

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

Mhaiandry Benedetti Rodrigues

**ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E PARÂMETROS DE
VALIDAÇÃO DE CLONES DE IPÊ-ROXO PARA A PROPAGAÇÃO
VEGETATIVA**

Santa Maria, RS
2018

Mhaiandry Benedetti Rodrigues

**ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E PARÂMETROS DE VALIDAÇÃO DE
CLONES DE IPÊ-ROXO PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS
2018

Rodrigues, Mhaiandry Benedetti
Enraizamento de miniestacas e parâmetros de validação
de clones de ipê-roxo para a propagação vegetativa /
Mhaiandry Benedetti Rodrigues.- 2019.
72 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, 2019

1. Miniestaquia 2. Tamanho de miniestacas 3.
Enraizamento adventício 4. Correlação 5. Parâmetros
genéticos I. Bisognin, Dilson Antônio II. Título.

Mhaiandry Benedetti Rodrigues

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E PARÂMETROS DE VALIDAÇÃO DE
CLONES DE IPÊ-ROXO PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**

Aprovada em 22 de março de 2019:



Dilson Antônio Bisognin, PhD.
(Presidente/Orientador)



Cleber Witt Saldanha, Dr.
(DDPA/SEAPDR)



Renato Trevisan, Dr.
(UFSM/Politécnico)

Santa Maria, RS
2018

AGRADECIMENTOS

A Deus que me permitiu a realização do Mestrado, proporcionando-me oportunidade de treinamento e autopolimento da personalidade ao longo desta jornada, mostrando-me que com fé inabalável, alcançamos nossos objetivos.

Aos meus pais Domingos e Yolanda e às irmãs Cazuzza, Dhiliani e Ana Lara, e à sobrinha Izabelli por terem sido meu porto seguro nesta, e em todas as fases de minha vida, pelo apoio e amor incondicional, minha eterna gratidão!

Ao meu grande amor Mateus Mathias pelo carinho, apoio, auxílio na montagem das instalações deste trabalho, e por compartilharmos todos os momentos de nossa vida. A minha segunda família, Rudimar, Isabel, Selmira, Marcelo e Daniela, obrigada pelos momentos divertidos e por estarem sempre presentes!

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a qual tenho grande apreço e carinho, por me proporcionar ensino de excelência ao longo da graduação e mestrado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) no qual realizei a minha dissertação;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro concedido ao longo do desenvolvimento deste trabalho;

A todos os Mestres, incluindo meus pais também professores, que fizeram parte de minha trajetória escolar e acadêmica, por terem sido exemplos e auxiliarem na formação de minha base crítica frente às situações cotidianas e ampliar meus conhecimentos.

Ao meu orientador Prof^o Dilson Antônio Bisognin que desde a graduação não mediu esforços para atender e apoiar as pesquisas desenvolvidas no Núcleo de Melhoramento e Propagação de Vegetativa de Plantas (MPVP), permitindo-me crescer pessoal e profissionalmente.

Ao meu coorientador Professor Dr. Frederico Dimas Fleig pela contribuição na realização deste trabalho.

Ao Dr. Cleber Witt Saldanha e ao Dr. Professor Renato Trevisan pela pronta disponibilidade em compor a banca examinadora e contribuir com esta pesquisa;

À Dra. Kelen Haygert Lencina pela amizade, pelos momentos alegres e apoio nos momentos tristes, pelas valorosas conversas e pela ajuda desde sempre, que incansavelmente auxiliou nas análises estatísticas e discussões dos resultados deste, e de outros trabalhos. Pode sempre contar comigo!

À Msc. Nathália Pimentel pela amizade, pelo companheirismo e convivência diária! Por compartilharmos momentos importantes uma da vida da outra. Obrigada pela ajuda desde a graduação, pelo auxílio na montagem e avaliação dos experimentos e pela “herança” da espécie tema deste estudo;

Às Msc. Denise Gazzana e Mariana Fauermarmel pela amizade, pelos momentos de descontração e trabalho no laboratório, pelos almoços no “Restaurante MPVP” e pelo companheirismo nos congressos e divisão dos quartos de hotéis, o que rendeu inúmeras risadas;

Aos demais colegas do MPVP, Angélica, Franciele, Francielly, Gabriel L., Gabriel R., Gabriele, Jacson, Janaína, Luana, Luciane, Nathália M., Renata, Thaíse, e aqueles que seguiram seu caminho em outras áreas de pesquisa, Claudia, Marina, Mariani, Marjana e Lucas T., obrigada pelo auxílio nos experimentos e por compartilharmos momentos de descontração no laboratório;

Aos eternos amigos Cristina Tabarelli, Maria Flores da Silva e Vinicius Barth pela grande amizade desde a graduação e, mesmo cada um seguindo seu caminho, sempre nos esforçamos para não deixar que a distância nos afastasse;

Aos queridos amigos do grupo de jovens pela dedicação a Deus, pelos treinamentos e atividades em conjunto e por terem sido alento dentro e fora do “dojo” em muitos momentos em que precisei desopilar!

Sinceramente, muito obrigada!

“Se desejarem se tornar uma grande espada precisam aceitar voluntariamente os treinamentos enquanto ainda são jovens. Precisam passar por um processo semelhante àquele pelo qual passa o aço quando é temperado. Precisam ser verdadeiramente gratos a Deus pelos treinamentos que recebem enquanto são jovens e, conseqüentemente, ainda têm elasticidade e são maleáveis.”

RESUMO

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E PARÂMETROS DE VALIDAÇÃO DE CLONES DE IPÊ-ROXO PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

AUTORA: Mhaiandry Benedetti Rodrigues
ORIENTADOR: Dilson Antônio Bisognin

Esse trabalho teve como objetivos avaliar a influência do comprimento dos brotos, do tamanho e da área foliar das miniestacas e da aplicação de ácido indolbutírico (AIB), bem como estimar a correlação entre os caracteres avaliados e os parâmetros genéticos do enraizamento adventício de clones de ipê-roxo – *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. No primeiro experimento, brotações das minicepas foram utilizadas para confeccionar as miniestacas de 3 cm de comprimento, com 100%, 50%, 35% ou 0% da área foliar original e tratadas com 0, 500, 1000 ou 2000 mg L⁻¹ de AIB. No segundo experimento, brotações foram separadas em três classes de acordo com o tamanho: I (entre 5 e 20 cm), II (entre 21 e 40 cm) e III (entre 41 e 60 cm) e seccionadas em miniestacas de 1, 3 e 5 cm de comprimento com um par de folhas reduzido em 50% da área original. As miniestacas foram avaliadas quanto às porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes formadas. No terceiro experimento, os parâmetros genéticos foram estimados em sete coletas consecutivas de miniestacas de nove clones de ipê-roxo. As miniestacas foram enraizadas em tubetes de 110 cm³, contendo substrato comercial e vermiculita (1:2 v/v). Após 45 dias mensurou-se o número de miniestacas enraizadas e a porcentagem de enraizamento por clone. A manutenção da área foliar é necessária para a sobrevivência e o enraizamento das miniestacas, não sendo necessária a aplicação de AIB. Miniestacas de ipê-roxo com 5 cm apresentam competência ao enraizamento e podem ser preparadas a partir de brotações de até 40 cm de comprimento. O número de miniestacas enraizadas apresentou alta correlação linear com o número de miniestacas produzidas e com o enraizamento. O aumento no número de coletas é acompanhado pelo aumento no coeficiente de determinação, acurácia e eficiência seletiva, os quais atingem 80% do coeficiente máximo de determinação, alta precisão e eficiência seletiva na quarta coleta. Os parâmetros genéticos confirmam a superioridade dos clones de ipê-roxo utilizados na propagação vegetativa. A produção de mudas de ipê-roxo por miniestaquia é influenciada pelo comprimento dos brotos e das miniestacas, bem como a presença de área foliar.

Palavras-chave: Miniestaquia. Tamanho de miniestacas. Enraizamento adventício. Correlação. Parâmetros genéticos.

ABSTRACT

MINICUTTINGROOTING AND VALIDATION PARAMETERS OF IPE-ROXO CLONES FOR VEGETATIVE PROPAGATION

AUTHOR: Mhaiandry Benedetti Rodrigues
ADVISER: Dilson Antônio Bisognin

The objective of this work was to evaluate the influence of shoot length, size and leaf area of minicuttings, application of indolebutyric acid (IBA) and to estimate the Pearson correlation and genetic parameters coefficients of characters of the adventitious rooting of ipe-roxo – *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. In the first experiment, shoots were sectioned in minicuttings of 3 cm in length, with 100%, 50%, 35% or 0% of the original leaf area and treated with 0, 500, 1000 or 2000 mg L⁻¹ of IBA. In the second experiment, shoots were separated into three size classes: I (between 5 and 20 cm), II (between 21 and 40 cm) and III (between 41 and 60 cm), and sectioned in minicuttings of 1,3 and 5 cm in length with a pair of leaves reduced to 50% of the original area. The minicuttings were evaluated for the percentages of survival and rooting, number and length of roots. In the third experiment, the genetic parameters were estimated for seven collection of nine clones of ipe-roxo. The minicuttings were rooted in 110 cm³ tubes containing commercial substrate and vermiculite (1: 2 v / v). After 45 days, the number of rooted minicuttings and the percentage of rooting were determined. The leaf area is necessary for the survival and rooting of minicuttings, but IBA is not necessary for rooting. Minicuttings of ipe-roxo with 5 cm are competent for rooting and can be prepared from shoots up to 40 cm in length. The number of rooted minicuttings showed a high linear correlation with the number of produced minicuttings and rooting percentages. The increase of the number of collections is accompanied by an increase in the coefficient of determination, accuracy and selective efficiency, which reach 80% of the maximum coefficient of determination, high precision and selective efficiency in the fourth collection. The genetic parameters confirm the superiority of the ipe-roxo clones used in vegetative propagation. The length and size of minicuttings and the presence of leaves affect plantlet production of ipe-roxo by minicutting.

Keywords: Minicutting. Size of minicuttings. Adventitious rooting. Correlation. Genetic parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Ocorrência natural de *Handroanthus heptaphyllus* no Brasil.....15
- Figura 2 – Árvore (A), casca (B), casca interna (C), flores e folhas (D), frutos (E) e sementes (F) de *Handroanthus heptaphyllus*.....17
- Figura 3 – Brotos de *Handroanthus heptaphyllus* formados em minicepas estabelecidas em minijardim clonal (A), seccionados em miniestacas com um par de folhas reduzidas a 50% da área original (B), cultivadas em tubetes de 110 cm³ (C) e mantidas em câmara úmida durante 45 dias para o enraizamento das miniestacas (E). Barra = 1 cm.....49
- Figura 4 – Coeficiente de determinação em função do número de coletas para o número de miniestacas produzidas por minicepa (A), número de miniestacas enraizadas (B) e porcentagem de enraizamento (C) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.....55
- Figura 5 – Eficiência seletiva em função do número de coletas para o número de miniestacas produzidas (A), número de miniestacas enraizadas (B) e porcentagem de enraizamento (C) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.....56
- Figura 6 – Acurácia em função do número de coletas para o número de miniestacas produzidas (A), número de miniestacas enraizadas (B) e porcentagem de enraizamento (C) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.....57
- Figura 1 Artigo 1 – Miniestacas de ipê-roxo (*H. heptaphyllus*) indicando os tratamentos com níveis de área foliar de 100% (A), 50% (B), 35% (C) e 0% quando toda a área foliar foi retirada (D); e com níveis de comprimento das mesmas de 1 cm (E), 3 cm (F) e 5 cm (G), com as folhas reduzidas em 50% da área foliar. Barra = 1 cm.....32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtos florestais madeireiros e não-madeireiros produzidos por <i>Handroanthus heptaphyllus</i>	18
Tabela 2 – Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para o número de miniestaca produzidas por minicepa (NMP), número de miniestacas enraizadas (NME) e porcentagem de enraizamento (PE) de nove clones de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> em diferentes coletas..	51
Tabela 3 – Análise de <i>deviance</i> para o número de miniestacas produzidas por minicepa (NMP), número de miniestacas enraizadas (NME) e porcentagem de enraizamento (PE) de nove clones de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> após 45 dias em câmara úmida.....	52
Tabela 4 – Parâmetros genéticos para o número de miniestacas produzidas po minicepa (NMP), número de miniestacas enraizadas (NME) e porcentagem de enraizamento (PE) de nove clones de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> após 45 dias em câmara úmida.....	53
Tabela 5 – Componentes da média (BLUP individual) dos nove clones de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> para o número de miniestacas produzidas por minicepa, número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento após 45 dias em câmara úmida.....	58
Tabela 1 Artigo 1 – Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento de raízes formadas em miniestacas de ipê-roxo com 100%, 50%, 35% e 0% da área foliar original, aos 30 e 60 dias de cultivo em câmara úmida.....	34
Tabela 2 Artigo 1 – Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento de raízes formadas em miniestacas de ipê-roxo (<i>H. heptaphyllus</i>) tratadas com 0, 500, 1000 e 2000 mg L ⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), aos 30 e 60 dias de cultivo em câmara úmida.....	35
Tabela 3 Artigo 1 – Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento de raízes formadas em miniestacas de ipê-roxo de 1, 3 e 5 cm de comprimento com um par de folhas reduzidas a 50% da área foliar original oriundas de brotações de diferentes comprimentos (classes) aos 30 dias de cultivo em câmara úmida.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	15
2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES NATIVAS	20
2.2.1 Miniestaquia.....	21
2.2.2 Fatores que interferem no enraizamento adventício.....	22
3 CAPÍTULO I.....	278
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
4 CAPÍTULO II	44
4.1 INTRODUÇÃO	46
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	47
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.4 CONCLUSÃO.....	60
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

As áreas de plantios de espécies exóticas de rápido crescimento, principalmente do gênero *Eucalyptus*, possuem programas de melhoramento genético consolidados, com considerável conhecimento técnico e científico no processo de produção de mudas, disponibilizando clones selecionados para os diversos caracteres de interesse econômico, além da adaptação às diferentes condições edafoclimáticas do país (XAVIER; SILVA, 2010). Apesar da expansão dos plantios comerciais de espécies exóticas, a crescente demanda por madeira vem aumentando a pressão sobre espécies arbóreas nativas (FERREIRA; GALVÃO, 2000), as quais geram aumento na produção de mudas, afetando fortemente o setor produtivo (LORZA et al., 2006). Para esse grupo de espécies, a obtenção de mudas atende a projetos ecológicos de recuperação de ambientes degradados, matas ciliares e reservas legais, ou ainda para fins comerciais (INOUE; PUTTON, 2007). No entanto, há empecilhos para o uso econômico de espécies nativas, pois a demanda provém da exploração de remanescentes florestais.

Entre as diversas espécies nativas com grande potencial econômico e ambiental, tem-se o *Handroanthus heptaphyllus* (Velloso) Mattos, popularmente conhecido como ipê-roxo (LORENZI, 2008). Pertence à família Bignoniaceae e é uma espécie arbórea nativa de ampla ocorrência natural no Brasil, encontrado desde a Bahia até o Rio Grande do Sul e em outros países da América do Sul, como Argentina e Paraguai (GENTRY, 1992). Apresenta madeira de alta densidade e durabilidade natural, o que confere à espécie características próprias para utilização em obras internas e externas, sendo, portanto, muito requisitado e de alto valor comercial (PAULA; ALVES, 2007). É comumente utilizado em projetos de arborização urbana, paisagismo, recomposição da vegetação degradada e áreas de preservação permanente (LORENZI, 2008), bem como na medicina popular.

A reprodução sexuada é o método mais empregado para a produção de mudas de ipê-roxo no Brasil, no entanto, dificuldades são geradas nesse processo, como a desuniformidade das características da muda produzida devido principalmente à variação genotípica das sementes (MCKEY et al., 2010), a viabilidade relativamente curta, que para o ipê-roxo é de 3 a 4 meses de armazenamento (LORENZI, 2008) e quando a semente é insumo limitante (XAVIER et al., 2013). Diante disso, o mercado consumidor de mudas é cada vez mais

exigente em padrões de qualidade e devido às restrições impostas pela produção de mudas via seminal, a propagação vegetativa surge como uma alternativa promissora para a propagação de espécies nativas, como o ipê-roxo, permitindo a utilização para fins comerciais, bem como auxiliar no resgate e conservação de recursos genéticos florestais.

