meios-irmãos. Miniestacas de gema única, duas gemas e a apical foram tratadas com as concentrações de 0, 1.000, 2.000, 3.000 e 4.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico. As miniestacas foram avaliadas quanto as porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número de raízes e o comprimento das três maiores raízes formadas aos 30 dias de cultivo em câmara úmida. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições de número variável de miniestacas. Miniestacas apical e de uma gema tratadas com 2.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico apresentaram a maior competência ao enraizamento adventício, podendo ser utilizadas para a produção de mudas clonais de acácia-negra.

Palavras-chave: *Acacia mearnsii*. Propagação vegetativa. Miniestaquia.

INTRODUÇÃO

A acácia-negra está entre as três espécies mais plantadas do Brasil, com importância, principalmente, para o setor madeireiro no Rio Grande do Sul (MURARI, 2005). Contudo, quando comparada as outras duas espécies mais plantadas, sobretudo, espécies do gênero *Eucalyptus*, pouca informação se tem sobre as técnicas de manejo e produção comercial de mudas. O melhoramento genético e os tratamentos silviculturais atuam no sentido de possibilitar ganhos em produção, os quais podem ser viabilizados por meio da propagação vegetativa.

A propagação vegetativa por miniestaquia possibilita atingir maiores taxas de multiplicação e qualidade, quando comparada com a produção de mudas realizada por sementes, especialmente as não melhoradas como é o caso da acácia-negra. Engel et al. (2019) afirmam que técnicas de propagação de acácia-negra almejando sua silvicultura clonal em larga escala tem sido uma meta a ser atingida. Porém, para a propagação vegetativa é necessário competência para desenvolver as raízes adventícias de forma eficiente, sendo este um processo complexo, multifatorial e frequentemente o principal fator limitante para a clonagem de espécies (DE ALMEIDA et al., 2017). Entre os fatores que influenciam no enraizamento,

destacam-se, o tipo de propágulo, o uso de reguladores de crescimento, os quais vão refletir diretamente ou indiretamente no enraizamento adventício.

O tipo de propágulo utilizado para o enraizamento representa uma questão importante para definir a melhor forma de propagação, podendo facilitar a rizogênese e potencializar a produção (MORAES et al., 2014). Além disso, a formação de raízes adventícias pode ser afetada pelo uso de auxina, como o ácido indolbutírico (AIB). Isso porque o uso de auxina exógena no propágulo ocorre com o transporte polar no caule cortado causando o seu acúmulo, resultante da ativação das células do câmbio, seguida da formação dos primórdios radiculares (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). A aplicação de exógena pode promover maior percentagem, velocidade, qualidade e uniformidade no enraizamento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005; HARTMANN et al., 2011). A interferência desses fatores ocorre em razão que a formação de primórdios e a emergência e o crescimento das raízes é fortemente controlada por um programa de desenvolvimento envolvendo a reprogramação de células específicas, a iniciação e divisão celular resultando no sistema radicial (LAKEHAL; BELLINI, 2019).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o tipo de propágulo e a concentração de AIB no enraizamento adventício de miniestacas de acácia-negra coletadas em minicepas de origem seminal.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação climatizada e câmara úmida do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, Departamento de Fitotecnia, com latitude de 29°43'21,4"S e longitude 53°43'11,4"W, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

O minijardim clonal consistiu em um sistema fechado de cultivo sem solo. O minijardim foi construído com duas telhas de fibrocimento de 6 mm de espessura, suspensas em cavaletes, com aproximadamente, a qual possuía em torno de 5% de declividade, a fim de permitir a correta drenagem do sistema. Foi colocada cerca de 5 cm de brita basáltica de granulometria média (3 cm) nas bandejas com intuito de auxiliar na drenagem da solução nutritiva. Sobre a brita foi colocado uma tela fina (1 mm) de *Nylon* e sobre a tela, uma camada de areia peneirada de granulometria grossa, até atingir a borda superior da bandeja, cerca de 8 a 10 cm.

Ao sistema foi fornecida a nutrição adaptada de Hoagland e Arnon (1950), que contém as seguintes quantidades de nutrientes, em mg L^{-1} : 199,60 de N; 11,40 de P; 131,20 de K; 65,90 de Ca; 51,00 de Mg; 68,23 de S; 0,50 de B; 0,50 de Cu; 2,27 de Fe; 1,00 de Mn; 0,07 de Mo; 0,2 de Zn, adicionados por meio dos seguintes compostos: nitrato de potássio (KNO_3); sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); monoamôniofosfato ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$); nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$); ácido bórico (H_3BO_3); cloreto de manganês ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$); sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); molibdato de sódio ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Os micronutrientes foram adicionados à solução nutritiva por meio de solução estoque, contendo $0,02 \text{ g L}^{-1}$ de molibdato de sódio; $2,86 \text{ g L}^{-1}$ de ácido bórico; $0,08 \text{ g L}^{-1}$ de sulfato de cobre; $1,81 \text{ g L}^{-1}$ de cloreto de manganês e $0,22 \text{ g L}^{-1}$ de sulfato de zinco. O pH da solução foi mantido entre 5,5 e 5,8, e a condutividade elétrica em $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, ambos ajustados semanalmente.

As mudas utilizadas para o estabelecimento do minijardim foram de origem seminal, com 25 cm de altura e pelo menos 2,0 mm de diâmetro do coleto. As sementes foram postas para germinar em abril de 2019, ficando seis meses em viveiro até serem colocadas no minijardim clonal em novembro de 2019. Foram utilizadas 13 progênies de acácia-negra, denominadas 19SMA5, 19SMA10, 19SMA14, 19SMA17, 19SMA18, 19SM852A, 19SM852G, 19SM852I, 19SM231A, 19SM102B, 19SMJCCS, 19SM405C e 19SM782E, com 50 genótipos de cada uma. Após a aclimatização e o estabelecimento das mudas, aproximadamente de 30 dias após o plantio, foi realizada a primeira poda de formação, para a indução do desenvolvimento e crescimento e das brotações laterais e uniformização das minicepas. Após, aproximadamente, 30 dias, as brotações formadas foram coletadas das minicepas, com nova decepa acima da primeira gema. As brotações foram seccionadas em miniestacas de uma gema (com aproximadamente 3 cm de comprimento), duas gemas (com aproximadamente 5 cm de comprimento) ou apical (com aproximadamente 3 cm de comprimento, contendo a gema apical e ao menos uma folha expandida), com a área foliar reduzida a 50% da superfície original. As coletas utilizadas para a realização dos experimentos foram realizadas de dezembro de 2020 a maio de 2021.

No primeiro experimento testou-se os tipos de miniestaca de uma gema, duas gemas e apical. As miniestacas foram tratadas com solução hidroalcoólica de AIB na concentração de 2.000 mg L^{-1} . No segundo experimento testou-se as concentrações de AIB de 0; 1.000; 2.000; 3.000 e 4.000 mg L^{-1} em miniestacas de uma gema e apical.

As miniestacas foram cultivadas em bandejas de polietileno de 100 alvéolos, contendo igual proporções de substrato à base de casca de pinus, vermiculita média e areia de

granulometria grossa (1:1 v/v) (PIMENTEL et al., 2017). O enraizamento ocorreu em câmara úmida automatizada com temperatura média de 32 °C e nebulização a cada 30 minutos por 10 segundos, entre às 7 e 19 horas. Aos 30 dias de cultivo em câmara úmida, as miniestacas foram avaliadas quanto às porcentagens de sobrevivência e de enraizamento, o número de raízes, o comprimento médio das três maiores raízes (cm). As miniestacas foram consideradas enraizadas quando apresentavam, pelo menos, uma raiz adventícia de comprimento igual ou superior a 0,1 cm.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições e número de miniestacas variado de 500 a 1300 miniestacas por repetição, conforme a produtividade das minicepas. As repetições do experimento referente ao tipo de propágulo ocorreram no primavera e verão, e as repetições do experimento com diferentes concentrações de AIB ocorreram nos meses referentes as estações outono e inverno. Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto à sua normalidade, efetuando-se transformação, quando necessário. Os dados foram submetidos à análise de variância através do *SAS OnDemand for Academics* (SAS, 2014). Quando constatada a existência de diferenças significativas em ao menos um dos fatores analisados e/ou suas interações, estes foram comparados pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tipo de propágulo afetou as porcentagens de sobrevivência e enraizamento e o número de raízes (Apêndice B1, B2 e B3, respectivamente), porém não afetou o comprimento das três maiores raízes (Apêndice B4) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR) de miniestacas de acácia-negra com diferentes tipos de propágulo

| Tipo de propágulo | SOB (%) | ENR (%) | NR | C3MR (cm) |
|-------------------|----------|---------|---------|-----------|
| Uma gema | 67,82 b* | 55,65 b | 5,98 a | 1,55 a |
| Duas gemas | 62,65 b | 45,78 b | 5,71 ab | 1,85 a |
| Apical | 78,57 a | 73,52 a | 4,74 b | 1,55 a |
| Média | 70,50 | 59,78 | 5,35 | 1,61 |
| CV (%) | 64,16 | 79,99 | 76,25 | 94,49 |

*Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

Miniestaca apicais tiveram a maior porcentagem de sobrevivência e de enraizamento, com 78,57 e 73,52%, respectivamente. O tipo de miniestaca com maior número de raízes foi a de uma gema, com 5,98 raízes, mas não diferiu de duas gemas com 5,71 raízes. O tamanho e o número de folhas e gemas mantidas na miniestaca podem afetar o potencial de enraizamento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005) em função de serem o local de síntese de auxina, fitormônio essencial para o enraizamento (TAIZ; ZEIGER, 2017). Além das auxinas, são necessárias os co-fatores do enraizamento, que atuam sinergicamente com as auxinas, que são também sintetizados em gemas e folhas jovens e, em maior quantidade, em estacas provenientes de plantas jovens (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005). Portanto, a presença de área foliar é uma condição primordial para a produção de auxinas, cofatores de enraizamento e fotoassimilados (HARTMANN et al., 2011).

A composição química do tecido varia ao longo do ramo e devido a isso, miniestacas provenientes de diferentes porções do mesmo tendem a diferir quanto ao enraizamento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). Nesse sentido, miniestacas apicais podem apresentar maior enraizamento em função do local de síntese ser no ápice caulinar e do gradiente hormonal do ramo, que devido ao menor tamanho podem apresentar maiores concentrações de auxina endógena (FERREIRA et al., 2009; TAIZ; ZEIGER, 2017). Em estacas semilenhosas, maiores percentuais de enraizamento são obtidos com a porção mais apical, o que pode ser atribuído a uma maior concentração de promotores do enraizamento, pela proximidade dos sítios de síntese e à menor diferenciação dos tecidos (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005).

Em *Ilex paraguariensis* miniestacas de gema única não diferiram da apicais quanto a competência ao enraizamento adventício (PIMENTEL et al., 2021). Neste trabalho, apesar das miniestacas de gema única apresentarem uma menor porcentagem de enraizamento, as mesmas tiveram um maior número de raízes, o que pode ser uma vantagem para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas no campo. Além disso, a utilização de miniestacas de gema única aumentam a taxa de multiplicação de uma minicepa, por não serem descartadas quando as brotações são seccionadas.

No segundo experimento, as concentrações de AIB não apresentaram diferença significativa para a porcentagem de sobrevivência (Apêndice B5), porém para a porcentagem de enraizamento (Apêndice B6), o número de raízes (Apêndice B7) e o comprimento das três maiores raízes (Apêndice B8) houve diferença significativa. Com relação a porcentagem de enraizamento, a aplicação de AIB estimulou o enraizamento adventício das miniestacas de

acácia-negra, independente da concentração. Já, o comprimento das três maiores raízes foi favorecido pelo uso de 1.000 e 2.000 mg L⁻¹ (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Porcentagem de sobrevivência (SOB%), de enraizamento (ENR%), Número de raízes (NR) e Comprimento das três maiores raízes (C3MR cm) de miniestacas de acácia-negra com diferentes concentrações de AIB

| Concentrações de AIB (mg L ⁻¹) | SOB (%) | ENR (%) | NR | C3MR (cm) |
|--|---------|----------|---------|-----------|
| 0 | 79,66 a | 9,32 b * | 1,82 b* | 0,56 b* |
| 1.000 | 81,69 a | 38,49 a | 4,17 ab | 1,23 a |
| 2.000 | 75,79 a | 36,53 a | 5,00 a | 1,11 a |
| 3.000 | 73,48 a | 37,67 a | 4,78 a | 0,70 b |
| 4.000 | 71,69 a | 45,28 a | 5,16 a | 0,63 b |
| Média | 76,53 | 32,96 | 4,60 | 0,88 |
| CV (%) | 55,29 | 137,55 | 92,84 | 117,77 |

*Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey (p=0,05).

Considerando a importância de formação de um adequado sistema radicial, em número e comprimento, além da porcentagem de enraizamento, as concentrações de 1000 e 2000 mg L⁻¹ podem ser utilizadas para a propagação vegetativa de acácia-negra de origem seminal. Concentrações superiores a 3000 mg L⁻¹, embora favoreçam o número de raízes formadas, não apresenta benefícios para o crescimento das raízes. Como foram coletadas brotações de 650 genótipos de acácia-negra, é possível que algum clone em desenvolvimento possa responder a uma maior concentração de AIB em termos de porcentagem de enraizamento, porém considerando o número de raízes formadas já seria um indicativo geral de utilização da concentração de 2000 mg L⁻¹.

A importância das auxinas no enraizamento pode ser resumida pela sua ação na formação de raízes adventícias, na ativação das células do câmbio e na promoção do crescimento das plantas (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; 2005). O AIB pode ser aplicado, de maneira exógena, para facilitar o enraizamento, pois é mais eficiente na promoção de raízes em miniestacas de espécies florestais (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). A aplicação de auxina também foi descrita para aumentar a translocação das folhas de fotoassimilados e a quantidade de açúcar no local do desenvolvimento das raízes adventícias (AGULLO-ANTON et al., 2011).

Com relação a concentração, a auxina é variável entre espécies e entre genótipos, a exemplo do gênero *Eucalyptus*. Para *Eucalyptus benthamii* a concentração de 2.000 mg L⁻¹

apresentou maiores porcentagens de enraizamento (BRONDANI et al., 2014). Já para *E. cloeziana*, os genótipos apresentaram diferença significativa da concentração de AIB, sendo que para os clones com maior potencial de enraizamento adventício responderam às menores concentrações de AIB, e os com menor capacidade de enraizamento dependeram de maiores concentrações de AIB (ALMEIDA et al., 2007). Para clones híbridos de *E. globulus* os resultados da aplicação de AIB, foram de 58,3 a 100% de enraizamento (BORGES et al., 2011).

Uma das vantagens da técnica de miniestquia, pois permite a utilização de propágulos juvenis, é a obtenção de um material mais responsivo ao enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2011), solucionando problemas de recalcitrância de material adulto. O uso de miniestacas apicais favoreceram a porcentagem de enraizamento apesar de apresentarem menor número de raízes aos 30 dias de enraizamento. A fim de utilizar material fornecido deve-se utilizar miniestaca com uma gema além das apicais. O uso de AIB maximizou o enraizamento, a concentração de 2.000 mg L⁻¹ apresentou conjuntamente melhor porcentagem de enraizamento, número de comprimento das raízes.

CONCLUSÕES

A acácia-negra pode ser propagada vegetativamente a partir de miniestacas apicais e de gema única tratadas com 2.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico.