Entre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia atualmente merece especial destaque frente ao seu amplo uso pelas empresas florestais e excelentes resultados obtidos. Em detrimento à estaquia oferece inúmeras vantagens, como a obtenção mais rápida de mudas em decorrência da juvenilidade do material de origem e do maior controle das condições de operação, coleta das brotações e enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2003). A técnica consiste no enraizamento adventício de miniestacas produzidas em minicepas, mantidas em sistema de minijardim clonal (ASSIS, 1996; XAVIER et al., 2013). Entretanto, diversos fatores que interferem no enraizamento adventício necessitam ser avaliados para que o sucesso na produção de mudas seja alcançado, entre eles o genótipo e a aplicação de regulador de crescimento vegetal (XAVIER et al., 2013), a presença de folhas nas miniestacas (HARTMANN et al., 2011), o tamanho adequado dos propágulos vegetativos, bem como os parâmetros genéticos.

O foco da produção de mudas comerciais via miniestaquia direciona-se principalmente para os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (XAVIER et al., 2013), já possuindo programas consolidados pelas empresas florestais. A silvicultura clonal de espécies nativas ainda enfrenta alguns entraves, como a falta de conhecimento sobre as particularidades de cada espécie e o seu uso potencial, tecnologias e protocolos de manejo definidos permanecendo, ainda, em nível experimental (STUEPP et al., 2018). Resultados promissores indicam a potencialidade do ipê-roxo para a propagação vegetativa por miniestaquia (OLIVEIRA et al., 2015a, 2016; PIMENTEL et al., 2016b; RODRIGUES et al., 2017). No entanto, por se tratar de uma técnica recente, novas pesquisas ainda devem ser realizadas tanto em nível de propagação como na eficiência do desenvolvimento e crescimento a campo.

Diante desse contexto, os objetivos desse trabalho foram avaliar a influência do comprimento dos brotos, do tamanho e da área foliar das miniestacas e da aplicação de ácido indolbutírico (AIB), bem como estimar a correlação entre os

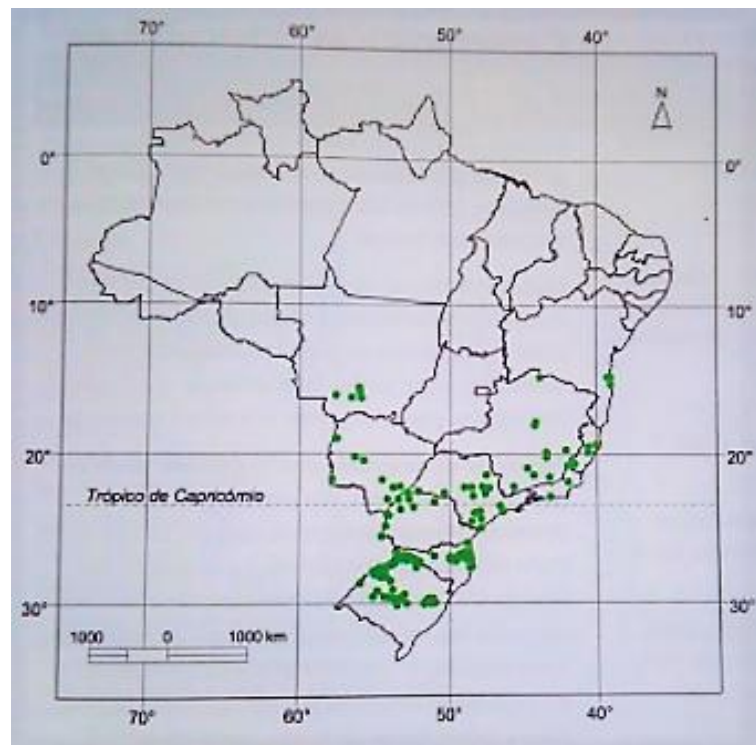
caracteres avaliados e os parâmetros genéticos do enraizamento adventício de clones de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

O *Handroanthus heptaphyllus* (Velloso) Mattos (LOZANO; ZAPATER, 2008; MATTOS, 1970), sinonímia *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo, tem sua ocorrência predominantemente na região neotropical (GROSE; OLMSTEAD, 2007). Pertence à família Bignoniaceae que possui aproximadamente 800 espécies reunidas em 120 gêneros (SOUZA; LORENZI, 2008). O Brasil é um dos centros de diversidade da espécie, ocorrendo desde a latitude de 13° S (Bahia) até 30° 03' S (Rio Grande do Sul) (Figura 1), além de outros países da América do Sul, como o Uruguai (CARVALHO, 2003), Argentina, Bolívia e Paraguai (GENTRY, 1992).

Figura 1 – Ocorrência natural de *Handroanthus heptaphyllus* no Brasil.



Fonte: CARVALHO, 2003.

A ampla ocorrência natural do ipê-roxo explica, pelo menos em partes, a variedade de nomes populares a ele atribuído: ipê, ipê-roxo, ipê-roxo-de-sete-folhas, ipê-preto, ipê-rosa, pau-d'arco-roxo (LORENZI, 2008). Na Argentina é conhecido como *lapacho*, *lapacho-crespo*, *ipé* (DIMITRI, 2000). Já no Paraguai constam os nomes *tajý*, *tajyrã*, *taxibó* (TORRES, 1970).

As plantas de ipê-roxo crescem em diversos tipos de solos, cujos relevos podem ser desde planos a pouco ondulados (CARVALHO, 2003), e pode ser plantado a pleno sol e em plantios puros ou mistos associado com espécies pioneiras e secundárias. De acordo com a classificação de Köppen tolera climas tropical (Af, Am e Aw), subtropical de altitude (Cwa e Cwb) e subtropical úmido (Cfa) (CARVALHO, 2003), ocorrendo principalmente na Floresta Ombrófila Densa (BRANDÃO; GAVILANES, 1994) e Floresta Semidecidual (KLEIN, 1985).

É uma espécie caducifólia, secundária tardia, heliófila a semi-heliófila (ORTEGA, 1995) e tolerante ao sombreamento de média intensidade em seu estágio juvenil (ENGEL; POGGIANI, 1990). Ocorre em vegetação secundária, isto é, em capoeira e capoeirões (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990), sendo que nessas formações pode se comportar como pioneira (CARVALHO, 2003), o que auxilia na evolução dos ecossistemas (BACKES; IRGANG, 2002).

Indivíduos adultos de ipê-roxo podem atingir de 10 a 20 m de altura (Figura 2A), com tronco de 40 a 80 cm de diâmetro, revestido com casca áspera de cor acinzentada (LORENZI, 2008) e espessura de até 40 mm (CARVALHO, 2003)(Figura 2B). A casca interna é amarelada, com tons róseos e abundantes fibras em lâminas distintas e fortes (CARVALHO, 2003) (Figura 2C).

As flores de ipê-roxo, as quais antecedem a formação das folhas, variam de roxo a rosa e estão reunidas em tirso multi-floral em panículas terminais (Figura 2D) (CARVALHO, 2003). No Brasil, a época de floração varia de acordo com a região de ocorrência. No Rio Grande do Sul floresce no mês de setembro (CARVALHO, 2003) quando a planta está totalmente despida de sua folhagem. A ramificação é cimoso, tortuosa a irregular, com copa larga e folhagem verde-escura (CARVALHO, 2003). As folhas são opostas, compostas, digitadas, com 5 a 7 folíolos, glabros, margem serrada, de 5 a 14 cm de comprimento por 3 a 6 cm de largura (LORENZI, 2008) (Figura 2D).

Os frutos de ipê-roxo estão dispostos em cápsula septicida longa e cilíndrica de superfície externa bege a quase preta após a deiscência das sementes

(LORENZI, 2008), com 20 a 35 cm de comprimento e 1,5 de largura (Figura 2E), contendo até aproximadamente 190 sementes por fruto. No Rio Grande do Sul, os frutos amadurecem de novembro a dezembro. Em plantios o processo reprodutivo inicia-se entre 4 e 7 anos de idade (CARVALHO, 2003). As sementes são abundantes e aladas com corpo castanho e duas asas esbranquiçadas e medem até 20 mm de comprimento por 7 mm de largura (Figura 2F), com dispersão anemocórica (CARVALHO, 2003) e germinação epígea (MATOS, 2017).

Figura 2 – Árvore (A), casca (B), casca interna (C), flores e folhas (D), frutos (E) e sementes (F) de *Handroanthus heptaphyllus*.



Fonte: Adaptado de LORENZI (2008).

As sementes de ipê-roxo são consideradas ortodoxas quanto à tolerância ao dessecamento, podendo ser armazenadas em condições de câmara fria e seca (12-17°C e 30-45% UR) (WIELEWICKI et al., 2006). O armazenamento pode ocorrer em sala climatizada (18°C e 49% UR) e/ou em câmara seca e fria (7,5°C e 55% UR) por 300 dias (TONETTO et al., 2015).

A madeira de ipê-roxo é dura e pesada, com densidade de 0,90 a 1,07 g cm⁻³ de madeira seca (CARVALHO, 2003). Possui boa resistência físico-mecânica ao ataque de insetos xilófagos e durabilidade natural, pois em comparação com espécies afins apresenta menor porcentagem de parênquima axial, fibras mais espessas e lignificadas (SCHULZE-HOFER; MARCHIORI, 2010). A espécie oferece produtos florestais madeireiros e não-madeireiros. Os registros do uso do ipê-roxo para fins madeireiros no Brasil datam desde o período das Reduções Jesuítico-Guarani no Rio Grande do Sul, sendo utilizado para construções e peças artísticas (SCHULZE-HOFER; MARCHIORI, 2009). A madeira possui alto valor comercial (SCHULZE et al., 2008) e é própria para construção de estruturas externas (Tabela 1), como quilhas de navios, postes, mourões, pilares de pontes, dormentes, para construção pesada, cangas, bengalas, eixos de rodas, vigas, carpintaria, marcenaria e na confecção de tacos de bilhar (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

Tabela 1 – Produtos florestais madeireiros e não-madeireiros produzidos por *Handroanthus heptaphyllus*.

Produtos florestais madeireiros	Produtos florestais não-madeireiros
Bengalas	Alimentação animal (forragem)
Carpintaria e marcenaria	Corante (tingimento de algodão e seda)
Dormentes	Energia (fabricação do carvão)
Eixos de rodas	Medicina popular
Postes e mourões	
Quilhas de navios	
Tacos de assoalho e de bilhar	

Fonte: CARVALHO (2003); LORENZI (2008). Organizado pela autora (2019).

Como produtos florestais não-madeireiros (Tabela 1), o ipê-roxo é amplamente empregado na medicina popular devido aos metabólitos secundários e potencialmente fitoterapêuticos presentes na casca e na entrecasca, como os

flavonoides e a classe das naftoquinonas, destacando-se o lapachol (e derivados). O extrato aquoso da casca de ipê-roxo sugere a presença de grupos fenólicos, especificamente flavonoides, o que lhe confere propriedades antioxidantes (PIETTA, 2000) e anti-inflamatórias (BYEON et al., 2008) sendo utilizadas no tratamento de hiperlipidemia, hipercolesterolemia e aterosclerose (PIZZIOLO et al., 2011). Já o lapachol pode ser utilizado como tratamento complementar de diversas doenças, destacando-se entre muitas as propriedades tripanossomicidas, antivirais, antitumorais (COSTA, 2010). Além disso, o ipê-roxo produz lenha de boa qualidade para energia na fabricação do carvão; da casca, também se extrai corante para tingimento do algodão e da seda; a forragem é utilizada para alimentação animal (CARVALHO, 2003).

Para suprir às demandas da aplicação do “Novo Código Florestal”, Lei 12.651/12 (BRASIL, 2012a), alterada pela Lei 12.727/2012 (BRASIL, 2012b), o ipê-roxo é uma espécie com grande potencial em atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas que geram serviços ambientais, como a manutenção de Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito (BRASIL, 2012a), o que atende à obrigatoriedade de proteção desse tipo de vegetação pelos proprietários rurais. Entre as formas de compensação pelas medidas de conservação ambiental necessárias para o cumprimento dessa Lei, um dos instrumentos para tal é a recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 2012a). Diante disso, o ipê-roxo é uma das espécies nativas que podem ser utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas (GONZALO et al., 2015) e de restauração ecológica através de reflorestamentos (COLMANETTI; BARBOSA, 2013) e sistemas agroflorestais (GARCIA et al., 2017).

A árvore de ipê-roxo em plena floração é um espetáculo de grande beleza, sendo, portanto, uma das espécies mais populares no paisagismo brasileiro e na arborização urbana de avenidas e ruas desprovidas de fiação elétrica (LORENZI, 2008). Conforme a Lei nº 3079/1988 do Município de Santa Maria (RS) o ipê-roxo é considerado árvore-símbolo, compondo também o brasão da cidade (SANTA MARIA, 1988). A espécie apresenta grande valor ornamental e porte compatível com vias públicas, o que caracteriza boa representatividade em ambientes urbanos. Entre as espécies nativas mais utilizadas para arborizar municípios brasileiros, o ipê-roxo obtêm maior frequência em muitos deles, como em Parauapebas, PA (FERRO

et al., 2015), Silveira Martins, RS (BACKES et al., 2011) e Araçoiaba da Serra, SP (SILVA et al., 2014).

2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES NATIVAS

A propagação vegetativa baseia-se na produção de novos indivíduos, a partir de uma planta-mãe, utilizando como propágulos vegetativos caules, folhas, raízes, entre outros (HARTMANN et al., 2011). Para que isso ocorra, a divisão celular somente é possível pela totipotência das plantas, princípio formulado por Haberlandt (1902) em que uma planta possui em seu núcleo todas as informações morfogênicas necessárias para a regeneração (ONO; RODRIGUES, 1996). Vale salientar que a totipotência não se manifesta da mesma forma em todas as espécies, sendo mais ou menos intensa de acordo com os diferentes tipos de células e ativada por diferentes condições ambientais (HOPPE et al., 2004)

De acordo com o melhoramento genético, esse processo é conhecido como clonagem, e os indivíduos resultantes são chamados de clones (XAVIER et al., 2013), os quais permitem que genótipos selecionados sejam multiplicados, diminuindo a presença da variabilidade genética. Geram-se, como isso, inúmeras vantagens para o setor florestal, principalmente a formação de plantios clonais com maior homogeneidade, produtividade e maior qualidade da madeira e de seus subprodutos (XAVIER et al., 2013).

Em espécies arbóreas, a propagação vegetativa pode ser realizada por diversas técnicas, sendo o método definido conforme o objetivo, a espécie, a característica genotípica da planta matriz, os tipos de propágulos, a época do ano e a capacidade de enraizamento (WENDLING et al., 2005). Entre as técnicas utilizadas, a estaquia e a miniestaquia possuem considerável avanço técnico e científico no setor florestal. Entretanto, a estaquia apresenta algumas limitações na propagação de material adulto, devido ao gradiente de maturação dos propágulos vegetativos, reduzindo a competência ao enraizamento adventício em alguns clones (ASSIS, 1997), além da baixa qualidade do sistema radicular formado nas estacas (ALFENAS et al., 2009). Atualmente, de acordo com as vantagens de operação e menor custo de implantação e manutenção, a miniestaquia é adotada por praticamente todas as empresas florestais (FERREIRA et al., 2004).

2.2.1 Miniestaquia

A miniestaquia surgiu do aprimoramento da estaquia convencional e foi desenvolvida para o eucalipto devido às limitações na obtenção de propágulos juvenis e vigor fisiológico adequado ao enraizamento a partir de estacas (XAVIER; WENDLING, 1998; WENDLING et al., 2000). A miniestaquia é favorecida pelo maior controle na irrigação e nutrição do minijardim clonal, maior facilidade na coleta das brotações e potencial de enraizamento das miniestacas (XAVIER et al., 2003). Devido a isso, as operações de manejo e condução do minijardim clonal são executadas mais rápida e facilmente, possibilitando a redução do tempo de formação da muda em viveiro, maior percentual e qualidade do enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2009; HIGASHI et al., 2000; XAVIER et al., 2013).