REFERÊNCIAS

- AGULLO-ANTON, M. A.; SANCHEZ-BRAVO, J.; ACOSTA, M., AND DRUEGE, U. Auxins or sugars: what makes the difference in the adventitious rooting of stored carnation cuttings? **J. Plant Growth Regul.** v. 30, p. 100–113, 2011.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- BORGES, S. R., XAVIER, A., OLIVEIRA, L. S. DE, MELO, L. A. de e Rosado, A. M. Enraizamento de clones híbridos de clones de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- BRONDANI, G. E.; BACCARIN, F. J. B.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. de. Nutritional content in *Eucalyptus benthamii* mini-stump leaves. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 4, p. 465-474, 2014.

- DE ALMEIDA, M.R., AUMOND, M., DA COSTA, SCHWAMBACH, J; RUEDELL, C. M.; CORREA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Environmental control of adventitious rooting in *Eucalyptus* and *Populus cuttings*. **Trees**, v. 31, p. 1377–1390, 2017.
- ENGEL, M. L.; ALCANTARA, G. B.; FLÔRES JUNIOR, P. C; HIGA, A. R. Indução de brotações em matrizes de *Acacia mearnsii* De Wildeman em relação a idades e quatro estações do ano. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 122, p. 235-244, 2019.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2005, 221p.
- FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; KOEHLER, H. S. Metodologias de aplicação de AIB no enraizamento de estacas semilenhosas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n.2, p.196-201, 2009.
- GAZZANA, D.; PIMENTEL, N.; LOHMANN, G. T.; MACULAN, L. G.; BISOGNIN, D. A. Vegetative propagation of mate from shoot cuttings induced by coppicing of selected plants. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p. 1849-1860, 2020.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; JUNIOR DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Englewood Clippis, 2011. 900p.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: **California Agricultural Experimental Station**, 1950. 347 p.
- LAKEHAL, A.; BELLINI, C. Control of adventitious root formation: insights into synergistic and antagonistic hormonal interactions. **Physiologia Plantarum**, v.165, n.1, p. 90-100, 2019.
- MORAES, D. G. de; BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. de A.; SILVA, T. R. C.; FREITAS, T. A. S. de. Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares juvenis de *Toona ciliata* M. Roemer. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 47 – 54, 2014.
- MURARI, A. B. **Levantamento populacional de Scolytidae (Coleoptera) em povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild) – Dissertação (Engenharia Florestal)**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005, 79 p.
- PIMENTEL, N.; LENCINA, K. H.; PEDROSO, M. F.; SOMAVILLA, T. M.; BISOGNIN, D. A. Morphophysiological quality of yerba mate plantlets produced by mini-cuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.6, p. 3515-3528, 2017.
- PIMENTEL, N., GAZZANA, D., SPANEVELLO, J. de F.; LENCINA, K. H.; BISOGNIN, D. A. Effect of mini-cutting size on adventitious rooting and morphophysiological quality of *Ilex paraguariensis* plantlets. **J. For. Res.** V. 32, p. 815–822, 2021.
- SAS Institute Inc. *SAS® OnDemand for Academics: User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2014. 148 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 954p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas.** 2. ed. Viçosa: Ed. UFV. 2013. 279 p.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a importância da cultura acácia-negra para o Rio Grande do Sul, e que há necessidade de otimizar as técnicas de propagação vegetativa para a produção de mudas clonais com qualidade em larga escala, foram realizados experimentos para testar fatores que afetam o enraizamento adventício das miniestacas. Para isso, este estudo foi dividido em dois capítulos, sendo no primeiro avaliado a propagação vegetativa de três clones e no segundo capítulo, experimentos com genótipos de 13 progênes de meios-irmãos de acácia-negra.

Quanto aos clones, esses são exigentes em relação a nutrição, considerando que a concentração de 75% da solução nutritiva maximizou o índice de produtividade. Obteve-se baixa taxa de sobrevivência no sistema implementado, que pode ser consequência de os clones terem apresentado um comportamento recalcitrante ao enraizamento das miniestacas. Apesar da baixa taxa de enraizamento, os propágulos de uma gema e apical devem ser utilizados, assim como 2.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico, preferencialmente no período que corresponde ao inverno.

No segundo capítulo, os índices de sobrevivência e de enraizamento foram consideravelmente melhores, miniestacas oriundas das minicepas de genótipos 13 progênes de acácia-negra. Os melhores resultados foram obtidos também com as miniestacas formadas com os propágulos apical, contudo, deve utilizar miniestacas com uma gema, a fim de maximizar uso do material vegetal, sendo que ambos tipos de miniestaca requerem a aplicação de 2.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico.

Tanto para os clones quanto para o material oriundo das progênes de acácia-negra, o propágulo apical propiciou maior porcentagem de enraizamento. Assim, esse tipo e propágulo deve ser utilizado, independente da origem da minicepa. De fato, a parte apical da brotação tem sido descartada no preparo da miniestaca e também tem sido utilizada miniestaca de duas ou mais gemas. Portanto, estes resultados são contraditórios as práticas que vêm sendo utilizadas na propagação clonal da acácia-negra e, portanto, adequações devem ser realizadas a fim de maximizar a taxa de multiplicação e a produção massal de mudas. A aplicação de reguladores vegetais estimulou à indução radicial, sendo necessário sua aplicação para propiciar o enraizamento adventício. Considera-se o uso de 2.000 mg L⁻¹ de AIB suficiente para maximizar esse processo, pois nos experimentos com progênes foram avaliados 650 genótipos de acácia-negra de 13 progênes, o que é muito representativo para o comportamento da espécie. Também existe a possibilidade que em alguns clones selecionados possa ser utilizada uma menor

concentração de AIB ou até mesmo obter uma alta porcentagem de enraizamento sem a aplicação de auxina em alguns clones, o que depende de trabalhos futuros de melhoramento genético para a seleção desses clones.

Conforme a literatura, a idade ontogenética da planta é um dos fatores que pode influenciar as respostas de enraizamento adventício. Enquanto, plantas de origem clonal, oriundas de plantas adultas selecionadas a campo resultaram em porcentagens de enraizamento que não superaram os 20%, plantas de origem seminíferas proporcionaram enraizamento de em média 45%, podendo atingir 73,52% com miniestacas apicais. Isso sugere que novos estudos sejam realizados buscando desvendar outros fatores que influenciam na capacidade de enraizamento das miniestacas de acácia-negra, a fim de maximizar a propagação vegetativa por miniestaquia.

A diferença da porcentagem de enraizamento entre os tipos de miniestaca e entre os genótipos das progênes de meios-irmãos (média acima de 70% em miniestacas apicais) e os clones (não superam 20% de miniestacas enraizadas) confirmam o fato que o componente genético tem forte influência no processo rizogênico. Ainda, a seleção dentro e entre as progênes avaliadas tem possibilidade de identificar genótipos com alta competência ao enraizamento adventício para serem utilizados no desenvolvimento de clones para a propagação vegetativa por miniestaquia. Uma vez que mesmo a média de todos os genótipos já viabilizaria a produção comercial de mudas, o que não é possível afirmar com a média de enraizamento dos três clones avaliados. Assim, estudos de seleção de genótipos com capacidade de enraizamento adventício devem ser realizados, com objetivo de produzir mudas clonais de forma massal e com alta qualidade morfofisiológica.

REFERÊNCIAS

- ABRS. **Flora of Australia** - Mimosaceae Acacia part 1. Commonwealth of Australia, CSIRO Publishing, vol. 11, 2001.
- ALCANTARA, G. B. de.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; RIBAS, K. C. Z.; OEHLER, H. S. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p.399-404, 2007.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.
- ANUSZ, L. Acacia negra e tanino. In: OLIVEIRA, H. A. de. **Acácia negra e tanino no Rio Grande do Sul**. Associação Brasileira de acacicultores, 1960.
- ARAÚJO, E. F.; GIBSON, E. L.; SANTOS, A. R. dos; GONÇALVES, E. de O.; WENDLING, I.; ALEXANDRE, R. S.; POLA, L. A. V. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **CERNE**, v. 25, n. 3, p. 314-325, 2019.
- ARAÚJO, M. J. D., DIAS, D. D. C., SCARPINATI, E. A., PAULA, R. C. D. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.50, n.10, p. 923-931, 2015.
- ATTIAS, N.; SIQUEIRA, M. F.; BERGALLO, H. de G. Acácias australianas no Brasil: histórico, formas de uso e potencial de invasão. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 74-96, 2013.
- Atlas of Living Australia. Disponível em:
<<https://biocache.ala.org.au/occurrences/search?q=qid:1607274926433>>. Acesso em: dez. 2020.
- AUER, C. G.; SILVA, R. Fixação de nitrogênio em espécies arbóreas. In: CARDOSO, E. J. et al. **Microbiologia do solo**. Campinas: Ed. da UNESP, p.160–167, 1992.
- BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; MENDEN, N. Aboveground and belowground interactions in mixed plantations of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Canadian Journal of Forest Research**, v.30, p. 1886-1894, 2000.
- BEECKMAN, T.; DE SMET, I. Pericycle. *Current Biology*. v. 24, n. 10, p.378-379, 2014.
- BORGES, S. R.; XAVIER, A. OLIVEIRA, L. S. de; MELO, L. A. de; ROSADO, A. M. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.425-434, 2011.
- BOTIN, A. A.; CARVALHO, A. D. Reguladores de crescimento na produção de mudas florestais. **Ciências Agroambientais**, v.13, n.1, p.83-96, 2015.

BRONDANI, G. E.; BACCARIN, F. J. B.; BERGONCI, T.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. de. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, aib, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2014.

BRONDANI, G. E.; BENEDINI, F. J.; ONDAS, H. W. de Wit; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. de. Avaliação morfológica e produção de minijardim clonal de *Eucalyptus benthamii* em relação a Zn e B. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 151-164, 2012.

BURIN C.; BATISTEL S. C.; LOHMANN G. T.; BISOGNIN, D. A. Rooting competence of mini-cuttings of *Cabralea canjerana* clones in different seasons. **Ciência Rural**, v. 50, p.1-7, 2020.

CARRASCOSA, J. S.; GIANINI, P. F.; PEDROSO DE MORAES, C. Utilização de Ácido 3-Indolil-Butírico no enraizamento de estacas foliares de rosa-de-pedra (*Echeveria elegans* Rose). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 135-145, 2016.

CARULLA, J. E.; KREUZER, M.; MACHMÜLLER, A.; HESS, H. D. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, 56, p. 961–970, 2005.

CARVALHO, P. E. R. *Acacia mearnsii* (**Acácia-negra**). Instrução técnica, Embrapa, 1999.

CHAN, J. M.; DAY, P.; FEELY, J.; THOMPSON, R.; LITTLE, K. M.; NORRIS, C. H. *Acacia mearnsii* industry overview: current status, key research and development issues. **Southern Forests**, v. 77, p. 19-30, 2015.

CORRÊA, L.R. & FETT-NETO, A.G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, 29: 315-324, 2004.

CUNHA, A. C. M. C. M. PAIVA, H. N.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Forestais**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 203-213, 2008.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 591-599, 2009.

DA COSTA C. T; DE ALMEIDA M. R.; RUEDELL C. M.; SCHWAMBACH J.; MARASCHIN F. S.; FETT-NETO A. G. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Front Plant Sci.**, v. 4, n. 133, p. 1-19, 2013.

DE ALMEIDA, M.R., AUMOND, M., DA COSTA, SCHWAMBACH, J; RUEDELL, C. M.; CORREA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Environmental control of adventitious rooting in *Eucalyptus* and *Populus* cuttings. **Trees** v. 31, p. 1377–1390, 2017.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; CORREIA, A. C. G.; BARBOSA, G. A. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho

[*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan]. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p.909-919, 2015.

DUKE, J. A. *Acacia mearnsii*. Handbook of Energy Crops. 1983. Disponível em: https://hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Acacia_mearnsii.html Acesso em: 06 de dezembro de 2020.

DUVAL, H.; HOERTER, M.; POLIDORI, J.; CONFOLENT, C.; MASSE, M.; MORETTI, M.; VAN GHELDER, C.; ESMENJAUD, D. High-resolution mapping of the RMia gene for resistance to root-knot nematodes in peach. **Tree Genetics & Genomes, Gewerbestrasse**, v. 35, n. 10, p.297-306, 2013.

DRUEGE U.; KADNER R. Response of post-storage carbohydrate levels in *Pelargonium* cuttings to reduced air temperature during rooting and the relationship with leaf senescence and adventitious root formation. *Postharvest Biology and Technology*, v. 47, n. 1, p. 126-135, 2008.

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Acácia negra. **Revista da Madeira**, 2005.

EMBRAPA- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. **Embrapa Florestas**, 2015.

FACHINELLO J. C; HOFFMANN A; NACHTIGAL J. C. Propagação de plantas frutíferas. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2005.

FANG, W.-C.; KAO, C. H. Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. **Plant Sci.** v. 158, p.71–76, 2000.

ETT-NETO A. G., FETT J. P.; GOULART L. W. V.; PASQUALI G.; TERMIGNONI R. R.; FERREIRA A. G. Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* v. 21, p. 457–464, 2001.

FORRESTER, D. I.; THEIVEYANATHAN, S.; COLLOPY, J. J.; MARCAR, N. E. Enhanced water use efficiency in a mixed *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* plantation. **Forest Ecology and Management**, v. 259, Issue 9, p. 1761-1770, 2010.

FERNANDES, S. P. dos S. ARRIEL, E. F.; ALMEIDA, E. P.; ARAUJO, A. N.; ARRIEL, D. A. A.; JUSTINO, S. T. P. Altura de de cepa para estabelecimento de minijardim clonal de nim (*Azadirachta indica* A. Juss). **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 1, p.67-71, 2017.

FREITAS, A. F. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a N, B e Zn. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

GAZZANA, D.; PIMENTEL, N.; LOHMANN, G. T.; SPANEVELLO, J. F.; BISOGNIN, D. A. Selection between and within half-sibling progenies of *Ilex paraguariensis* for adventitious rooting of mini-cuttings. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 4, p. 1-8, 2020.

- GOMES, E. N.; KRINSKI, D. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas foliares e caulinares de pariparoba (*Piper umbellatum* L.). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n.2, p. 661-678, 2020.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; JUNIOR DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: **Englewood Clippis**, 2011. 900p.
- HIGA, A. R. **Acacicultura na África do Sul**. Curitiba: Embrapa, 1992. 18 p. Relatório técnico.
- HIGA, R. C. V.; WRAGE, M. S.; MOCHIUTTF, S.; MORA, A. L.; HIGEL, A. R.; SIMON, A. A. **Acácia Negra. Parte III – Cultivos Permanentes**, 2009.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de Eucalyptus. Piracicaba: IPEF, 2002. 24 p.
- HIRSCH, A. M.; TORREY, J. G. Ultrastructural changes in sunflower root cells in relation to boron deficiency and added auxin. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 58, p. 856-866, 1980.
- KONZEN, E. R.; BERGONCI, T.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas por propagação vegetativa. In: *Produção de sementes e mudas: um enfoque a silvicultura*. 1st ed. UFSM: Santa Maria, p. 215–235, 2018.
- KLOPOTEK Y, GEORGE E, DRUEGE U & KLAERING HP. Carbon assimilation of petunia cuttings in a non-disturbed rooting environment: Response to environmental key factors and adventitious root formation. **Scientia Horticulturae**, v. 16, p.145:118, 2012.
- KRISTIANSEN, K.; BREDMOSE, N.; NIELSEN, B. Influence of propagation temperature, photosynthetic photon flux density, auxin treatment and cutting position on root formation, axillary bud growth and shoot development in Schlumbergera ‘Russian Dancer’. *J Hortic Sci Biotechnol*, v. 80, p. 297–302, 2005.
- LI, S. W., SHI, R. F., AND LENG, Y. De novo characterization of the mung bean transcriptome and transcriptomic analysis of adventitious rooting in seedlings using RNA-Seq. *PLoS ONE*, 2015.
- LI, S. W., XUE, L., XU, S., FENG, H., and AN, L. Mediators, genes and signalling in adventitious rooting. *Bot. Rev.* V. 75, p. 230–247, 2009.
- LORENZI, H., BACHER, L. B., TORRES, M. A. V. **Árvores Exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Inst. Plantarum, 1 ed. 2018.
- LUCCA, D. de. Vegetais tanantes e a acácia negra. In: OLIVEIRA, H. A. **Acácia negra e tanino no Rio Grande do Sul**. Associação Brasileira de Acacicultores. Porto Alegre, 1960.
- MAATHUIS, F. J. M. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, n. 3, p. 250-258, 2009.