A miniestaquia consiste na utilização de mudas propagadas por sementes ou pela estaquia convencional, ou ainda pela própria miniestaquia, mantidas em sistema de minijardim clonal que, após a poda, constituirá as minicepas fornecedoras de brotações (miniestacas) para enraizamento e formação das futuras mudas clonais (XAVIER et al., 2013). O minijardim clonal é definido como área de multiplicação vegetativa formado por um conjunto de minicepas, com o intuito de fornecer miniestacas para o processo de miniestaquia (XAVIER et al., 2013). Cada minicepa sofre poda do seu ápice em intervalos de tempo variáveis de acordo com a época do ano, do clone/espécie e das condições nutricionais do minijardim clonal (WENDLING, 1999).

O estabelecimento do minijardim clonal ocorre em casa de vegetação climatizada (ALFENAS et al., 2009), cuja instalação é realizada sob diferentes sistemas, como bandejas, tubetes, sacos plásticos, vasos e canaletão de areia (XAVIER et al., 2013), sendo este último o mais empregado pelas empresas florestais (XAVIER; SILVA, 2010). A nutrição mineral é fornecida diariamente por fertirrigação contendo macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento das minicepas, o que possibilita maior produtividade de brotos (ALFENAS et al., 2009), além de antecipar o tempo de coleta das brotações (TORRES, 2003).

As miniestacas são coletadas e acondicionadas em substrato para o enraizamento adventício (XAVIER; SANTOS, 2002; WENDLING, 1999), as quais podem ser enraizadas em recipientes coletivos (bandejas e caixas) ou individuais (tubetes), contendo substratos adequados para este fim, como vermiculita, casca de

arroz carbonizada, areia, ou a mistura de componentes, e mantidas em ambiente controlado por período variável de acordo com a espécie e condições ambientais de enraizamento (FERRIANI et al., 2010).

Para a produção de mudas florestais nativas ainda há carência de estudos que viabilizem o processo a partir de miniestacas. Resultados promissores indicam a potencialidade do ipê-roxo para a propagação por miniestaquia (PIMENTEL et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2015a, 2016; RODRIGUES et al., 2017). Outros trabalhos também atingiram boas perspectivas para a aplicação dessa técnica com canjerana (*Cabralea canjerana* Vell. Martius) (GIMENES et al., 2017), erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) (PIMENTEL et al., 2017), louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steudel) (KIELSE et al., 2015), pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) (PIRES et al., 2015) e angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) (DIAS et al., 2012). No entanto, por se tratar de uma técnica recente, novas pesquisas ainda devem ser realizadas para incrementar o percentual de enraizamento das miniestacas.

2.2.2 Fatores que interferem no enraizamento adventício

O processo de enraizamento e formação das mudas de miniestacas é semelhante ao da estaquia, os quais envolvem o redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas e um novo sistema radicular, dando origem às raízes adventícias, sendo estas assim chamadas em virtude da indução ocorrer em um local diferente daquele que normalmente ocorreria o seu desenvolvimento (XAVIER et al., 2013).

O enraizamento adventício baseia-se em quatro fases de desenvolvimento: primeiramente ocorre a desdiferenciação celular, que consiste na capacidade que as células já diferenciadas têm de formar um novo ponto meristemático de crescimento; após isso surgem as raízes iniciais, ainda não perceptíveis; os primórdios de raiz tornam-se, então, perceptíveis, as quais proporcionam o crescimento radicular; por fim, ocorre o crescimento e a emergência das raízes, sendo suficiente para proporcionar a sustentação da nova planta (HARTMANN et al., 2011). Dois padrões básicos de emergência do sistema radicular adventício podem ser considerados: direto e indireto. No primeiro caso, o enraizamento adventício ocorre diretamente da

miniestaca. Já no indireto, forma-se primeiramente o calo e, a partir deste, o crescimento do sistema radicular (XAVIER et al., 2013).

O sucesso na miniestaquia é alcançado entendendo-se como alguns fatores influenciam o processo rizogênico, entre eles, o genótipo e a aplicação de fitorreguladores (XAVIER et al., 2013), a presença de folhas (HARTMANN et al., 2011) e o tamanho adequado dos propágulos vegetativos, já que estes variam de acordo com a espécie (FERNANDES et al., 2017).

A constituição genética de cada material é um fator importante a ser considerado, o que pode proporcionar índices de enraizamento adventício satisfatórios ou não no processo de produção de mudas. Em relação ao potencial de formação de raízes adventícias, Hartmann e colaboradores (2011) classificaram as plantas de fácil, moderado e difícil enraizamento. As de fácil enraizamento possuem em seus tecidos todas as substâncias endógenas necessárias à formação de raízes, entre elas as auxinas. Nas plantas de moderado enraizamento, a presença de cofatores ocorre em condições satisfatórias, porém há a necessidade de aplicação de fitorreguladores vegetais para aumentar a formação de raízes. Já nas plantas de difícil enraizamento, as substâncias indutoras da rizogênese estão ausentes ou as células são pouco responsivas a esses compostos. Nesse grupo de plantas, mesmo com a aplicação de auxinas, estas promovem pouca ou nenhuma resposta ao enraizamento. A capacidade de enraizar difere drasticamente entre as espécies, bem como entre clones de uma mesma espécie (XAVIER et al., 2013). Resultados obtidos com miniestacas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) apresentaram maiores porcentagens de enraizamento na ausência de auxina, demonstrando aptidão natural ao potencial rizogênico (MANTOVANI et al., 2017). Em cinco clones híbridos de *Eucalyptus grandis* confirmou-se a diferença de comportamento dos clones avaliados quanto à capacidade rizogênica, bem como diferenças de velocidade de resposta das miniestacas de acordo com o clone (MELO et al., 2011).

O estímulo hormonal para a emissão de raízes adventícias é um fator de grande importância na miniestaquia (SMART et al., 2003). Os fitohormônios fazem parte do grupo de substâncias orgânicas que ocorrem naturalmente na planta em pequenas concentrações, influenciando os processos fisiológicos de crescimento, diferenciação e desenvolvimento das raízes (DAVIES, 1995). Quando essas substâncias possuem baixo nível endógeno ou quando o intuito é acelerar o

enraizamento adventício, aplicam-se substâncias sintéticas, denominadas reguladores de crescimento vegetal e/ou fitorreguladores (XAVIER et al., 2013). Entre os mais conhecidos e de interesse na propagação de plantas, tem-se as auxinas, citocininas, giberelinas e etileno, assim como os inibidores, como o ácido abscísico e compostos fenólicos (HARTMANN et al., 2011).

Algumas espécies apresentam dificuldade de enraizamento devido à baixa concentração endógena de fitohormônios, necessitando da aplicação de auxinas sintéticas para aumentar a eficiência do método de propagação (MENDONÇA et al., 2002). O teor adequado de auxina exógena depende da espécie, da concentração utilizada e da forma de aplicação (PEÑA et al., 2012). O aumento da concentração de auxinas aplicadas em miniestacas até um valor máximo provoca um efeito estimulador, a partir do qual qualquer acréscimo na concentração pode inibir o enraizamento (FACHINELLO et al., 2005). O equilíbrio entre os diversos fitohormônios presentes nas plantas influencia fortemente o enraizamento de miniestacas, sendo necessário que haja um balanço adequado principalmente entre auxinas, giberelinas e citocininas (FACHINELLO et al., 2005). Uma das formas mais aplicadas para favorecer o balanço hormonal para o enraizamento é a utilização de auxinas, entre elas o ácido naftalenoacético (ANA), o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e o ácido indol-3-butírico (AIB) (TAIZ; ZEIGER, 2013). O AIB é o fitorregulador mais utilizado no estímulo da rizogênese por se tratar de uma substância fotoestável, de ação localizada e menos sensível à degradação biológica (FACHINELLO et al., 1995), podendo reduzir o tempo de permanência das miniestacas no ambiente de enraizamento.

O uso do AIB varia de acordo com a forma de aplicação, possibilitando a veiculação via líquida ou pó (XAVIER et al., 2013), ou ainda via gel (BRONDANI et al., 2008). As melhores respostas para a porcentagem de enraizamento de ipê-roxo foram obtidas em miniestacas tratadas com AIB na forma hidroalcoólica (SOUZA et al., 2015). Já para a análise do potencial rizogênico de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muellos índices de enraizamento foram semelhantes para a maioria das características avaliadas, independente da forma de aplicação, no entanto, o fitorregulador em pó proporcionou mudas com maior vigor fisiológico, além de possuir maior facilidade de aplicação (ALMEIDA et al., 2007).

A avaliação da responsividade de diferentes espécies arbóreas quanto à aplicação de fitorreguladores e suas faixas ideais de concentração é recorrente nos

trabalhos científicos. Os processos rizogênicos de miniestacas do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii* responderam positivamente à aplicação de AIB, sendo a faixa situada entre as concentrações de 4.000 mg L⁻¹ e 6.000 mg L⁻¹ a que promoveu os melhores resultados para o enraizamento em certos clones avaliados (BRONDANI et al., 2008). Já em miniestacas de ipê-roxo, a competência ao enraizamento adventício foi atingida sem a necessidade da aplicação de auxinas (RODRIGUES et al., 2017), o que torna o processo de produção de mudas menos oneroso (OLIVEIRA et al., 2015a).

A presença das folhas nas miniestacas é outro fator que pode influenciar a emissão de raízes adventícias. A formação radicular relaciona-se, entre outros fatores, com as quantidades endógenas de substâncias, as quais estão diretamente interligadas aos processos fisiológicos de diferenciação celular e crescimento vegetal (DAVIES, 1995). Entre essas substâncias, as auxinas são um importante fator de enraizamento de miniestacas de diversas espécies, e as citocininas, produzidas nas raízes, estimulam a divisão celular da parte aérea (HARTMANN et al., 2011). As auxinas são sintetizadas nas folhas jovens e gemas apicais, as quais são translocadas em direção basípeta da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). As folhas destacam-se como tecidos fotossintetizantes, pois as reservas geradas nesse processo são responsáveis pela síntese de carboidratos necessários como fonte de energia à formação de raízes (HARTMANN et al., 2011).

A manutenção das folhas ou de parte delas é importante para o enraizamento de miniestacas de diversas espécies. A prática de reduzir as folhas em miniestacas teve sua origem na técnica utilizada na produção de mudas por macroestacas nas décadas de 1980 e 1990 (SANTANA et al., 2010) com o objetivo de evitar a transpiração e a consequente perda de água dos propágulos. No entanto, esse fato pode ser uma das principais causas da morte de miniestacas antes da formação das raízes, uma vez que para a divisão celular ocorrer é necessário que as células dos tecidos das miniestacas estejam túrgidas (NORBERTO et al., 2001). Além disso, o corte foliar pode ser um local de entrada de microrganismos patogênicos durante a fase de enraizamento, devido às lesões causadas nas folhas das miniestacas (ALFENAS et al., 2009). O método comumente utilizado nos viveiros de mudas clonais é a manutenção de dois pares de folhas nas miniestacas, reduzindo-se em 50% a área foliar (XAVIER, 2002).

Diversos trabalhos científicos têm sido realizados para entender como a presença de folhas influencia no processo da rizogênese, sendo que a maioria indica a manutenção total das folhas nos propágulos. A presença das folhas em estacas de cerejeira-do-japão (*Prunus serrulata* Lindl.) foi fundamental para a viabilidade da propagação vegetativa da espécie, demonstrando que as estacas sem folhas apresentaram 100% de mortalidade (FRAGOSO et al., 2015). Em vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.), Neubert e colaboradores (2017) afirmam que a presença das folhas foi importante para o enraizamento e para a sobrevivência das miniestacas, facilitando as práticas operacionais e a otimização do tempo de preparo das miniestacas, o que reduz o custo das mudas. Em estudo realizado na empresa Cenibra (Belo Horizonte, Minas Gerais), a prática de manter a folha inteira das miniestacas do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, a empresa aumentou a produção diária por pessoa em cerca de 23%, passando de um rendimento operacional de 2.992 para 3.696 miniestacas/pessoa/ dia, respeitando-se os intervalos de descanso de 10 minutos a cada hora trabalhada (SOUZA et al., 2013).

A resposta do material propagativo em relação ao enraizamento adventício pode ser influenciada pelo tamanho dos propágulos vegetativos, o qual está diretamente relacionado com a identificação do ponto ideal de coleta dos brotos. Esse é um importante aspecto a ser considerado, pois brotos muito tenros ou muito lenhosos podem ser inadequados para o enraizamento (ALFENAS et al., 2009). Além disso, o comprimento das miniestacas relaciona-se com a condição nutricional das mesmas, sendo a quantidade de reservas variável de acordo com o tamanho utilizado (PIZZATO, et al., 2011). O tamanho das miniestacas pode influenciar tanto nas reservas de carboidratos como na concentração de auxinas endógenas, o que proporciona maior sobrevivência, emissão mais rápida de raízes e o número e tamanho das brotações produzidas durante o crescimento inicial da planta (BRAGA et al., 2006). Estacas pequenas poderão ser usadas quando há necessidade de propagar genótipos superiores que tenham pouca disponibilidade de plantas-matrizes, com a finalidade de maximizar a taxa de multiplicação do material propagado. Por outro lado, estacas maiores podem tornar-se mais suscetíveis à desidratação devido à grande superfície exposta ao ambiente e à maior demanda de água para suprir a grande quantidade de tecido vivo (PAIVA et al., 1999).

Quanto ao tamanho dos propágulos vegetativos e a contribuição destes ao enraizamento adventício, estudos têm demonstrado que ocorre variação de acordo

com a espécie que se pretende propagar. Em propagação vegetativa de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) a partir de estacas preparadas com tamanhos de 5 cm, 8 cm e 11 cm, os tamanhos de miniestacas não influenciaram a porcentagem de enraizamento (FERNANDES et al., 2017). Em contrapartida, os menores comprimentos de raízes desenvolvidas em estacas de juazeiro (*Ziziphus juazeiro* Mart.) foram encontrados em maiores tamanhos de estacas (30 cm) (ROCHA et al., 2015). A maioria dos estudos com espécies arbóreas com o intuito de quantificar o tamanho adequado de propágulos vegetativos e a influência no enraizamento adventício têm sido realizados através da propagação por estacas. Isso demonstra a necessidade de novos estudos avaliando o comportamento de miniestacas de espécies florestais quanto a esse aspecto.

3 CAPÍTULO I

Enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos)¹

RESUMO: O ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos) é uma espécie arbórea muito utilizada na medicina popular e na indústria madeireira, podendo suas mudas serem produzidas por sementes ou por propagação vegetativa. Entretanto, existem poucas informações acerca dos fatores que afetam a produção de mudas por propagação vegetativa, especialmente quanto ao enraizamento adventício. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo estudar o enraizamento adventício de miniestacas de ipê-roxo em função do comprimento dos brotos, do comprimento e da área foliar das miniestacas e no uso de ácido indolbutírico (AIB). Assim, brotos foram seccionados em miniestacas de 3 cm de comprimento, com 100%, 50%, 35% ou 0% da área foliar original e tratadas com 0, 500, 1000 ou 2000 mg L⁻¹ de AIB. Em outro experimento, brotos foram classificados quanto ao comprimento em três classes: I (entre 5 e 20 cm), II (entre 21 e 40 cm) e III (entre 41 e 60 cm) e seccionados em miniestacas de 1, 3 e 5 cm de comprimento com um par de folhas reduzido em 50% da área original. As miniestacas foram avaliadas quanto às porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes formadas. A manutenção da área foliar é necessária para a sobrevivência e para o enraizamento das miniestacas, em contrapartida, o AIB não afeta a produção de mudas. Miniestacas de ipê-roxo com 5 cm apresentam competência ao enraizamento e podem ser preparadas a partir de brotações de até 40 cm de comprimento. Portanto, o comprimento dos brotos e das miniestacas, e a presença de área foliar afetam a produção de mudas de ipê-roxo por miniestaquia.

Palavras chave: propagação vegetativa, miniestaquia, ácido indolbutírico, tamanho, área foliar.