MACHADO, L. M.; COSTA, E. C.; MAGISTRALI, I. C.; BOSCARDIN, J.; GARLET, J. Escolitíneos associados a uma população de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Revista Biotemas**, 2014.

MARINHO, N. P.; KLOCK, U.; LENGOWSKI, E. C.; MUÑIZ, G. I. B. de; ZAMARIAN, E. H. C. Características da Polpa kraft Extraída da Espécie Acácia-negra na Produção de Papel. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 1997. 200p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, London, 1995, 889p.

MIDGLEY, S. J.; TURNBULL, J.W. Domestication and use of Australian acacias: case studies of five important species. **Australian Systematic Botany**, 2003.

MOCHIUTTI, S.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. Fitossociologia dos estratos arbóreo e de regeneração natural em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) na região da floresta estacional semidecidual do Rio Grande Do Sul. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 207-222, 2008.

MOCHIUTTI, S.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. Susceptibilidade de ambientes campestres à invasão de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Floresta**, 2007.

MORA, A. L. **Aumento da produção de sementes geneticamente melhoradas de *Acacia mearnsii* de Wild. (ACÁCIA-NEGRA) no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MORAES, D. G. de; BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. de A.; SILVA, T. R. C.; FREITAS, T. A. S. de. Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares juvenis de *Toona ciliata* M. Roemer. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 26, n. 1, p. 47 – 54, 2014.

MORELLI, G.; RUBERTI, I. Light and shade in the photocontrol of Arabidopsis growth. **Trends in Plant Science**, v.7, n.9, p.399-404, 2002.

OLIVEIRA, H. A. Acácia negra e tanino no Rio Grande do Sul. Associação Brasileira de Acacicultores. Porto Alegre, 1960.

OLIVEIRA, L. S. DIAS, P. C. ALMEIDA, M. de. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015.

OLIVEIRA, T. P. de F. de.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; CARVALHO, V. S.; OLIVEIRA M. A. de. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos) Minicuttings. **Ciência Florestal**, v. 25, n.4, 2015.

OLIVEIRA, T. P. de F. de; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; MORAIS, T. C. B. de; CARVALHO, G. C. M. W. de. Exigência nutricional e produtividade em minijardim clonal de *Toona ciliata* var. *australis*. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p.1154-1167, 2019.

PAULILO, M.T.S.; FELIPPE, GM. Resposta de plântulas de *Qualea grandiflora* Mart., uma espécie arbórea de cerrado, à adição de nutrientes minerais. **Revista Brasileira de Botânica** v. 18, p. 109-112, 1995.

PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; PEREIRA, I. dos S.; GONCALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 294-300, 2015.

PIMENTEL, N.; GAZZANA, D.; SPANEVELLO, J.F.; LENCINA, K.H.; BISOGNIN, D.A. Effect of mini-cutting size on adventitious rooting and morphophysiological quality of *Ilex paraguariensis* plantlets. **Journal of Forestry Research**, v. 1, p. 1, 2020.

PIZZATTO, M.; JÚNIOR, A. W.; LUCKMANN, D. PIROLA, K.; CASSOL, D. A.; MAZARO, S. M. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, 2011.

POP, T. I.; PAMFIL, D.; BELLINI, C. Auxin control in the formation of adventitious roots. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanica Cluj-Napoca, Cluj-Napoca**, v. 36, n. 1, p.307-316, 2011.

PROVENIERS, M. C. G.; ZANTEN, M. High temperature acclimation through PIF4 signaling. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 2, p. 59-64, 2013.

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R.; DEDECEK, R. A. A influência das características pedológicas na produtividade de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), Butiá, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 2008.

EQUESENS, D.V.; MALONE, R.P.; DIX, P. J. Expression of a barley peroxidase in transgenic apple (*Malus domestica* L.) results in altered growth, xylem formation and tolerance to heat stress. **J. Plant Sci.** v. 9, p. 58–66, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Portaria SEMA N° 79** de 31 de outubro de 2013.

RIVEIRO, S. F.; CRUZ, Ó.; CASAL, M.; REYES, O. Fire and seed maturity drive the viability, dormancy, and germination of two invasive species: *Acacia longifolia* (Andrews) Willd. and *Acacia mearnsii* De Wild. **Annals of Forest Science**, v. 77, n, 60, 2020.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M. R.; SANTOS, A. J. M.; GODINHO, T. de O. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015.

ROTH-BEJERANO, N.; ITAI, C. Effect of boron on stomatal opening in epidermal strips of *Commelina communis*. **Physiologia Plantarum**, v. 52, p. 302-304, 1981.

SAMPAIO, E. S. **Fisiologia vegetal: teoria e experimentos**, 2. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010. 166p.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; SIMON, A.; PSCHEIDT, H.; RUZA, M. S.; MOCHIUTTI, S. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 361-370, set. 2014.

SANTOS, J. de P. dos; DAVIDE, A. C.; TEIXEIRA, L. A. F.; MELO, A. J. S.; MELO, L. A. de. o de estacas lenhosas de espécies. Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 293-301, 2011.

SASSAKI, R. M.; FELIPPE, G. M. Response of *Dalbergia miscolobium* Benth. seedlings, a cerrado tree species, to mineral nutrients supply. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, p. 65-72, 1998.

SCHNEIDER, P. R.; OESTEN, G.; BRILL, A.; MAINARDI, G. L. Determinação da produção de casca em acácia negra, *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, 1991.

SCHWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25, n.4, p.487-494, 2005.

SEIGER, D. S. Economic potential from Western Australian Acacia species: secondary plant products. **Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 109-116, 2002.

SHERRY, S.P. **The black wattle**. Pietermaritzburg: University of Natal Press, 1971.

SIMON, A. A. A cadeia produtiva da acácia-negra, aspectos econômicos, sociais e ambientais. In: REFLORESTAMENTO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL. AMBIENTE E TECNOLOGIA: O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM FOCO, 3., 2005, Lajeado. **Anais...** Lajeado: UNIVATES, 2005. p. 149-166.

SOMAVILLA, T. M. **Enraizamento de miniestacas e seleção de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida Ex Steudel para a propagação por miniestaquia**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2018. 90 p.

SOUZA, C.C.; XAVIER, A.; LEITE, F.P.; SANTANA, R.C.; LEITE, H.G. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* S. T. Black. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p. 67-77, 2013.

STIEHL-ALVES, Eudes Maria; PIMENTEL, Maisa Martins-Corder. *Acacia mearnsii* De Wild. (Fabaceae) reproductive biology II: flowering and fructification phenology. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 6: 144-150, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 954p.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de corticeira-domato por miniestaquia a partir de propágulos juvenis**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2005.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis*): estado da arte e tendências futuras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

XAVIER, A.; SANTOS, G.A.; WENDLING, I; OLIVEIRA, M.L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV. 2013. 279 p.

ZALESNY, R. S.; RIEMENSCHNEIDER, Don E.; HALL, R. B. Enraizamento precoce de cortes de madeira dormente de *Populus*: análise da genética quantitativa e do genótipo × interações ambientais. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 35, n. 4, p.918-929, 2005.

ZHANG, W. et al. Mechanisms underlying the regulation of root formation in *Malus hupehensis* stem cuttings by using exogenous hormones. **Journal Plant Growth regulation**, [s. l.], v. 35, p. 1-12, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A1 – Resumo da Análise de covariância para o número de miniestacas produzidas em diferentes concentrações de solução de nutrição e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-----------------------------------|------|----------|--------|------|----------------------|
| Modelo | 8 | 636,13 | 79,51 | 0,70 | 0,6889 ^{ns} |
| Concentração de solução | 2 | 429,80 | 214,90 | 1,90 | 0,1521 ^{ns} |
| Clone | 2 | 141,68 | 74,34 | 0,66 | 0,5209 ^{ns} |
| Concentração de solução vs. Clone | 4 | 57,65 | 14,41 | 0,13 | 0,9722 ^{ns} |
| Erro | 99 | 11211,08 | 113,24 | | |
| Total corrigido | 107 | 11847,22 | | | |

APÊNDICE A2 – Resumo da Análise de variância para o número de miniestacas produzidas em diferentes concentrações de solução de nutrição

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------|----------|--------|------|----------------------|
| Concentração de solução | 2 | 429,79 | 214,89 | 1,98 | 0,1437 ^{ns} |
| Erro | 105 | 11417,41 | 108,73 | | |
| Total corrigido | 107 | 11847,21 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 10,43 | | | | |

APÊNDICE A3 – Resumo da Análise de variância para o número de miniestacas produzidas em diferentes clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------|----------|--------|------|----------------------|
| Clones | 2 | 148,68 | 74,34 | 0,67 | 0,5153 ^{ns} |
| Erro | 105 | 11698,52 | 111,41 | | |
| Total corrigido | 107 | 11847,22 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 10,55 | | | | |

APÊNDICE A4 – Resumo da Análise de covariância para o índice de produtividade em diferentes concentrações de solução de nutrição e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-------------------------|------|-------|-------|------|----------------------|
| Modelo | 8 | 83,88 | 10,48 | 2,61 | 0,0123 |
| Concentração de solução | 2 | 65,14 | 32,57 | 8,12 | 0,0005 |
| Clone | 2 | 8,72 | 4,36 | 1,09 | 0,3410 ^{ns} |

| | | | | | |
|--------------------------------------|------|--------|------|------|----------------------|
| Concentração de solução vs. Clone | 4 | 10,01 | 2,50 | 0,62 | 0,6468 ^{ns} |
| Erro | 99 | 397,17 | 4,01 | | |
| Total corrigido | 107 | 481,05 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 2,00 | | | | |

APÊNDICE A5 – Resumo da Análise de variância para o índice de produtividade em diferentes concentrações de solução nutritiva

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------|--------|-------|------|---------|
| Concentração de solução | 2 | 65,14 | 32,57 | 8,22 | 0,0005 |
| Erro | 105 | 415,90 | 3,96 | | |
| Total corrigido | 107 | 481,05 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 32,57 | | | | |

APÊNDICE A6 – Resumo da Análise de variância para o índice de produtividade em diferentes clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|--------|------|------|---------|
| Clones | 2 | 8,72 | 4,36 | 0,97 | 0,3824 |
| Erro | 105 | 472,32 | 4,49 | | |
| Total corrigido | 107 | 481,05 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 2,12 | | | | |

APÊNDICE A7 – Resumo da Análise de covariância para a sobrevivência do tipo de propágulo e os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|----------|------|----------------------|
| Modelo | 8 | 77926,30 | 9740,78 | 4,83 | <0,0001 |
| Tipo propágulo | 2 | 38540,38 | 19270,19 | 9,56 | <0,0001 |
| Clone | 2 | 30623,50 | 15311,75 | 7,60 | 0,0005 |
| Tipo propágulo vs. Clone | 4 | 8946,57 | 2236,64 | 1,1 | 0,3503 ^{ns} |
| Erro | 1599 | 3223168,22 | 2015,74 | | |
| Total corrigido | 1607 | 3301094,52 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 44,89 % | | | | |

APÊNDICE A8 – Resumo da Análise de variância para a porcentagem de sobrevivência para tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
| Tipo de propágulo | 2 | 37274,07 | 18637,03 | 9,16 | 0,0001 |
| Erro | 1605 | 3263820,45 | 2033,53 | | |
| Total corrigido | 1607 | 3301094,52 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 45,09 % | | | | |

APÊNDICE A9 – Resumo da Análise de variância para a porcentagem de sobrevivência para os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
| Clones | 2 | 32788,23 | 16394, | 8,05 | 0,0003 |
| Erro | 1605 | 3268306,29 | 2036,32 | | |
| Total corrigido | 1607 | 3301094,52 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 45,12 % | | | | |

APÊNDICE A10 – Resumo da Análise de covariância para a porcentagem de enraizamento para tipos de propágulo e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------------------|
| Modelo | 8 | 33739,21 | 4217,402 | 3,96 | 0,0001 |
| Tipo de propágulo | 2 | 21746,67 | 10873,33 | 10,21 | <0,0001 |
| Clone | 2 | 5552,34 | 2776,17 | 2,61 | 0,0740 ^{ns} |
| Tipo de propágulo vs. Clone | 4 | 6631,78 | 1657,94 | 1,56 | 0,1833 ^{ns} |
| Erro | 1599 | 1702454,8 | 1064,700 | | |
| Total corrigido | 1607 | 1736194,03 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 32,63 | | | | |

APÊNDICE A11 – Resumo da Análise de variância para a porcentagem de enraizamento para tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
| Tipo de propágulo | 2 | 21746,67 | 10873,33 | 10,21 | <0,0001 |
| Erro | 1605 | 1702454,8 | 1064,700 | | |
| Total corrigido | 1607 | 1736194,03 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 32,68 | | | | |

APÊNDICE A12 – Resumo da Análise de variância para a porcentagem de enraizamento para clone

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------|-------------|----------|------|---------|
| Clones | 2 | 6490,25 | 3245,12 | 3,01 | 0,0495 |
| Erro | 1605 | 17029703,78 | 1064,700 | | |
| Total corrigido | 1607 | 1736194,03 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 32,82 | | | | |

APÊNDICE A13 – Resumo da Análise de covariância para a número de raízes para tipos de propágulo e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-----------------------------|------|---------|--------|------|----------------------|
| Modelo | 8 | 602,62 | 75,32 | 2,33 | 0,0209 |
| Tipo de propágulo | 2 | 133,99 | 66,99 | 2,07 | 0,1290 ^{ns} |
| Clone | 2 | 337,72 | 168,86 | 5,22 | 0,0062 |
| Tipo de propágulo vs. Clone | 4 | 137,45 | 34,36 | 1,06 | 0,3766 ^{ns} |
| Erro | 189 | 6115,04 | | | |
| Total corrigido | 197 | 6717,66 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 5,68 | | | | |

APÊNDICE A14 – Resumo da Análise de variância para o número de raízes para tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|---------|-------|------|----------------------|
| Tipo de propágulo | 2 | 131,76 | 65,88 | 1,95 | 0,1449 ^{ns} |
| Erro | 195 | 6585,89 | 33,77 | | |
| Total corrigido | 197 | 6717,66 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 5,81 | | | | |

APÊNDICE A15 – Resumo da Análise de variância para a porcentagem de enraizamento para clone

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|---------|--------|------|---------|
| Clone | 2 | 324,91 | 162,45 | 4,96 | 0,0080 |
| Erro | 195 | 6392,74 | 32,78 | | |
| Total corrigido | 197 | 6717,66 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 5,72 | | | | |

APÊNDICE A16 – Resumo da Análise de covariância para o comprimento das três maiores raízes para os tipos de propágulo e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-----------------------------|---------|--------|-------|------|----------------------|
| Modelo | 8 | 74,87 | 9,35 | 2,76 | 0,0067 |
| Tipo de propágulo | 2 | 8,85 | 4,43 | 1,30 | 0,2739 ^{ns} |
| Clone | 2 | 57,89 | 28,94 | 8,53 | 0,0003 |
| Tipo de propágulo vs. Clone | 4 | 5,25 | 1,31 | 0,39 | 0,8177 ^{ns} |
| Erro | 189 | 641,51 | 9,36 | | |
| Total corrigido | 197 | 716,39 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,84 cm | | | | |