ABSTRACT: The ipe-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos) is an arboreal species widely used in folk medicine and timber industry. Both seeds and vegetative propagules can be used for propagation. However, little information is available about the factors that affect plantlet production, especially on the adventitious rooting. The objectives of this study were to investigate the adventitious rooting of ipe-roxo mini-cuttings based upon length of shoots, length and leaf area of mini-cuttings and the need of indol-butiric acid (IBA). Shoots were cut into mini-cuttings of 3 cm length with 100%, 50%, 35% or 0% of the original leaf area and treated with 0, 500, 1000 or 2000 mg L⁻¹ IBA. In another experiment, shoots were classified by length into three classes: I (between 5 and 20 cm), II (between 21 and 40 cm) and III (between 41 and 60 cm) and cut into mini-cuttings of 1, 3 and 5 cm in length with 50% of the original area. The percentages of survival and rooting, number and length of roots per mini-cutting were evaluated. Leaf area is necessary for survival and rooting of ipe-roxo mini-cuttings. IBA does not affect plantlet production. Mini-cuttings of 5 cm are competent for rooting and can be prepared from shoots up to 40 cm lengthy. Therefore, the length of shoots and mini-cuttings as well as the presence of leaf area affect the production of ipe-roxo plantlets by mini-cuttings.

Keywords: vegetative propagation, minicutting, indolbutyric acid, size, leaf area.

¹ Artigo publicado na Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, São Paulo, v.19, n.1, p.129-137, 2017.

INTRODUÇÃO

Handroanthus heptaphyllus Velloso Mattos (Bignoniaceae) é uma espécie arbórea conhecida popularmente como ipê-roxo, pau-d'arco e ipê-rosa. Apresenta ampla ocorrência natural no Brasil, sendo encontrada desde a latitude 13° S (Bahia) até 30° S (Rio Grande do Sul), e em outros países da América do Sul, como na Argentina e no Paraguai (Carvalho, 2003). A madeira é de alta densidade, com notável durabilidade natural e resistente a agentes decompositores e insetos xilófagos (Lorenzi, 2008; Schulze-Hofer & Marchiori, 2010), sendo muito requisitada e, por isso, de alto valor comercial (Paula & Alves, 2007).

Além da importância madeireira, a casca e a entrecasca do ipê-roxo apresentam compostos secundários que conferem propriedades antitumoral, antiúlcera, antimicrobiana e anti-inflamatória, assim como ação cercaricida e analgésica, sendo amplamente utilizadas na medicina popular (Stefanello, 1993; Carvalho, 2003). A atividade fitoterápica do ipê-roxo se deve à presença de compostos fenólicos da classe das naftoquinonas, entre as quais se destaca o lapachol e os flavonoides. Pesquisas recentes mostram que o extrato aquoso da casca desta espécie pode ser utilizado no tratamento do diabetes *mellitus* (Grochanke et al., 2016) e no combate ao protozoário *Trypanosoma cruzi*, patógeno causador da doença de Chagas na América Latina (Neves-Pinto et al., 2002; Schmeda-Hirschmann & Papastergiou, 2003).

O alto valor medicinal e, sobretudo, o interesse madeireiro, estimulam o corte seletivo que, por sua vez, resulta na fragmentação da vegetação e na ameaça de extinção de diversas espécies de *Handroanthus* (Scheleder et al., 2003). Nesse sentido, é de grande relevância a adoção de estratégias que revertam, pelo menos parcialmente, os impactos gerados à composição florística. Uma opção que se destaca é o adensamento de indivíduos de espécies secundárias típicas das matas, o qual deve ser realizado através do plantio de mudas (Güntzel et al., 2011). Assim, a produção de mudas de espécies do gênero *Handroanthus*, principalmente do *H. heptaphyllus*, é de grande importância para acelerar o processo de recomposição da vegetação degradada.

A produção de mudas de ipê-roxo por sementes é dificultada em razão de serem recalcitrantes ao armazenamento (Eibl et al., 1994) e possuírem um período de viabilidade natural relativamente curto (Cabral et al., 2003), variando de 3 a 4 meses após a coleta (Lorenzi, 2008). Diante disso, estudos realizados

demonstraram que o ipê-roxo pode ser vegetativamente propagado pela técnica da miniestaquia (Oliveira et al., 2015a; Oliveira et al., 2016; Pimentel et al., 2016). A miniestaquia consiste no enraizamento adventício de miniestacas produzidas em minicepas, mantidas em sistema de minijardim clonal (Assis, 1996; Xavier et al., 2013). Entretanto, o processo de rizogênese é dependente de diversos fatores como a idade ontogenética, o genótipo, a nutrição mineral, a aplicação de fitorreguladores, a presença de folhas e o tamanho adequado dos propágulos vegetativos (Xavier et al., 2013; Paiva & Gomes, 2011).

Entre os fitorreguladores, o ácido indolbutírico (AIB) é a auxina comumente utilizada na propagação vegetativa (Brondani et al., 2008) por estimular a formação de raízes adventícias (Hartmann et al., 2011; Taiz & Zeiger, 2013). No entanto, o efeito é benéfico somente quando aplicado na concentração adequada, a qual, por sua vez, é dependente da espécie e do conteúdo endógeno dessa substância no tecido vegetal (Fachinello et al., 2005). As auxinas são sintetizadas nas folhas (Paiva & Gomes, 2011), assim como os fotoassimilados (Pacheco & Franco, 2008), açúcares solúveis e outras substâncias, as quais são armazenadas e servem como fonte de energia no processo de enraizamento (Dias et al., 2011). Além de locais de biossíntese de auxina, as folhas também apresentam influência no enraizamento adventício devido à perda de água pela transpiração (Fachinello et al., 2005). A quantidade de reservas também é influenciada pela nutrição mineral das minicepas, as quais produzirão brotos maiores e mais vigorosos (Pizzatto et al., 2011), maximizando a produtividade do minijardim clonal e as porcentagens de enraizamento das miniestacas (Fachinello et al., 2005; Braga et al., 2006; Costa et al., 2007).

Considerando a importância madeireira, as propriedades fitoterápicas e o potencial da propagação vegetativa como técnica para a produção de mudas do ipê-roxo, este trabalho teve por objetivo avaliar alguns fatores que podem influenciar no enraizamento adventício, como o comprimento dos brotos, o comprimento e a área foliar das miniestacas e o uso de ácido indolbutírico (AIB).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no período de setembro de 2013 a fevereiro de 2015, em casa de vegetação climatizada do Núcleo de Melhoramento e

Propagação Vegetativa de Plantas, Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Foram conduzidos experimentos de miniestaquia de ipê-roxo utilizando material propagativo de 36 minicepas de origem seminal, estabelecidas em minijardim clonal com sistema fechado de cultivo sem solo com areia grossa como substrato e irrigação por inundação, conforme Bandinelli et al. (2013). Foram realizadas podas de formação das minicepas e coletas periódicas dos brotos até a uniformização do crescimento e da produção de novos brotos, os quais foram utilizados para a realização dos experimentos. Além disso, exsicatas foram preparadas com ramos de ipê-roxo coletados nas minicepas estabelecidas no sistema de minijardim clonal, e depositadas no Herbário do Departamento de Ciências Florestais da UFSM, onde se encontram tombadas sob o registro n^o 7282.

A solução nutritiva foi fornecida ao sistema de minijardim clonal duas vezes por dia, durante 15 minutos, com o auxílio de um programador digital e uma bomba submersa de baixa vazão, até o encharcamento completo da areia. A solução nutritiva foi constituída pelas seguintes quantidades de macronutrientes e micronutrientes (mmol L⁻¹): 8,30 de N na forma de nitrato; 1,11 de N na forma de amônio; 0,46 de P; 3,30 de K; 2,10 de Ca; 1,03 de Mg; 2,27 de S; 0,0009 de B; 0,00031 de Cu; 1,25 de Fe; 0,00054 de Mn; 0,00012 de Zn; 0,000016 de Mo. O pH da solução foi mantido entre 5,5 e 6,0 e condutividade elétrica em 1,5 dS m⁻¹, ambos ajustados semanalmente.

Em um experimento, brotos foram seccionados em miniestacas de aproximadamente 3 cm de comprimento, com 100%, 50%, 35% e 0% da área foliar original (Figuras 1A, 1B, 1C e 1D, respectivamente). As miniestacas foram imersas por 10 segundos em uma solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB) nas concentrações de 0, 500, 1000 e 2000 mg L⁻¹ e cultivadas em bandejas de polietileno (55 x 34 x 15 cm) contendo substrato comercial à base de casca de pinus e vermiculita de granulometria fina (partículas entre 0,3 e 0,5 mm de diâmetro) na proporção de 1:2 (v/v), conforme indicado por Pimentel et al. (2016).

Para o enraizamento, as miniestacas foram mantidas em câmara úmida, com umidade relativa do ar de aproximadamente 85%, fornecida por climatizador acionado automaticamente 10 vezes ao dia durante 1 minuto, e temperatura média de 27 °C no seu interior. Aos 30 e 60 dias de cultivo foram avaliadas as porcentagens de sobrevivência e enraizamento das miniestacas, o número e

comprimento das raízes. O experimento foi um fatorial 4 x 4 (área foliar e concentração de AIB), no delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições de quatro miniestacas.

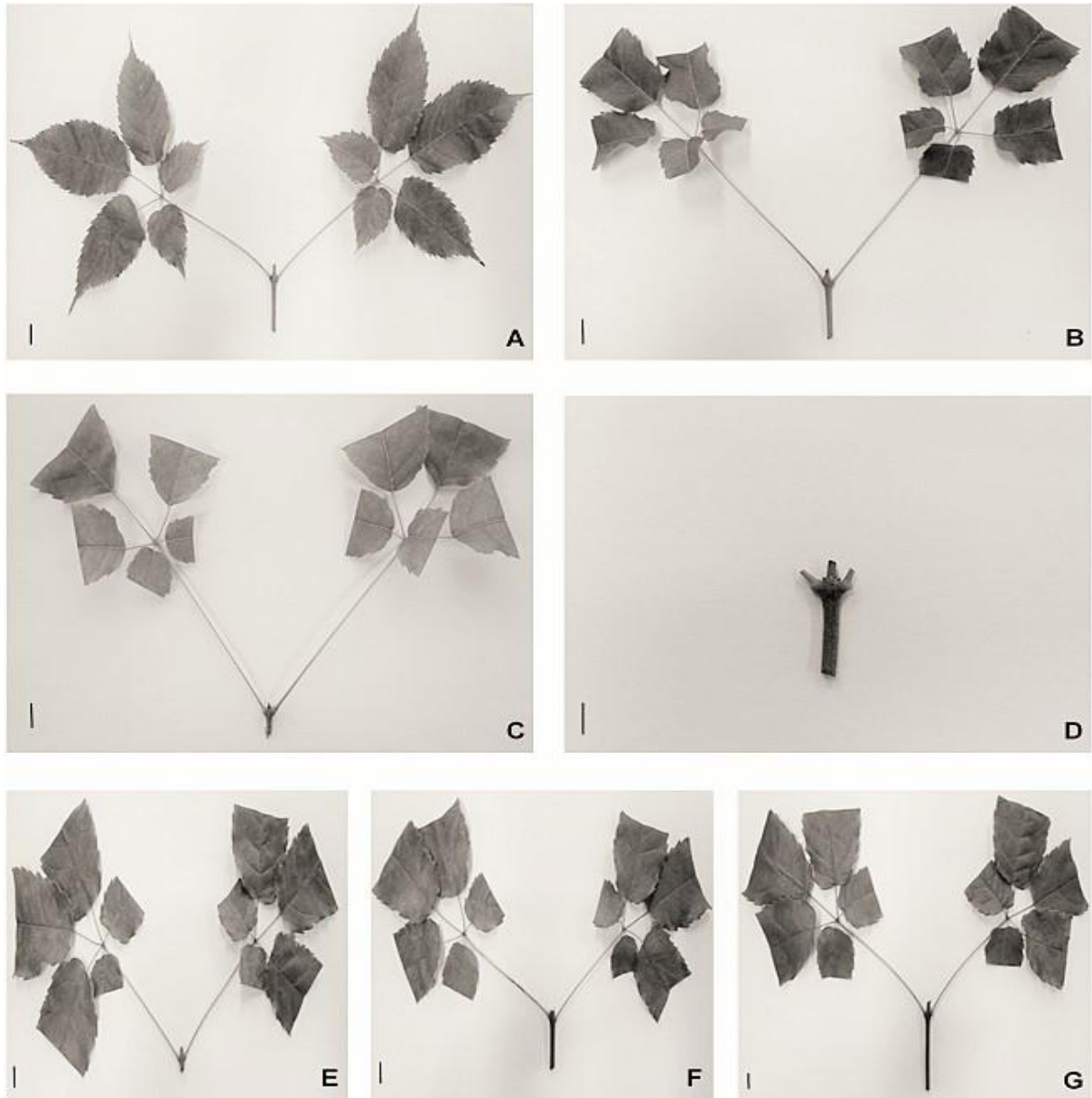


FIGURA 1. Miniestacas de ipê-roxo (*H. heptaphyllus*) indicando os tratamentos com níveis de área foliar de 100% (A), 50% (B), 35% (C) e 0% quando toda a área foliar foi retirada (D); e com níveis de comprimento das mesmas de 1 cm (E), 3 cm (F) e 5 cm (G), com as folhas reduzidas em 50% da área foliar. Barra = 1 cm.

Em outro experimento, os brotos coletados nas minicepas foram classificados quanto ao comprimento em: classe I (entre 5 e 20 cm), classe II (entre 21 e 40 cm) e classe III (entre 41 e 60 cm). Os brotos foram então seccionados em miniestacas de

1, 3 e 5 cm de comprimento (Figuras 1E, 1F e 1G, respectivamente), contendo um par de folhas reduzidas a 50% da área foliar original. A redução da área foliar se justifica por ser uma prática comumente adotada para o enraizamento de miniestacas de ipê-roxo, possibilitando melhor aproveitamento do espaço na câmara úmida. O substrato utilizado e as condições de enraizamento foram as mesmas descritas anteriormente. Aos 30 dias de cultivo foram avaliadas as porcentagens de sobrevivência e enraizamento das miniestacas, o número e comprimento das raízes. O experimento foi um fatorial 3 x 3 (comprimento das brotações x comprimento das miniestacas) no delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições de quatro miniestacas.

Para atender à normalidade, os dados de porcentagem foram transformados para arcoseno $\sqrt{x/100}$ e de contagem para $\sqrt{x+0,5}$. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No enraizamento de miniestacas de ipê-roxo, os efeitos da área foliar e do tratamento com AIB foram independentes, pois não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores estudados para as porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número e o comprimento das raízes formadas nas miniestacas. Entretanto, isoladamente, a área foliar das miniestacas afetou todas as variáveis analisadas neste estudo, aos 30 e 60 dias de cultivo (Tabela 1). A presença das folhas, mesmo na proporção de 35% da área foliar original, foi essencial para a sobrevivência e o enraizamento, sendo que as miniestacas de ipê-roxo que tiveram sua área foliar retirada (0%) não formaram raízes adventícias e, conseqüentemente, apresentaram 98,7% e 100% de mortalidade aos 30 e 60 dias de cultivo (Tabela 1). Resultados semelhantes foram verificados por Fochesato et al. (2006) e Pacheco & Franco (2008), nos quais 100% das estacas sem folha de louro (*Laurus nobilis* L.) e de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) morreram antes mesmo de enraizar.

A redução da área foliar é uma prática frequentemente aplicada na propagação vegetativa por estaquia e miniestaquia, com o intuito de minimizar a perda de água por transpiração como recomendado por Xavier et al. (2013) e Alfenas et al. (2009). Entretanto, aparentemente a perda de água por transpiração

das folhas não afeta negativamente a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas de ipê-roxo.

TABELA 1. Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento de raízes formadas em miniestacas de ipê-roxo com 100%, 50%, 35% e 0% da área foliar original, aos 30 e 60 dias de cultivo em câmara úmida.

Área foliar	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	Número de raízes	Comprimento de raízes (cm)
Aos 30 dias de cultivo				
100%	81,3 a*	11,3 ab	0,7 a	0,5 b
50%	72,5 a	25,0 a	0,8 a	1,7 a
35%	61,3 a	13,8 ab	0,4 ab	0,8 ab
0%	1,3 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
Média	54,1	12,5	0,5	0,8
CV (%)	53,3	122,2	81,9	91,3
Aos 60 dias de cultivo				
100%	63,8 a	30,0 a	2,6 a	4,7 a
50%	58,8 a	38,8 a	1,4 a	4,0 a
35%	56,3 a	32,5 a	1,2 a	3,5 a
0%	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
Média	44,7	25,3	1,3	3,1
CV (%)	81,5	107,9	86,3	85,6

*Valores seguidos de letra diferente na coluna diferem-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Também foi possível observar neste estudo que a manutenção da área foliar é essencial para ocorrer o enraizamento das miniestacas de ipê-roxo, assim como no desenvolvimento em número e comprimento das raízes (Tabela 1). As folhas são locais de síntese de auxinas (Pacheco & Franco, 2008), a qual é translocada em direção basípeta pelo floema (Taiz & Zeiger, 2013) e atuam na diferenciação celular e na emissão de raízes adventícias (Nachtigal & Pereira, 2000). Além disso, a presença de folhas pode maximizar a produção e mobilização de fotoassimilados (Pacheco & Franco, 2008), entre eles os açúcares e os carboidratos, os quais segundo Han et al. (2009), correlacionam-se com maiores porcentagens de enraizamento e sobrevivência dos propágulos vegetativos.