APÊNDICE A17 – Resumo da Análise de variância para o comprimento das três maiores raízes para tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|--------|------|------|----------------------|
| Tipo de propágulo | 2 | 8,24 | 4,12 | 1,14 | 0,3234 ^{ns} |
| Erro | 194 | 704,20 | 3,62 | | |
| Total corrigido | 196 | 712,45 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,90 cm | | | | |

APÊNDICE A18 – Resumo da Análise de variância para o comprimento das três maiores raízes para clone

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|--------|-------|------|---------|
| Clone | 2 | 59,44 | 29,72 | 8,82 | 0,0002 |
| Erro | 195 | 656,94 | 3,36 | | |
| Total corrigido | 197 | 716,39 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,83 cm | | | | |

APÊNDICE A19 – Resumo da Análise de covariância para a porcentagem de sobrevivência para diferentes concentrações de AIB e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-------------------|------|------------|---------|------|----------------------|
| Modelo | 30 | 50413,85 | 3600,90 | 2,10 | 0,0100 |
| AIB | 4 | 7473,63 | 7651,97 | 1,11 | 0,3484 ^{ns} |
| Clone | 2 | 15303,95 | 7651,97 | 4,96 | 0,0072 |
| AIB vs Clone | 8 | 20176,59 | 2522,07 | 1,47 | 0,1637 ^{ns} |
| Erro | 961 | 1648218,18 | 1715,11 | | |

| | | |
|---------------------------|---------|------------|
| Total corrigido | 975 | 1698596,31 |
| Erro padrão da estimativa | 41,41 % | |

APÊNDICE A20 – Resumo da Análise de variância a porcentagem de sobrevivência para diferentes concentrações de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|--------|------------|---------|------|----------------------|
| AIB | 4 | 7520,96 | 1880,24 | 1,08 | 0,3653 ^{ns} |
| Erro | 971 | 1691075,31 | 1741,58 | | |
| Total corrigido | 975 | 1698596,31 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 41,73% | | | | |

APÊNDICE A21 – Resumo da Análise de variância para o a porcentagem de sobrevivência para clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------|------------|----------|------|---------|
| Clone | 2 | 22268,03 | 11134,02 | 6,46 | 0,0016 |
| Erro | 973 | 1676328,27 | 1722,84 | | |
| Total corrigido | 975 | 1698596,31 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 41,51 | | | | |

APÊNDICE A22 – Resumo da Análise de covariância para a porcentagem de enraizamento para diferentes concentrações de AIB e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|---------|------|----------------------|
| Modelo | 14 | 47385,02 | 3384,64 | 3,10 | <0,0001 |
| AIB | 4 | 24104,02 | 2559,25 | 5,52 | 0,0002 |
| Clone | 2 | 5118,51 | 2559,25 | 2,34 | 0,0966 ^{ns} |
| AIB vs Clone | 8 | 14562,56 | 1820,32 | 1,67 | 0,1026 ^{ns} |
| Erro | 961 | 1049951,04 | 1092,56 | | |
| Total corrigido | 975 | 1097336,56 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 33,05 % | | | | |

APÊNDICE A23 – Resumo da Análise de variância a porcentagem de enraizamento para diferentes concentrações de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-------------------|------|------------|---------|------|---------|
| AIB | 4 | 23663,37 | 5915,84 | 5,35 | 0,0003 |
| Erro | 971 | 1073672,69 | 1105,73 | | |

| | | |
|---------------------------|---------|------------|
| Total corrigido | 975 | 1097336,06 |
| Erro padrão da estimativa | 33,25 % | |

APÊNDICE A24 – Resumo da Análise de variância para o a porcentagem de enraizamento para clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|---------|------|---------|
| Clone | 2 | 10215,92 | 5107,96 | 4,57 | 0,0016 |
| Erro | 973 | 1087120,14 | 1117,28 | | |
| Total corrigido | 975 | 1097336,06 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 33,42 % | | | | |

APÊNDICE A25 – Resumo da Análise de covariância para o número de raízes para diferentes concentrações de AIB e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|---------|-------|------|----------------------|
| Modelo | 14 | 73825 | 52,73 | 2,24 | 0,0104 |
| AIB | 4 | 323,35 | 80,83 | 3,43 | 0,0111 |
| Clone | 2 | 130,78 | 65,39 | 2,77 | 0,0966 ^{ns} |
| AIB vs Clone | 8 | 271,29 | 33,91 | 1,44 | 0,1888 ^{ns} |
| Erro | 111 | 2618,28 | 23,58 | | |
| Total corrigido | 125 | 3356,52 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 4,85 | | | | |

APÊNDICE A26 – Resumo da Análise de variância o número de raízes para diferentes concentrações de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|---------|-------|------|---------|
| AIB | 4 | 310,82 | 77,70 | 3,09 | 0,0185 |
| Erro | 971 | 3045,72 | 25,17 | | |
| Total corrigido | 975 | 3356,54 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 5,02 | | | | |

APÊNDICE A27 – Resumo da Análise de variância para o número de raízes para clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-------------------|------|---------|-------|-----|----------------------|
| Clone | 2 | 126,84 | 63,42 | 2,2 | 0,0936 ^{ns} |
| Erro | 973 | 3229,69 | 26,26 | | |
| Total corrigido | 975 | 3356,54 | | | |

Erro padrão da estimativa 5,12

APÊNDICE A28 – Resumo da Análise de covariância para o comprimento das três maiores raízes para diferentes concentrações de AIB e clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|--------|------|------|----------------------|
| Modelo | 14 | 89,34 | 6,38 | 2,08 | 0,0181 |
| AIB | 4 | 18,91 | 4,73 | 1,54 | 0,1954 ^{ns} |
| Clone | 2 | 18,78 | 9,39 | 3,06 | 0,0509 ^{ns} |
| AIB vs Clone | 8 | 32,02 | 4,00 | 1,30 | 0,2488 ^{ns} |
| Erro | 111 | 340,67 | 3,07 | | |
| Total corrigido | 125 | 430,01 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,75 cm | | | | |

APÊNDICE A29 – Resumo da Análise de variância o número das três maiores raízes para diferentes concentrações de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|--------|------|------|---------|
| AIB | 4 | 32,60 | 8,15 | 2,48 | 0,0472 |
| Erro | 971 | 397,40 | 3,28 | | |
| Total corrigido | 975 | 430,01 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,81 cm | | | | |

APÊNDICE A30 – Resumo da Análise de variância das três maiores raízes para clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|--------|-------|------|---------|
| Clone | 2 | 38,29 | 19,14 | 6,01 | 0,0032 |
| Erro | 973 | 391,72 | 3,18 | | |
| Total corrigido | 975 | 430,01 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,78 cm | | | | |

APÊNDICE A31 – Resumo da Análise de covariância para a porcentagem de sobrevivência para épocas de coleta das miniestacas e os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|-----------|----------|-------|----------------------|
| Modelo | 11 | 260567,20 | 23687,91 | 13,93 | <0,0001 |
| Época de coleta | 3 | 176650,11 | 58883,37 | 34,62 | <0,0001 |
| Clone | 2 | 20105,47 | 10052,73 | 5,91 | 0,0027 |
| Época de coleta vs. Clone | 6 | 39839,29 | 6639,88 | 2,90 | 0,0507 ^{ns} |

| | | | |
|---------------------------|---------|------------|---------|
| Erro | 3386 | 5759774,35 | 1701,05 |
| Total corrigido | 3397 | 6020341,37 | |
| Erro padrão da estimativa | 41,24 % | | |

APÊNDICE A32 – Resumo da Análise de variância a porcentagem de sobrevivência para épocas de coleta das miniestacas

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|----------|-------|---------|
| Época de coleta | 3 | 173931,18 | 57977,06 | 33,66 | <0,0001 |
| Erro | 3394 | 5846410,19 | 1722,57 | | |
| Total corrigido | 3397 | 6020341,37 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 41,50 % | | | | |