De modo geral, as miniestacas com 100%, 50% e 35% da área foliar apresentaram resultados semelhantes para todas as variáveis estudadas. Entretanto, considerando a eficiência operacional, a confecção de miniestacas de ipê-roxo com 100% da área foliar é o procedimento mais adequado, reduzindo os movimentos repetitivos para o corte das folhas, o tempo, e os custos com sua produção (Souza et al., 2013). Além disso, a presença da área foliar completa não favoreceu a presença de doenças e nem prejudicou a irrigação, efeitos citados por

Xavier et al. (2013) como empecilhos para a utilização de propágulos vegetativos sem redução foliar. O efeito “guarda-chuva” impede a chegada da água no substrato e na base do propágulo, o qual é contornado pela maior eficiência dos sistemas de irrigação que, nos últimos anos, tiveram incrementos tecnológicos consideráveis (Alfenas et al., 2009; Correia et al., 2015). Resultados similares foram verificados em híbridos de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Eucalyptus globulus* Labill.), nos quais não é necessária a redução da área foliar das miniestacas para a produção de mudas por miniestaquia (Santana et al., 2013; Correia et al., 2015).

A aplicação de AIB nas miniestacas de ipê-roxo, independentemente da concentração utilizada, não afetou as porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número e comprimento das raízes aos 30 e 60 dias de cultivo (Tabela 2).

TABELA 2. Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento de raízes formadas em miniestacas de ipê-roxo (*H. heptaphyllus*) tratadas com 0, 500, 1000 e 2000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), aos 30 e 60 dias de cultivo em câmara úmida.

Concentração de AIB (mg L ⁻¹)	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	Número de raízes	Comprimento de raízes (cm)
Aos 30 dias de cultivo				
0	58,8 a	3,8 a	0,2 a	0,5 a
500	57,5 a	13,8 a	0,3 a	0,8 a
1000	56,3 a	17,5 a	0,5 a	1,0 a
2000	43,8 a	15,0 a	0,9 a	0,8 a
Média	54,1	12,5	0,5	0,8
CV (%)	53,3	122,2	81,9	91,3
Aos 60 dias de cultivo				
0	47,5 a	13,8 a	0,7 a	2,0 a
500	45,0 a	35,0 a	1,2 a	4,2 a
1000	52,5 a	32,5 a	1,7 a	2,7 a
2000	33,8 a	20,0 a	1,5 a	3,3 a
Média	44,7	25,3	1,3	3,1
CV (%)	81,5	107,9	86,3	85,6

*Valores seguidos de letra diferente na coluna diferem-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A não necessidade do uso de AIB é uma vantagem da propagação vegetativa, pois torna o processo de produção de mudas menos oneroso (Oliveira et al., 2015b). Esses resultados são muito importantes para a produção de mudas de ipê-roxo, pois mostram que miniestacas de 36 genótipos são competentes ao enraizamento mesmo sem a aplicação de AIB, com reflexos diretos nos custos de produção. Além disso, existe a possibilidade de selecionar clones de ipê-roxo com maior competência ao enraizamento, para aumentar a porcentagem de miniestacas

enraizadas, o que reduz ainda mais os custos de produção de mudas por miniestaquia.

A propagação vegetativa é um processo que busca a seleção de genótipos superiores quanto à capacidade e a velocidade de formação do sistema radicular adventício. Além disso, as mudas produzidas por esta técnica devem ter custo final competitivo, se comparadas às mudas produzidas por sementes. Para isso, o tempo de manutenção das plantas em câmara úmida deve ser o menor possível, maximizando a utilização das estruturas de propagação e a rotação das miniestacas no ambiente de enraizamento. Em estudos preliminares foi observado que alguns clones de ipê-roxo apresentaram a máxima porcentagem de enraizamento entre os 35 e 42 dias em câmara úmida, podendo por meio de seleção, reduzir ainda mais o tempo de permanência dos propágulos em ambiente de enraizamento. Com este intuito, optou-se por realizar a avaliação do segundo experimento aos 30 dias de cultivo, com vistas em fornecer subsídios para estudos futuros de seleção de clones de ipê-roxo.

O efeito do tamanho das miniestacas de ipê-roxo é independente do comprimento das brotações utilizadas para o preparo das mesmas, pois não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre esses fatores para as porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número e o comprimento das raízes formadas nas miniestacas, aos 30 dias de cultivo. Tanto o comprimento das brotações quanto o tamanho das miniestacas afetaram todas as variáveis analisadas (Tabela 3).

Miniestacas de ipê-roxo oriundas de brotações de até 40 cm de comprimento (classes I e II) apresentaram as maiores porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes (Tabela 3). Esse resultado pode ser atribuído ao menor grau de lignificação dessas brotações quando comparadas com aquelas da classe III, sendo que o grau de lignificação dos propágulos afeta a capacidade rizogênica. A lignificação pode ser uma barreira física à formação das raízes, dificultando a iniciação e crescimento de primórdios radiculares. Além disso, a lignificação pode proporcionar uma barreira química, uma vez que o aumento do grau de lignificação reduz os teores de auxinas nos tecidos vegetais, devido a sua degradação pela peroxidase (Hartmann et al., 2011). Essa relação entre o menor grau de lignificação dos tecidos, associada à maior porcentagem de enraizamento adventício, também foi observada em estacas de espinheira-santa (*Maytenus muelleri* Schwacke) (Lima et al., 2011).

TABELA 3. Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento de raízes formadas em miniestacas de ipê-roxo de 1, 3 e 5 cm de comprimento com um par de folhas reduzidas a 50% da área foliar original oriundas de brotações de diferentes comprimentos (classes) aos 30 dias de cultivo em câmara úmida.

Classes de comprimento dos brotos	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	Número de raízes	Comprimento de raízes (cm)
Classe I	88,3 a**	73,3 a	3,7 a	4,9 a
Classe II	76,7 a	76,7 a	3,3 a	4,9 a
Classe III	46,7 b	11,7 b	0,6 b	0,5 b
Média	70,6	53,9	2,6	3,5
CV (%)	40,9	45,6	32,3	32,7

Tamanho da miniestaca (cm)				
1	75,0 a	40,0 b	1,7 b	3,5 a
3	65,0 a	50,0 b	2,6 ab	3,4 a
5	71,7 a	71,7 a	3,4 a	3,5 a
Média	70,6	53,9	2,6	3,5
CV (%)	40,9	45,6	32,3	32,7

*Classe I = 5 a 20 cm; Classe II = 21 a 40 cm e Classe III = 41 a 60 cm.

**Valores seguidos de letra diferente na coluna diferem-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O comprimento dos brotos afeta diretamente a produtividade do minijardim clonal, ou seja, quanto maior o comprimento dos brotos utilizados para a confecção do material vegetativo, tanto maior será o número de miniestacas produzidas no sistema (Pizzatto et al., 2011). Além disso, brotações com maiores comprimentos também poderão apresentar maiores diâmetros, possibilitando a obtenção de miniestacas com maiores quantidades de reservas, que podem ser decisivas no processo da rizogênese (Fachinello et al., 2005). Diante destas afirmações, no presente estudo, as brotações da classe III seriam as mais indicadas para maximizar a produção de mudas de ipê-roxo por miniestaquia. Entretanto, os resultados deste trabalho mostram claramente que existe um limite de crescimento dos brotos sem afetar a sobrevivência e o enraizamento das miniestacas. Para o ipê-roxo, brotos produzidos em minijardim clonal no sistema fechado de cultivo sem solo de até 40 cm de comprimento podem ser utilizados para o preparo de miniestacas. Isso é importante para viabilizar a produção massal de mudas por miniestaquia, pois combina a coleta continuada de material propagativo no minijardim clonal com alta produção de miniestacas por minicepa. Além disso, a coleta continuada de brotos das minicepas permite que estas mantenham um bom estado vegetativo e um sistema radicular ativo, maximizando a produção de miniestacas (Alfenas et al., 2009; Cunha et al., 2005).

A porcentagem de enraizamento e o número de raízes foram afetados pelo comprimento das miniestacas de ipê-roxo, sendo as miniestacas de 5 cm superiores às demais (Tabela 3). Este resultado pode estar associado ao maior conteúdo de reservas nutricionais presentes nas miniestacas de maior comprimento, como os carboidratos, os quais estão diretamente relacionados à biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas, servindo de cofatores do enraizamento (Fachinello et al., 2005). Resultados semelhantes foram obtidos com pitaia (*Hylocereus undatus* Haw.) em que estacas com maiores comprimentos apresentaram melhor enraizamento (Pontes Filho et al., 2014). No entanto, estacas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C) e de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) apresentaram uma redução da capacidade rizogênica com o aumento do tamanho (Lima et al., 2006; Oliveira et al., 2008). Estes resultados confirmam que o tamanho ideal do propágulo vegetativo varia de acordo com a espécie vegetal estudada (Nicoloso et al., 2001).

Uma das maiores dificuldades do uso da miniestaquia como técnica de propagação vegetativa de espécies florestais nativas é a falta de informações técnicas disponíveis, tanto em nível experimental quanto comercial (Xavier et al., 2003). Além disso, muitas espécies arbóreas necessitam da aplicação de fitorreguladores com a finalidade de estimular a rizogênese (Brondani et al., 2008), o que, devido ao custo e a mão-de-obra, podem limitar a produção de mudas por miniestaquia. Os resultados deste trabalho mostram claramente que a miniestaquia de ipê-roxo, espécie de grande importância madeireira e medicinal, é uma técnica viável de produção de mudas para os pequenos viveiristas. Após o estabelecimento das minicepas de ipê-roxo, as brotações de até 40 cm podem ser coletadas para o preparo de miniestacas de 5 cm de comprimento com um par de folhas, o que possibilita ajustar os intervalos entre coletas. O fato das miniestacas não necessitarem de AIB e nem da redução da área foliar também é muito relevante para a produção massal, pois apresentam reflexos diretos nos custos de produção. Isso se deve ao fato de que o preparo dos propágulos vegetativos é o maior responsável pelos custos no processo de produção de mudas (Leite et al., 2005).

Mesmo sendo observada diferença de enraizamento entre o primeiro (60 dias em câmara úmida) e o segundo experimento (30 dias em câmara úmida), é possível manter os propágulos de ipê-roxo por menor período em ambiente controlado, sem prejuízos nas respostas rizogênicas, otimizando o uso da infraestrutura de produção de mudas. Esta diferença de enraizamento pode ser justificada pelas diferentes

épocas do ano de condução dos dois experimentos, primavera e verão, respectivamente. A época do ano pode exercer grande influência no enraizamento adventício (Fachinello et al., 2005), pelo fato de que as condições fisiológicas da planta matriz são influenciadas pelas variações sazonais (Xavier et al., 2013). Assim, destaca-se a importância de realização de novos estudos com a finalidade de determinar a melhor época do ano para a coleta das miniestacas de ipê-roxo.

Da mesma maneira, a produção de mudas de ipê-roxo por miniestaquia é viável para grandes viveiros a partir do aumento da taxa de multiplicação através da seleção de clones que combinem alta produtividade de minicepas com alta porcentagem de enraizamento das miniestacas produzidas em menor espaço de tempo, maximizando, assim, a produção de miniestacas enraizadas por minicepa. A seleção de clones poderá ser associada à miniestaquia seriada, que também é indicada para aumentar a taxa de multiplicação (Wendling et al., 2014). Resultados promissores desta técnica foram observados por Wendling & Xavier (2005), os quais verificaram aumento no enraizamento e no vigor de clones de *Eucalyptus grandis* com baixo grau de juvenildade, após sete subcultivos. Portanto, os avanços alcançados nesse estudo definem alguns dos fatores mais importantes que afetam o enraizamento de miniestacas de ipê-roxo, aliados às pesquisas futuras, como a identificação de clones mais responsivos ao enraizamento adventício, representando um passo importante para a produção massal de mudas por miniestaquia.

CONCLUSÃO

A produção de mudas de ipê-roxo por miniestaquia é influenciada por fatores como área foliar e comprimento dos brotos e das miniestacas. Mudas de ipê-roxo podem ser produzidas a partir de brotos com comprimento de até 40 cm, os quais são utilizados para o preparo de miniestacas de 5 cm de comprimento e um par de folhas, com competência ao enraizamento sem a necessidade da aplicação de ácido indolbutírico.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2009. 500p.
- ASSIS, T.F. Melhoria genética de eucalipto. **Informe Agropecuário**, v.18, n.185, p.32-51, 1996.
- BANDINELLI, M.G. et al. MS salt and sucrose concentrations in the *in vitro* multiplication and acclimatization of potato. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.2, p.242-247, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362013000200011>. Acesso em: 16 abr. 2016.
- BORGES, S.R. et al. Enraizamento de Miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.425-434, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000300006>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- BRAGA, M.F. et al. Enraizamento de estacas de três espécies silvestres de *Passiflora*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Joboticabal, v.28, n.2, p.284-288, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v28n2/a29v28n2>>. Acesso em: 09 abr. 2016.
- BRONDANI, G.E. et al. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cabbage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, v.9, n.2, p.153-158, 2008. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2902599>>. Acesso em: 09 abr. 2016.
- CABRAL, E.L. et al. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Acta Botânica Brasílica**, v.17, p.609-617, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062003000400013>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v.1, 2003. 1039p. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v.1).
- CORREIA, A.C.G. et al. redução foliar em miniestacas e microestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.39, n.2, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000200295>. Acesso em: 04 ago. 2016.
- COSTA, L.C.B. et al. Comprimento da estaca e tipo de substrato na propagação vegetativa de atroveran. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1157-1160, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782007000400040>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- CUNHA, A.C.M.C.M. et al. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage em sistema de hidroponia e em tubetes. **Ciência Florestal**, v.15, n.3, p.307-310, 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1868>>. Acesso em: 23 jun. 2016.
- DAVIES, P. J. The plant hormone concert: concentration, sensitivity and transport. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer, 1995. p.13-38.
- DIAS, J.P.T. et al. IBA e carboidratos no enraizamento de brotações procedentes de estacas radiciais de *Rubus spp.* **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p.

666-671, 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452011000500093>. Acesso em: 15 jun. 2016.

DIAS, P.C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.36, n.3, p.389-399, 2012. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622012000300001>.

Acesso em: 22 abr. 2016

EIBL, B.I. et al. Ensayos de germinación y análisis cuantitativo em semillas de espécies forestales nativas de Misiones, R.A. **Yviaretá**, Eldorado, v.5, n.5, p.33-48, 1994.

FACHINELLO, J.C. et al. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas. 2005. 221p.

FOCHESATO, M.L. et al. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.8, n.3, p.72-77, 2006.

Disponível em:

<http://www.sbpmed.org.br/download/issn_06_2/artigo11_v8_n3.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2016.

GROCHANKE, B.S. et al. Compostos fenólicos da casca de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos e efeitos do extrato aquoso no perfil lipídico, glicêmico e na lipoperoxidação em ratos diabéticos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, n.1, supl. I, p.264-272, 2016. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722016000500264>. Acesso em: 15 jun. 2016.

GÜNTZEL, A.M. et al. Análise fitossociológica de um remanescente de vegetação na microbacia do Córrego Criminoso (Bacia do Rio Taquari, Coxim, MS, Brasil): subsídios para a recomposição da vegetação. **Acta Botanica Brasilica**, v.25, n.3, p.586-592, 2011.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062011000300011>. Acesso em: 15 jun. 2016.

HAN, H. et al. A review on the molecular mechanism of plants rooting modulated by auxin. **African Journal of Biotechnology**, v.8, n.3, p.348-353, 2009. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/3AE97F45526>>.

Acesso em: 24 jul. 2016.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8 ed., Boston: Prentice-Hall, 2011. 915p.

LEITE, H.G. et al. Determinação dos custos da qualidade em produção de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.955-964, 2005. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600015>. Acesso em: 03 mai. 2016.

LIMA, D.M. et al. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indolbutírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.4, p.422-438, 2011.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722011000400008>. Acesso em: 04 mai. 2016.

LIMA, et al. Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.83-86, 2006. Disponível

em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452006000100024>. Acesso em: 04 mai. 2016.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, v.1, 2008. 384p.

NACHTIGAL, J.C.; PEREIRA, F.M. Propagação de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv. 'Okinawa' por meio de estacas herbáceas em câmara de nebulização em Jaboticabal - SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, n.2, p.208-212, 2000.

NEVES-PINTO, C. et al. A Trypanocidal Phenazine Derived from β -Lapachone. **Journal of Medicinal Chemistry**, Biblioteca Britânica, n.45 (10), p.2112-2115, 2002. Disponível

em:<<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jm010377v?journalCode=jmcmar>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

NICOLOSO, F.T. et al. Comprimento da estaca de ramo no enraizamento de ginseng brasileiro (*Pfaffia glomerata*). **Revista Ciência Rural**, v.31, n.1, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000100009>. Acesso em: 27 jun. 2016.

OLIVEIRA, Y. et al. Comprimento das estacas no enraizamento de melaleuca. **Scientia Agraria**, v.9, n.3, p.415-418, 2008. Disponível em:

<<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/agraria/article/view/12508/8605>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

OLIVEIRA, T.P.F. et al. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p.2423-2432, 2015a. Disponível em:

<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/16378>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

OLIVEIRA, J.A.R. et al. Tipos de estacas e uso de AIB na propagação vegetativa de fisális. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.3, p.342-346, 2015b. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/2571>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

OLIVEIRA, T.P.F. et al. Aplicação de AIB e tipo de miniestaca na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, v.26, n.1, p.299-306, 2016. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982016000100313>. Acesso em: 27 jul. 2016.

PACHECO, J.P.; FRANCO, E.T.H. Substratos e estacas com e sem folhas no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.1900-1906, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000700015>. Acesso em: 06 mai. 2016.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. 3ed. Viçosa: UFV, 2011. 52p.

PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. **Madeiras nativas do Brasil**: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. 1ª ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2007. 438p.

PIMENTEL, N. et al. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v.46, n.6, p.996-1002, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000600996>. Acesso em: 10 mai. 2016.

PIZZATTO, M. et al. 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, p.487-492, 2011. Disponível em:

- <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2011000400013>. Acesso em: 15 jun. 2016.
- PONTES FILHO, F.S.T. et al. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaiá. **Revista Ciência Agrônômica**, v.45, n.4, p.788-793, 2014. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3399/1017>>. Acesso em: 02 mai. 2016.
- SANTANA, R.C. et al. Effect of Minicutting Length and Leaf Area Reduction on Growth and Nutritional Status of Eucalypt Propagules. **ISRN Forestry**, v. 2013, p.6, 2013. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/905730/>>. Acesso em: 28 abr. 2016.
- SHULZE-HOFER, M.C.; MARCHIORI, J.N.C. O uso da madeira nas Reduções Jesuítico-Guarani do Rio Grande do Sul. 12 – Análise crítica. **Balduinia**, n.19, p.14-18, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/balduinia/article/view/14109/8832>>. Acesso em: 11 abr. 2016.
- SCHLEDER, E.J.D. et al. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl – BIGNONEACEAE. **Ensaio e Ciência – Séries Agrárias**. Campo Grande, v.7, n.2, p.271-282, 2003.
- SCHMEDA-HIRSCHMANN, G.; PAPASTERGIOU, F. Naphthoquinone Derivatives and Lignans from the Paraguay na Crude Drug “TayıPyta” (*Tabebuia heptaphylla*, Bignoniaceae). **Zeitschrift für Naturforsch**, n.58, p.495-501, 2003. Disponível em: <<http://sci-hub.cc/10.1515/znc-2003-7-809>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- STEFANELLO, M.E.A. **Avaliação estatística de plantas medicinais**: química, farmacológica e sistemática. São Paulo: USP. Instituto de Química, 1993. 208p.
- SOUZA, C.C. et al. 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. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622013000100008>. Acesso em: 27 jun. 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.139-143, abr. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622003000200003>. Acesso em: 25 abr. 2016.
- XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. 2ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV. 2013, 220p.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.921-930, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600011>. Acesso em: 15 jun. 2016.
- WENDLING, I. et al. Maturation and related aspects in clonal forestry – Part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v.45, n.4, p.473-486, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/263050660_Maturation_and_related_aspects_in_clonal_forestry-part_II_Reinvigoration_rejuvenation_and_juvenility_maintenance>. Acesso em: 16 jun. 2016.

4 CAPÍTULO II

RESUMO

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR E ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE MINIESTACAS DE IPÊ-ROXO

O objetivo deste trabalho foi estimar o coeficiente linear de Pearson e os parâmetros genéticos do enraizamento adventício de clones de ipê-roxo. Para isso nove clones foram estabelecidos em minijardim clonal, os quais forneceram brotações para confecção das miniestacas ao longo de sete coletas. A cada coleta foi contabilizado o número de miniestacas produzidas por minicepa (NMP). As miniestacas foram enraizadas em tubetes de 110 cm³ contendo substrato comercial à base de casca de pinus e vermiculita (1:2 v/v) em câmara de nebulização por aspersão. Após 45 dias mensurou-se o número de miniestacas enraizadas (NME) e a porcentagem de enraizamento (PE) por clone. A matriz de correlação de Pearson entre os caracteres de produtividade e de enraizamento foi determinada no software Action[®] por meio do teste t de Student, a 5 % de probabilidade. Os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e a predição dos valores fenotípicos e genotípicos pela melhor predição linear não viciada (BLUP), por meio do software Selegen-REML/BLUP. O NME mostrou alta correlação linear com o NMP e com a PE. A análise de deviance revelou diferenças significativas para o NMP, NME e PE, o que indica a existência de variabilidade genética entre os clones de ipê-roxo. O coeficiente de repetibilidade individual foi de média magnitude, aproximando-se de 50% para os três caracteres avaliados nesse estudo. O coeficiente de determinação, eficiência seletiva e acurácia aumentaram com o número de coletas. Quatro coletas foram suficientes para obter 80% do coeficiente máximo de determinação com alta precisão e alta eficiência seletiva. Os parâmetros genéticos confirmam a superioridade dos clones de ipê-roxo utilizados na propagação vegetativa.

Palavras-chave: Propagação vegetativa. *Handroanthus heptaphyllus*. Correlação de Pearson. Repetibilidade. Selegen-REML/BLUP.

4 CAPÍTULO II

ABSTRACT

LINEAR CORRELATION COEFFICIENTS AND ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS FOR THE ADVENTICIOUS ROOTING OF IPÊ-ROXOMINICUTTINGS

The objective of this work was to estimate Pearson's linear coefficients and those of character repeatability related to adventitious rooting for already selected clones of purple. Nine clones were established in clonal minijardim, which provided sprouts for minicuttings during seven collections. Each collection was counted the number of minicuttings produced by minicepa (NMP). The minicuttings were rooted in 110 cm³ tubes containing pine bark-based commercial substrate and vermiculite (1: 2 v / v) in a spray mist chamber. After 45 days the number of rooted minicuttings (NME) and the percentage of rooting (PE) per clone were measured. The Pearson correlation matrix between the productivity and rooting characters was determined in the Action® software by Student's t-test, at 5% probability. The repeatability coefficients were estimated using the maximum likelihood (REML) method and the prediction of phenotypic and genotypic values by the best non-additive linear prediction (BLUP) using the Selegen-REML/BLUP software. NME showed a high linear correlation with NMP and with PE. Deviance analysis revealed significant differences for NMP, NME and PE, indicating genetic variability among ipe-roxo clones. The individual repeatability coefficient was of average magnitude, approaching 50% for the three characters evaluated in this study. The coefficient of determination, selective efficiency and accuracy increased with the number of collections. Four collections were sufficient to obtain 80% of the maximum determination coefficient with high precision and high selective efficiency. The genetic parameters confirm the superiority of the ipe-roxo clones used in vegetative propagation.

Keywords: Vegetative propagation. *Handroanthus heptaphyllus*. Pearson correlation. Repeatability. Selegen-REML/BLUP.

4.1 INTRODUÇÃO

Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos (Bignoniaceae), conhecido popularmente como ipê-roxo, ipê-rosa, ipê-preto, entre outros é uma espécie arbórea nativa de ampla ocorrência natural encontrada desde a Bahia até o Rio Grande do Sul, incluindo outros países da América do Sul, como Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (CARVALHO, 2003). O ipê-roxo possui alto valor econômico devido às características madeireiras, sendo próprio para obras internas e externas (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008). Na medicina popular é muito utilizado através do chá das cascas e entrecasca, complementando o tratamento de diversas doenças (PIZZIOLO et al., 2011). Além disso, é uma espécie com grande potencial ecológico para proteção da vegetação ciliar e de reserva legal, na recuperação de ambientes degradados, além da alta frequência em projetos de arborização urbana e paisagismo.

A produção de mudas de ipê-roxo é realizada via propagação sexuada, no entanto, há dificuldades nesse processo devido à desuniformidade das mudas produzidas, o período de viabilidade das sementes de ipê-roxo ser relativamente curto e quando estas são insumos limitantes ao longo do ano. Com isso, com o intuito de contornar as dificuldades impostas pelo uso de sementes, a propagação vegetativa por miniestaquia surge como uma alternativa para a produção de mudas de ipê-roxo. A miniestaquia consiste no enraizamento adventício de miniestacas produzidas em minicepas, mantidas em sistema de minijardim clonal (ASSIS, 1996; XAVIER et al., 2013). Pesquisas realizadas com o ipê-roxo demonstraram que a espécie pode ser propagada vegetativamente por miniestacas (OLIVEIRA et al., 2015a; OLIVEIRA et al., 2016; PIMENTEL et al., 2016a; RODRIGUES et al., 2017).

A previsão de parâmetros genéticos como herdabilidade e repetibilidade é uma das contribuições mais importantes da genética quantitativa para o melhoramento de plantas (RESENDE, 2015). Em plantas perenes, quando o interesse é a propagação assexuada de indivíduos selecionados, a seleção propriamente dita deve se basear em valores genéticos genotípicos e, para isso, o procedimento ótimo e padrão utilizado atualmente é o método da máxima verossimilhança restrita (REML) sob modelo individual e a predição dos valores fenotípicos e genotípicos pela melhor predição linear não viciada (BLUP) (RESENDE, 2002). O método REML/BLUP é um procedimento ideal de avaliação

genotípica, conhecido como metodologia de modelos mistos, levando a estimativas e previsões mais precisas de parâmetros e valores genéticos, respectivamente (RESENDE, 2016).

Para as medidas repetidas em cada indivíduo ao longo do tempo existem diversas alternativas para predição dos efeitos e para a modelagem da estrutura de correlação entre as referidas medidas. Dentre essas alternativas cita-se o modelo univariado simplificado de repetibilidade, o qual assume que o caráter é o mesmo de uma medida para outra, que as correlações fenotípicas são de mesma magnitude entre os pares de avaliações, assim como o modelo univariado de repetibilidade mais interação genótipo x medições (RESENDE, 2002). Ao se escolher um genótipo a expectativa é que sua superioridade inicial perdure por diversas safras, sendo esta veracidade comprovada pelo coeficiente de repetibilidade, que permite determinar o número de observações fenotípicas que devem ser realizadas, com um mínimo de custo e mão de obra (CRUZ et al, 2012).

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi estimar o coeficiente linear de Pearson e os parâmetros genéticos do enraizamento adventício de clones de ipê-roxo.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação climatizada do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas (29°43'21.68"S, 53°43'11.34"W; altitude 104m), da Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante no estado é do tipo Cfa (subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes), com precipitações médias anuais de que variam de 1,322 a 1,769 mm (MORENO, 1961). O solo do local está classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 1999).

As coletas de brotações ocorreram no período de dezembro de 2017 a dezembro de 2018. O minijardim clonal de ipê-roxo foi estabelecido sobre telha de fibrocimento em sistema fechado de cultivo sem solo e fertirrigação por inundação, constituído de duas minicepas por clone (12SM02, 12SM03, 12SM05, 12SM06, 12SM08, 12SM10, 12SM18, 12SM20 e 13SM55), cultivadas em espaçamento 10 x

10 cm, com aproximadamente dois anos de idade. As minicepas dos clones são de origem seminal *ex vitro*, com exceção do clone 13SM55, oriundo da germinação *in vitro* (PIMENTEL et al., 2016b).

A solução nutritiva foi fornecida ao sistema de minijardim clonal duas vezes por dia, durante 15 minutos, com o auxílio de um programador digital e uma bomba submersa de baixa vazão, até o encharcamento completo da areia. A solução nutritiva foi constituída pelas seguintes quantidades de macronutrientes e micronutrientes (mmol L⁻¹): 8,30 de N na forma de nitrato; 1,11 de N na forma de amônio; 0,46 de P; 3,30 de K; 2,10 de Ca; 1,03 de Mg; 2,27 de S; 0,0009 de B; 0,00031 de Cu; 1,25 de Fe; 0,00054 de Mn; 0,00012 de Zn; 0,000016 de Mo. O pH da solução foi mantido entre 5,5 e 6,0 e condutividade elétrica em 1,5 dS m⁻¹, ambos ajustados semanalmente.

Brotos de até 40 cm de comprimento (Figura 3A) foram coletados para preparar as miniestacas com 5 cm de comprimento e um par de folhas reduzidas em 50% da área original (Figura 3B) (RODRIGUES et al., 2017), totalizando sete coletas sucessivas. As miniestacas foram acondicionadas em bandejas com capacidade para 96 tubetes de 110 cm³ cada, contendo substrato comercial à base de casca de pinus do fabricante Maxfértil e vermiculita na proporção 1:2 (v/v) (Figura 3C), conforme indicado por Pimentel e colaboradores (2016a). O enraizamento ocorreu em câmara úmida (Figura 3D) com iguais condições de temperatura e umidade relativa do ar durante todo o período experimental (27°C e 85%, respectivamente). A umidade foi fornecida por nebulização automatizada 8 vezes ao dia durante 1 minuto com fluxo de ar de 10m³/min. Em cada coleta foi contabilizado o número de miniestacas produzidas por minicepa (NMP) e decorridos 45 dias em câmara úmida, o número de miniestacas enraizadas (NME) e a porcentagem de enraizamento (PE). As miniestacas foram consideradas enraizadas (Figura 2E) quando alcançaram raízes iguais ou maiores que 0,1 cm.

A partir de todas as plantas mensuradas para cada clone foi estimada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson (*r*) entre os caracteres de produtividade e enraizamento avaliados nesse estudo (NMP, NME e PE). A significância de *r* foi verificada por meio do teste *t* de Student, a 5% de probabilidade pelo software Action[®]. A intensidade das relações entre as variáveis variou de 1 a -1, a qual representa a correlação perfeita e positiva (*r* = 1) ou correlação perfeita e negativa (*r* = -1) entre duas variáveis, ou seja, enquanto uma aumenta a outra

diminui e, à medida que se aproxima de 1 vai ficando perfeita a correlação. A categorização da magnitude dos coeficientes foi interpretada conforme indicado por Cohen (1988): valores entre 0,10 e 0,29 são considerados pequenos; entre 0,30 e 0,49, médios; e valores entre 0,50 e 1,0 são interpretados como grandes.

Figura 3 – Brotos de *Handroanthus heptaphyllus* formados em minicepas estabelecidas em minijardim clonal (A), seccionados em miniestacas com um par de folhas reduzidas a 50% da área original (B), cultivadas em tubetes de 110 cm³ (C), mantidas em câmara úmida durante 45 dias (D) para o enraizamento das miniestacas (E). Barra = 1 cm.



Fonte: Autora (2019).