APÊNDICE A33 – Resumo da Análise de variância a porcentagem de sobrevivência para os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|----------|-------|---------|
| Clone | 2 | 45286,25 | 22643,13 | 12,87 | <0,0001 |
| Erro | 3395 | 5975055,12 | 1759,97 | | |
| Total corrigido | 3397 | 6020431,38 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 41,95 % | | | | |

APÊNDICE A34 – Resumo da Análise de covariância para a porcentagem de enraizamento para épocas de coleta das miniestacas e os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|---------|------|----------------------|
| Modelo | 11 | 52784,24 | 4798,57 | 5,04 | <0,0001 |
| Época de coleta | 3 | 27849,21 | 9283,07 | 9,76 | <0,0001 |
| Clone | 2 | 7420,77 | 3710,38 | 3,90 | 0,0203 |
| Época de coleta vs. Clone | 6 | 8682,53 | 1447,09 | 1,52 | 0,1669 ^{ns} |
| Erro | 3386 | 3220838,47 | 951,22 | | |
| Total corrigido | 3397 | 3273622,72 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 30,84 % | | | | |

APÊNDICE A35 – Resumo da Análise de variância a porcentagem de enraizamento para épocas de coleta das miniestacas

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-------------------|------|----------|---------|------|---------|
| Época de coleta | 3 | 26410,92 | 8803,64 | 9,20 | <0,0001 |

| | | | |
|---------------------------|---------|------------|--------|
| Erro | 3394 | 3247211,79 | 956,71 |
| Total corrigido | 3397 | 3273622,72 | |
| Erro padrão da estimativa | 30,93 % | | |

APÊNDICE A36 – Resumo da Análise de variância a porcentagem de enraizamento para os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|---------|------|---------|
| Clone | 2 | 17345,41 | 8672,71 | 9,04 | 0,0001 |
| Erro | 3395 | 3256277,03 | 959,14 | | |
| Total corrigido | 3397 | 3273622,72 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 30,96 % | | | | |

APÊNDICE A37 – Resumo da Análise de covariância para número de raízes para épocas de coleta das miniestacas e os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|----------|--------|------|----------------------|
| Modelo | 11 | 896,00 | 81,45 | 2,93 | 0,0010 |
| Época de coleta | 3 | 464,54 | 154,84 | 5,58 | 0,0010 |
| Clone | 2 | 37,87 | 18,93 | 0,68 | 0,5064 ^{ns} |
| Época de coleta vs. Clone | 6 | 156,68 | 26,11 | 0,94 | 0,4661 ^{ns} |
| Erro | 355 | 9859,82 | 27,77 | | |
| Total corrigido | 366 | 10755,82 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 5,27 | | | | |

APÊNDICE A38 – Resumo da Análise de variância do número de raízes para épocas de coleta das miniestacas

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|----------|--------|------|---------|
| Época de coleta | 3 | 518,10 | 172,70 | 6,12 | 0,0005 |
| Erro | 355 | 10237,72 | 28,20 | | |
| Total corrigido | 366 | | | | |
| Erro padrão da estimativa | 5,31 | | | | |

APÊNDICE A39 – Resumo da Análise de variância o número de raízes para os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-------------------|------|----------|--------|------|---------|
| Clone | 2 | 222,66 | 111,33 | 3,85 | 0,0222 |
| Erro | 364 | 10533,10 | 28,94 | | |

| | | |
|---------------------------|------|----------|
| Total corrigido | 366 | 10755,82 |
| Erro padrão da estimativa | 3,85 | |

APÊNDICE A40 – Resumo da Análise de covariância o comprimento das três maiores raízes para épocas de coleta das miniestacas e os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|---------|-------|------|----------------------|
| Modelo | 11 | 205,43 | 18,68 | 5,82 | <0,0001 |
| Época de coleta | 3 | 79,67 | 26,56 | 8,28 | <0,0001 |
| Clone | 2 | 9,57 | 4,78 | 1,49 | 0,2263 ^{ns} |
| Época de coleta vs. Clone | 6 | 24,85 | 4,14 | 1,29 | 0,2604 ^{ns} |
| Erro | 355 | 1138,93 | | | |
| Total corrigido | 366 | 1344,47 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,79 cm | | | | |

APÊNDICE A41 – Resumo da Análise de variância do número o comprimento das três maiores raízes das miniestacas

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|---------|-------|------|---------|
| Época de coleta | 3 | 96,04 | 32,01 | 9,31 | <0,0001 |
| Erro | 42 | 1248,42 | | | |
| Total corrigido | 45 | 1344,47 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,84 cm | | | | |

APÊNDICE A42 – Resumo da Análise de variância o comprimento das três maiores raízes para os clones

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|-------|------|------|---------|
| Clone | 2 | 15,53 | 7,77 | 3,98 | 0,0260 |
| Erro | 43 | 83,96 | | | |
| Total corrigido | 45 | 99,50 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,39 | | | | |

APÊNDICE B1 – Resumo da Análise de variância para porcentagem de sobrevivência para os tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|-------------------|------|------------|----------|------|---------|
| Propágulo | 2 | 27377,42 | 13688,71 | 6,69 | 0,0013 |
| Erro | 631 | 1291061,06 | 2046,05 | | |

| | | |
|---------------------------|---------|------------|
| Total corrigido | 633 | 1318438,48 |
| Erro padrão da estimativa | 45,23 % | |

APÊNDICE B2 – Resumo da Análise de variância para porcentagem de enraizamento para os tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|------------|----------|-------|---------|
| Propágulo | 2 | 81433,42 | 40716,71 | 17,81 | <0,0001 |
| Erro | 631 | 1442935,61 | 2286,74 | | |
| Total corrigido | 633 | 1524369,08 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 47,81 % | | | | |

APÊNDICE B3 – Resumo da Análise de variância para número de raiz para os tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|------|---------|-------|------|---------|
| Propágulo | 2 | 125,88 | 62,95 | 3,77 | 0,0239 |
| Erro | 376 | 6273,03 | 16,68 | | |
| Total corrigido | 378 | 6398,91 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 4,08 | | | | |

APÊNDICE B4 – Resumo da Análise de variância para comprimento das três maiores raízes para os tipos de propágulo

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|---------|--------|------|------|---------|
| Propágulo | 2 | 4,84 | 2,41 | 0,94 | 0,3933 |
| Erro | 376 | 973,14 | 2,58 | | |
| Total corrigido | 378 | 977,98 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,61 cm | | | | |

APÊNDICE B5 – Resumo da Análise de variância para porcentagem de sobrevivência para concentração de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|--------|------------|---------|------|---------|
| Propágulo | 4 | 15040,79 | 3760,19 | 2,10 | 0,0788 |
| Erro | 1090 | 1951771,99 | 1790,61 | | |
| Total corrigido | 1094 | 1966812,78 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 42,31% | | | | |

APÊNDICE B6 – Resumo da Análise de variância para porcentagem de enraizamento para concentração de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
| Propágulo | 4 | 178160,32 | 44540,08 | 21,66 | <0,0001 |
| Erro | 1090 | 2241693,59 | 2056,60 | | |
| Total corrigido | 1094 | 2419853,88 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 45,35% | | | | |

APÊNDICE B7 – Resumo da Análise de variância para número de raiz para concentração de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
| Propágulo | 4 | 230,39 | 57,59 | 3.15 | 0,0146 |
| Erro | 356 | 6519,53 | 18,31 | | |
| Total corrigido | 3660 | 6749,92 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 4,27 | | | | |

APÊNDICE B8 – Resumo da Análise de variância para comprimento das três maiores raízes para concentração de AIB

| Fonte de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F | Prob.>F |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
| Propágulo | 4 | 24,45 | 6,12 | 5,64 | 0,0002 |
| Erro | 356 | 385,99 | 1,08 | | |
| Total corrigido | 3660 | 410,44 | | | |
| Erro padrão da estimativa | 1,04 | | | | |

Em que: G.L. = graus de liberdade; S.Q. = soma de quadrados; Q.M. = quadrado médio; F = valor de F calculado e Prob. > F = probabilidade de significância. ^{ns} = não significativo.