Os dados mensurados foram submetidos à análise de deviance (ANADEV) e os parâmetros genéticos estimados pela metodologia REML/BLUP, por meio do software Selegen (RESENDE, 2002). Para esta análise foi utilizado o modelo estatístico 63, que corresponde ao modelo básico de repetibilidade sem delineamento apresentado por Resende (2006). O modelo estatístico é expresso por: $y = Xm + Wp + e$, em que: y é o vetor de dados; m é o vetor dos efeitos da coleta (assumidos como fixos) somados à média geral; p é o vetor dos efeitos permanentes de plantas (efeitos genotípicos + efeitos de ambiente permanente, assumidos como

aleatórios) e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os efeitos de m e p , respectivamente.

A significância da diferença no ajuste de diferentes modelos foi testada usando o teste de razão de verossimilhança (LRT), proposto por Wilks (1938) e definido pelo modelo: $\lambda = 2(\text{Log}_e L_{p+1} - \text{Log}_e L_p)$, em que L_{p+1} e L_p correspondem aos picos da função de verossimilhança associados ao modelo completo e ao modelo reduzido, respectivamente. Assim, λ deve ser comparado com a função de densidade de probabilidade (χ^2 , Tabela 3) para um determinado número de graus de liberdade e probabilidade de erro (DOBSON, 1990). O número de graus de liberdade é definido pela diferença entre o número de parâmetros entre os modelos avaliados.

A eficiência do uso de m medições em cada planta comparada com o uso de uma medida em cada planta em relação ao ganho genético com seleção é definida pela função: $f = [m/[1 + (m-1)*\rho]]^{1/2}$, em que f é a eficiência seletiva; m é o número de medições e ρ é o coeficiente de repetibilidade. Esta expressão é válida para estratégias sexuadas e assexuadas para reproduzir o genótipo selecionado. O valor m para atingir uma fração do coeficiente máximo de determinação é definido pela função: $m = f(1-\rho)/(1-f)\rho$. O modelo básico de repetibilidade sem desenho experimental foi ajustado pelo software Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016).

Os valores genotípicos de cada clone foram obtidos somando cada efeito genotípico à média geral do experimento. O ganho genético equivale à média dos vetores dos efeitos genéticos preditos para os clones selecionados. A média geral somada ao ganho genético resulta na média da população melhorada. O desempenho relativo de cada clone foi obtido pela relação entre as médias da população melhorada de cada clone e a média do clone de maior valor genético. Foram acrescentados na listagem os valores fenotípicos de cada clone, correspondentes aos valores observados no experimento. A avaliação foi feita com base nos clones que apresentaram desempenho relativo superior a 80%.

O estudo do cálculo do coeficiente de repetibilidade individual (r) seguiu os seguintes parâmetros: baixa repetibilidade ($r \leq 0,30$), média ($0,30 < r < 0,60$) e alta repetibilidade ($r \geq 0,60$) (RESENDE, 2002).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) para cada par de caracteres apresentaram significância estatística ($p < 0,05$), diferindo apenas a magnitude das associações. O número de miniestacas enraizadas mostrou associação linear positiva e de alta magnitude com o número de miniestacas produzidas por minicepa ($r = 0,6671$) e com a porcentagem de enraizamento ($r = 0,7647$) (Tabela 2).

Tabela 2 – Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para o número de miniestaca produzidas por minicepa (NMP), número de miniestacas enraizadas (NME) e porcentagem de enraizamento (PE) dos clones de *Handroanthus heptaphyllus* em diferentes coletas.

Caráter	NME	PE
NMP	0,6671*	0,2565*
NME		0,7647*

*Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

A produtividade de minicepas e a porcentagem de enraizamento definem a taxa de multiplicação de um clone (WENDLING et al., 2015), o que corresponde ao número de miniestacas enraizadas e, conseqüentemente, à quantidade efetiva de mudas produzidas (BURIN et al., 2018). O número de miniestacas enraizadas é um caráter de suma importância, pois a combinação da produtividade de miniestacas com a porcentagem de enraizamento identifica quais clones são superiores, o que otimiza o processo de produção de mudas e aumenta o ganho genético (OLIVEIRA et al., 2015b). O fato do número de miniestacas enraizadas de ipê-roxo apresentar correlação positiva com o número de miniestacas produzidas e com a porcentagem de enraizamento é um resultado fundamental para a propagação vegetativa da espécie em estudo, pois demonstra que quanto maior o número de miniestacas produzidas e enraizadas, maior será o potencial de produção de plantas devido à alta taxa de multiplicação.

A correlação entre o número de miniestacas produzidas por minicepa e a porcentagem de enraizamento, embora tenha sido significativa ($p < 0,05$), foi de baixa magnitude ($r = 0,2565$) (Tabela 2), sendo ambas as variáveis independentes entre si.

O aumento da produtividade de miniestacas em minijardim clonal somente é considerado adequado quando a produtividade de minicepas está associada ao aumento da porcentagem de enraizamento e, conseqüentemente, à alta taxa de multiplicação. Esse resultado pode significar que existe pouca variabilidade genética para a variável porcentagem de enraizamento. Além disso, se a definição de clones superiores basear-se apenas na produtividade ou na porcentagem de enraizamento pode haver equívoco e resultar na identificação de clones com baixa taxa de multiplicação, sendo uma desvantagem para a produção comercial de mudas. Resultados semelhantes também foram encontrados em estudo realizado com canjerana (*Cabralea canjerana* Vell. Martius), no qual ambas as variáveis obtiveram baixa correlação linear entre si (BURIN et al., 2018).

A análise de deviance individual revelou diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os clones para o número de miniestacas produzidas por minicepa, número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento para os quais o modelo completo ajustou melhor os dados que o modelo reduzido (Tabela 3), ou seja, para os clones de ipê-roxo avaliados deve-se considerar o efeito genotípico mais o efeito de ambiente permanente.

Tabela 3 – Análise de deviance para o número de miniestacas produzidas por minicepa (NMP), número de miniestacas enraizadas (NME) e porcentagem de enraizamento (PE) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.

Efeito	NMP	NME	PE
Permanente de clone	197,34	112,52	414,88
Modelo completo	172,16	90,51	393,43
LRT(χ^2) ¹	25,18**	22,01**	21,45**

¹Teste da razão de verossimilhança apresentado: acima de 3,84* e 6,63** para os níveis de significância de 5* e 1%***, respectivamente, pelo teste Qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

Os valores de teste de verossimilhança (LRT) foram significativos para os três caracteres analisados nesse estudo. Assim, existe variabilidade genética entre os clones avaliados. O princípio da verossimilhança permite comparar vários modelos, os quais possuem uma estrutura hierárquica. Quando o modelo completo executa exatamente os dados fenotípicos a diferença entre dois modelos ajustados podem ser testados pelo LRT (RESENDE et al., 2014). Assim, o LRT (Tabela 3) revelou que

os efeitos genotípicos mais os efeitos ambientais permanentes foram significativos, indicando que o modelo completo é o melhor modelo para se adequar aos dados. Em contraste com o presente estudo, em progênies de baru (*Dipteryx alata* Vogel) não houve efeito significativo no teste de verossimilhança para as variáveis bifurcação e forma do fuste em duas procedências avaliadas, apresentando baixo controle genético para ambas (SANTOS et al., 2018). A diferença de resultados para o ipê-roxo pode estar relacionada à base genética avaliada (SILVA et al., 2015), o que se deve à diferença de origem do material coletado e à diversidade dentro da população de clones deste estudo.

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros genéticos para os o número de miniestacas produzidas por minicepa, número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento entre os clones de ipê-roxo avaliados.

Tabela 4 – Parâmetros genéticos para o número de miniestacas produzidas por minicepa (NMP), número de miniestacas enraizadas (NME) e porcentagem de enraizamento (PE) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.

Comp./parâmetro	NMP	NME	PE
Vfp	5,0652	1,0380	226,5437
Vet	4,4160	1,0466	234,697
Vf	9,4813	2,0847	461,2408
$r = h^2$	0,5342 +- 0,2605	0,4979 +- 0,2515	0,4911 +- 0,2497
rm	0,8892	0,8740	0,8710
Acm	0,9429	0,9349	0,9333
Média geral	6,0395	1,5147	23,2741

Vfp: variância fenotípica permanente entre plantas (genotípica +ambiental permanente de uma colheita para outra); Vet: variância temporária do ambiente; Vf: variância fenotípica individual; $r = h^2$: repetibilidade individual e seu intervalo de confiança; rm: repetibilidade da média de m colheitas ou m medidas repetidas $m=2$; Acm: acurácia da seleção baseada na média de m colheitas ou medidas repetidas.

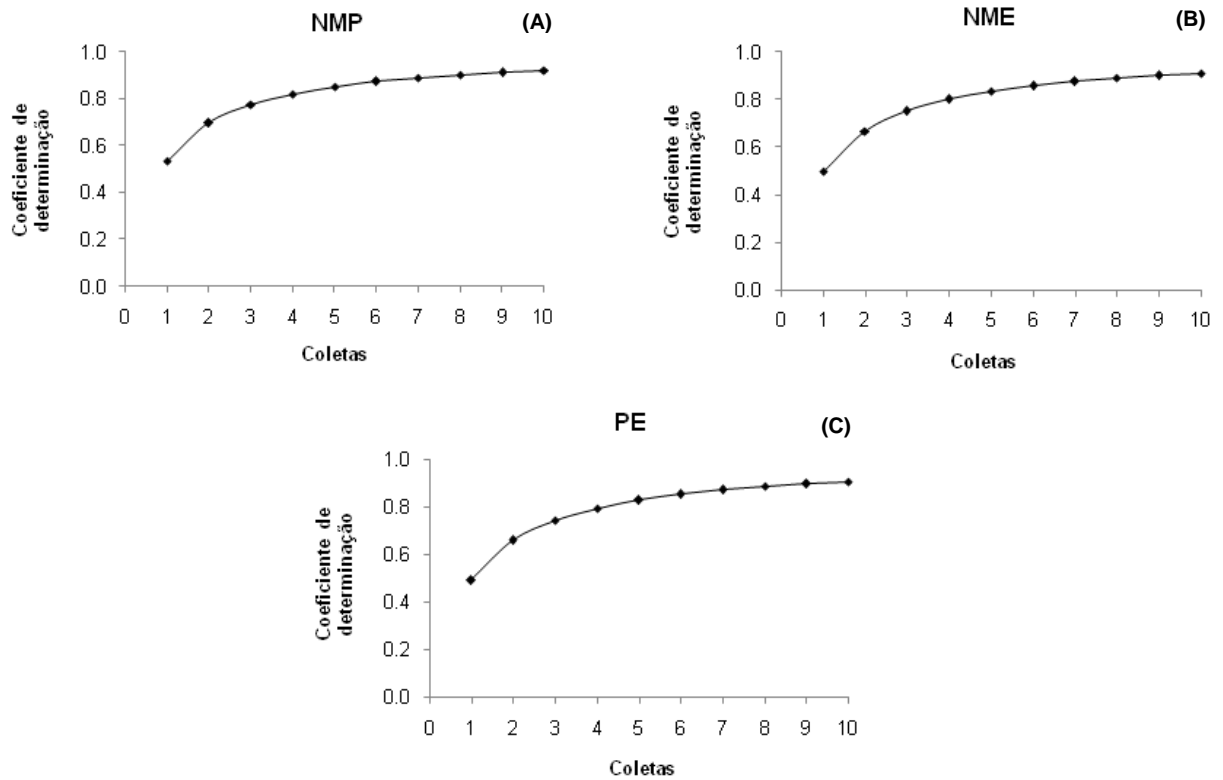
O coeficiente de repetibilidade individual ($r = h^2$) apresentou valores de 0,5342, 0,4979 e 0,4911 para o número de miniestacas produzidas por minicepa, número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento, respectivamente (Tabela 4). Esses resultados foram de média magnitude (RESENDE, 2002) e conseqüentemente de média regularidade na repetição dessas

variáveis de uma coleta para outra. Caracteres relacionados à matéria seca de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) também apresentaram coeficiente de repetibilidade de magnitude moderada (MENEZES et al., 2016). A repetibilidade é a correlação entre as medidas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações são repetidas no tempo e no espaço, representando o máximo valor que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir (CRUZ et al., 2012). Além disso, uma importante utilidade desse coeficiente é estimar quantas observações fenotípicas devem ser feitas para que haja eficiência na seleção, buscando, dessa maneira, um número mínimo de medições ao longo do tempo (FARIAS NETO et al., 2004).

Do ponto de vista genético e estatístico, a acurácia seletiva (A_{cm}) é um dos parâmetros mais relevantes para a avaliação da qualidade de um experimento, demonstrando que existe relativa superioridade dos indivíduos de uma coleta para outra e que a expressão dessa característica tem bom controle genético. A acurácia seletiva obteve valores superiores a 93% para todas as variáveis analisadas (Tabela 4), indicando alta precisão ($A_{cm} > 0,90$) de acordo com a classificação proposta por Resende e Duarte (2007). Os valores adequados de acurácia são aqueles próximos à unidade ou 100% e quanto mais próximo do valor máximo, maior a precisão experimental (RESENDE, 2002). Resultados semelhantes de acurácia (0,99) foram obtidos em dois módulos de reflorestamento ciliar aos 20 anos de idade em todas as características silviculturais avaliadas (SILVA et al., 2017).

O coeficiente de determinação (m), a eficiência seletiva (f) e a acurácia ou precisão de seleção entre o uso de m medidas em comparação com o uso de apenas uma medida foram calculados visando estabelecer o número de medidas ideais para a seleção de clones de ipê-roxo avaliados nessa pesquisa. O coeficiente de determinação, que demonstra a confiabilidade do valor fenotípico em predizer o valor real dos genótipos atingiu 80% do ponto máximo do coeficiente de determinação na quarta coleta para o número de miniestacas produzidas (Figura 4A), número de miniestacas enraizadas (Figura 4B) e porcentagem de enraizamento (Figura 4C). Para as três características avaliadas no presente estudo, quatro coletas são adequadas para a discriminação dos clones avaliados com 80% de probabilidade de se atingir o valor real de cada um deles.

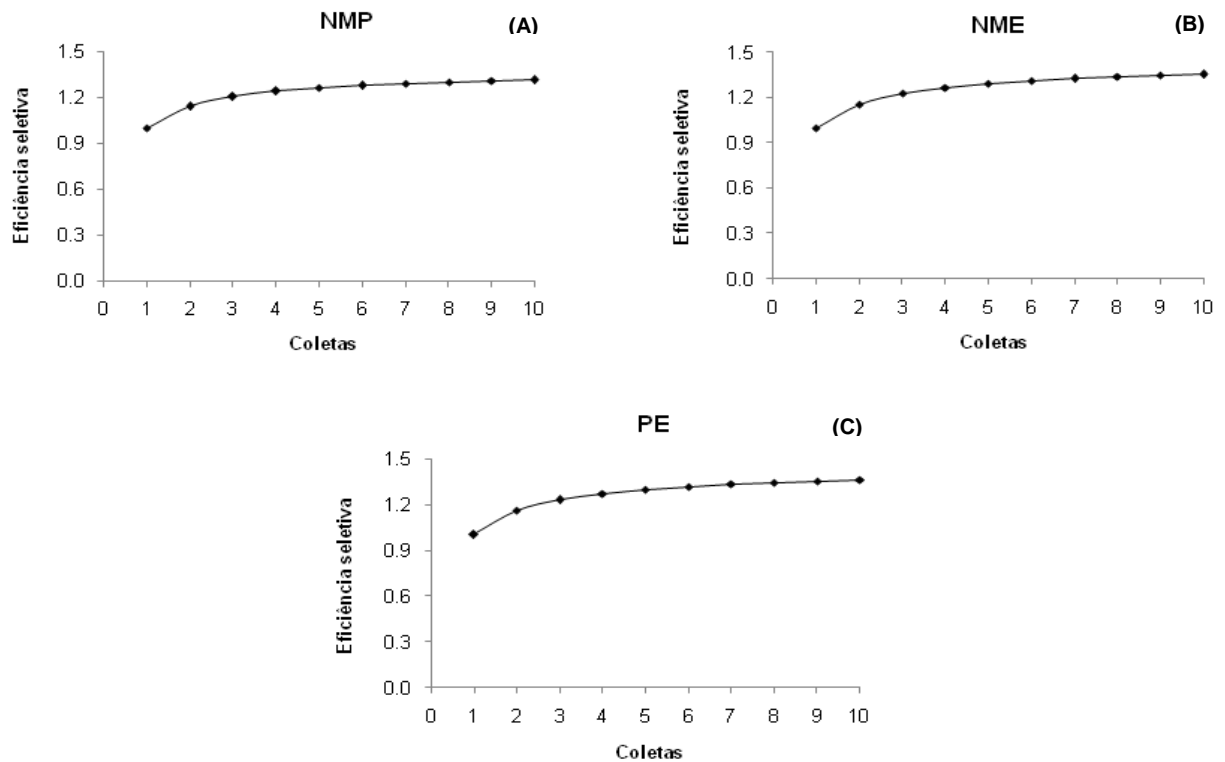
Figura 4 – Coeficiente de determinação em função do número de coletas para o número de miniestacas produzidas por minicepa (A), número de miniestacas enraizadas (B) e porcentagem de enraizamento (C) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.



A eficiência seletiva foi calculada para o número de miniestacas produzidas (Figura 5A), o número de miniestacas enraizadas (Figura 5B) e a porcentagem de enraizamento (Figura 5C) e observou-se que houve um aumento ao longo das quatro primeiras coletas, estabilizando posteriormente. Para um coeficiente de repetibilidade de 0,50, conforme valores aproximados encontrados no presente estudo (Tabela 4) são necessárias entre duas e quatro medidas para que se atinja uma eficiência seletiva por ciclo de seleção de 1,26 (CRUZ et al., 2012).

Entre as variáveis de ipê-roxo analisadas, o número de miniestacas produzidas atingiu o valor de eficiência seletiva proposto por Cruz et al. (2012) na quinta coleta (Figura 5A) e o número de miniestacas enraizadas na quarta coleta (Figura 5B). Esses resultados indicam que estratégias futuras de seleção de clones de ipê-roxo podem se basear na variável número de miniestacas enraizadas, admitindo-se que existe um considerável ganho em eficiência para os clones avaliados.

Figura 5 – Eficiência seletiva em função do número de coletas para o número de miniestacas produzidas por minicepa (A), número de miniestacas enraizadas (B) e porcentagem de enraizamento (C) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.

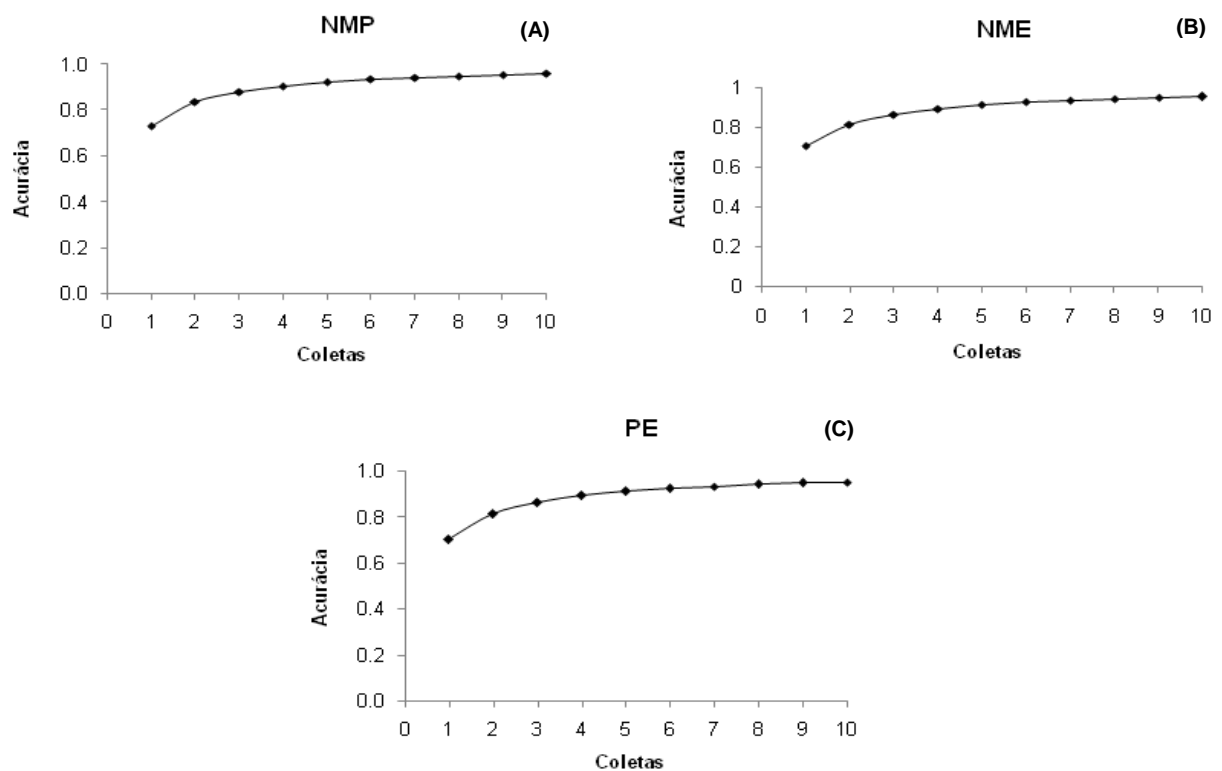


Os resultados de acurácia para o número de miniestacas produzidas por minicepa (Figura 6A), o número de miniestacas enraizadas (Figura 6B) e a porcentagem de enraizamento (Figura 6C) demonstraram que a adoção de duas medidas conduz a uma acurácia acima ou próxima de 0,8. No entanto, a partir de quatro coletas que ocorre a estabilização dos resultados. Resultados semelhantes foram encontrados para genótipos de graviola (*Annona muricata* L.) em que quatro medidas foram necessárias para atingir uma precisão de seleção maior que 80% (SANCHÉZ et al., 2017).

A acurácia depende de caracteres como repetibilidade e herdabilidade do caráter, o que reflete na quantidade e na qualidade das informações e dos procedimentos utilizados na predição dos valores genéticos. Como é uma medida que está intimamente relacionada à precisão na seleção e refere-se à correlação entre valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros dos indivíduos (PIMENTEL et al., 2014), pode-se inferir que os resultados do presente estudo demonstraram alta acurácia e a possibilidade de seleção de clones superiores de

ipê-roxo com ganho genético a partir das características avaliadas. Altas estimativas de acurácia próximas a 0,80 foram encontradas em goiabeira (*Psidium guajava* L.) para peso do fruto, rendimento da polpa e teor de sólidos solúveis (QUINTAL et al., 2017).

Figura 6 – Acurácia em função do número de coletas para o número de miniestacas produzidas por minicepa (A), número de miniestacas enraizadas (B) e porcentagem de enraizamento (C) de nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* após 45 dias em câmara úmida.



O coeficiente de determinação, a eficiência seletiva e a acurácia ou precisão de seleção aumentaram de acordo com o aumento do número de coletas de miniestacas de ipê-roxo. A avaliação de quatro coletas pode ser adequada para selecionar clones superiores de ipê-roxo visando alta produtividade de minicepas e enraizamento adventício. Em plantas perenes avaliadas a campo, o número de medições realizadas varia tipicamente de 3 a 6, uma vez que o maior número de colheitas anuais compromete a eficiência dos programas de melhoramento por unidade de tempo (RESENDE, 2002),

Na Tabela 5 está disposta a ordem decrescente dos clones avaliados em termos de efeito fenotípico permanente (fp), médias dos valores fenotípico permanente (u+fp), ganho genético e a média melhorada dos nove clones de ipê-roxo para as variáveis número de miniestacas produzidas por minicepa, número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento.

Tabela 5 – Componentes da média (BLUP individual) dos nove clones de *Handroanthus heptaphyllus* para o número de miniestacas produzidas por minicepa, número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento, após 45 dias em câmara úmida.

Clone	fp *	u + fp	Ganho genético	Média melhorada
Número de miniestacas produzidas				
13SM55	3,929	9,969	3,929	9,969
12SM18	1,794	7,833	2,861	8,901
12SM05	0,871	6,911	2,198	8,238
12SM20	0,824	6,864	1,855	7,894
12SM02	-0,016	6,023	1,480	7,520
12SM06	-0,693	5,346	1,118	7,158
12SM08	-1,877	4,162	0,690	6,730
12SM03	-2,067	3,971	0,348	6,385
12SM10	-2,766	3,273	0,000	6,039
Número de miniestacas enraizadas				
13SM55	1,076	2,590	1,076	2,590
12SM20	0,916	2,430	0,996	2,510
12SM18	0,828	2,343	0,940	2,455
12SM05	0,567	2,082	0,847	2,361
12SM06	0,402	1,917	0,758	2,273
12SM02	-0,506	1,008	0,547	2,062
12SM08	-0,699	0,815	0,369	1,884
12SM10	-1,261	0,253	0,165	1,680
12SM03	-1,324	0,190	0,000	1,514
Porcentagem de enraizamento				
12SM06	18,484	41,758	18,484	41,758
12SM20	14,638	37,912	16,561	39,835
12SM05	11,188	34,462	14,770	38,044
13SM55	5,142	28,416	12,363	35,637
12SM18	1,818	25,092	10,254	33,528
12SM08	-5,100	18,173	7,695	30,969
12SM02	-6,038	17,235	5,733	29,007
12SM10	-19,857	3,416	2,534	25,808
12SM03	-20,273	3,000	0,000	23,374

*Em que: fp: efeito fenotípico permanente; u + fp: valor fenotípico permanente.
 Ganho genético: ganho genético na variável objeto da seleção.
 Média melhorada: nova média do material genético após a seleção.

Os clones que ocuparam as primeiras colocações para todos os caracteres avaliados mantiveram-se os mesmos, diferindo apenas a ordem entre eles (Tabela 5). Considerando as médias do valor fenotípico permanente para o número de miniestacas produzidas destacaram-se os clones 13SM55, 12SM18, 12SM05 e 12SM20 para o número de miniestacas enraizadas; os clones 13SM55, 12SM20, 12SM18 e 12SM05 para o número de miniestacas enraizadas e os clones 12SM06, 12SM20, 12SM05 e 13SM55 para a porcentagem de enraizamento. Nota-se que o clone 13SM55 obteve a posição máxima nas duas primeiras características, resultado que provavelmente ocorreu devido sua origem ser do cultivo *in vitro* (PIMENTEL et al., 2016b) e, portanto, já ter passado por um processo de rejuvenescimento pela micropropagação. Após subcultivos *in vitro*, os clones podem ser considerados suficientemente rejuvenescidos ou com reatividade/vigor capazes de permitir subsequente propagação por estaquia (BONGA; ADERKAS, 1993), proporcionando maior produtividade de minicepas e enraizamento do material propagativo.

A predição de valores fenotípicos deve ser considerada pelos programas de melhoramento de espécies perenes, como o ipê-roxo, pois estes são influenciados pelo efeito genotípico, efeito do ambiente e da interação entre genótipos e ambientes. Os valores de nova média são as predições feitas pelo BLUP para os cultivos comerciais, ou seja, nos cultivos comerciais os clones deverão produzir, em média, tais valores (BORGES et al., 2010). Nesse estudo, observou-se que os valores fenotípicos foram bem próximos da média melhorada e vice-versa (Tabela 5).

Os componentes das médias individuais encontrados nesse estudo para a porcentagem de enraizamento (Tabela 5) foram o que mais se destacaram, no entanto, esta é uma variável que obteve baixa correlação linear com as demais (Tabela 2). Diante disso, para a definição de clones superiores de ipê-roxo não se recomenda a estratégia de seleção baseada apenas nesta característica, podendo haver equívoco e resultar na escolha de clones com baixa taxa de multiplicação, sendo uma desvantagem para a propagação vegetativa da espécie em estudo. Não foram encontrados na literatura resultados semelhantes para o ipê-roxo na estimativa dos valores fenotípicos permanentes e ganhos genéticos nas variáveis de produtividade de minicepas e enraizamento adventício de miniestacas. Vale salientar que as mudas de ipê-roxo foram avaliadas em condições de viveiro, sendo

necessárias futuras avaliações relacionando a qualidade morfofisiológica de mudas e a responsividade destas em plantios a campo. Dessa maneira, é de grande relevância a predição dos valores genéticos, genotípicos e fenotípicos permanentes resultantes desse estudo a fim de selecionar indivíduos de ipê-roxo com competência ao enraizamento adventício de miniestacas para propagação vegetativa capitalizando-se, dessa forma, os efeitos aditivos e de dominância.

4.4 CONCLUSÃO

O número de miniestacas enraizadas de ipê-roxo obteve alta correlação linear com o número de miniestacas produzidas e com a porcentagem de enraizamento. O coeficiente de repetibilidade individual foi de média magnitude. Quatro coletas são suficientes para atingir 80% do máximo valor do coeficiente de determinação, de eficiência seletiva e de acurácia.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, T. F. **Melhoramento genético de eucalipto**. Informe Agropecuário, v. 18, n.185, p.32-51, 1996.

BONGA, J. M.; ADERKAS, P. Rejuvenation of tissues from mature conifers and its implications for propagation *in vitro*. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry: genetics and biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag, p. 182-199, 1993.

BORGES, V. et al. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy (Online)**, Maringá, v. 32, n. 4, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212010000400011> Acesso em: 12 abr. 2019.

BURIN, C. et al. Early selection of *Cabralea canjerana* for propagation by mini-cutting. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 9, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2018000901018&lng=pt&nrm=iso&tlng=en> Acesso em: 04 mar. 2019.

CARVALHO, P. E. R. de. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. v. 1. 1039p.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd ed. Hillsdale, New Jersey: L. [S.l.]: Erlbaum, 1988.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1. 4. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 514 p.

DOBSON, A.J. **An introduction to generalized linear models**. Melbourne: Chapman and Hall, 1990. 174p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412 p.

FARIAS NETO, J. T.; CARVALHO, J. U.; MULLER, C. H. Estimativas de correlação e repetibilidade para caracteres do fruto de bacurizeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 300-305, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542004000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em: 09 mar. 2019.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. vol. 1. 5. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 384p.

MENEZES, B. R. S. da. et al. Seleção de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) utilizando a metodologia REML/BLUP. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 3, p. 360-365, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2016000300004> Acesso em: 10 mar. 2019.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2423-2432, 2015a. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/16378>>. Acesso em: 02 mar 2019.

OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA, M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.35, p.391-397, 2015b. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/890/451>> Acesso em: 04. mar. 2019.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Aplicação de AIB e tipo de miniestaca na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 299-306, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982016000100313>. Acesso em: 02 mar. 2019.

PIMENTEL, A. J. B. Estimação de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 11, p.882-890, 2014. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/pab/v49n11/0100-204X-pab-49-11-00882.pdf>> Acesso em: 09 mar. 2019.

PIMENTEL, N. et al. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.6, p.996-1002, 2016a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000600996>. Acesso em: 02 mar 2019.

PIMENTEL, N. et al. Micropropagation of *Handroanthus heptaphyllus* (Velloso Mattos). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Austrália, v. 10, n. 16, p. 79-87, 2016b. Disponível em: <<http://www.ajbasweb.com/old/ajbas/2016/November/79-87.pdf>> Acesso em: 15 fev. 2019.

PIZZIOLO, V. R. et al. Plantas com possível atividade hipolipidêmica: Uma revisão bibliográfica de livros editados no Brasil entre 1998 e 2008. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p.98-109, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722011000100015> Acesso em: 09 fev. 2019.

QUINTAL, S. S. R. et al. Selection via mixed models in segregating guava families based on yield and quality traits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 2, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452017000200802#t01> Acesso em: 09 mar. 2019.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. **O Software Selegen-Reml/Blup**. Documentos EMBRAPA, Campo Grande, 2006. 305 p.

RESENDE, M. D. V. **Genética Quantitativa e de Populações**. 1. Ed. Viçosa: Suprema, 2015, 463 p.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, p. 330-339, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-70332016000400330>Acessoem: 02 mar. 2019.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1867/1773>> Acesso em: 09 mar. 2019.

RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. F.; AZEVEDO, C. F. **Estatística Matemática, Biométrica e Computacional**: modelos mistos, multivariados, categóricos e generalizados (REML/BLUP), inferência bayesiana, regressão aleatória, seleção genômica, QTL-GWAS, estatística espacial e temporal, competição, sobrevivência. Viçosa, MG: UFV, 2014, 882 p.

RODRIGUES, M. B. et al. Enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 129-137, 2017. Disponível em: <<http://www.sbpmed.org.br/download/rbpm-19-1.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2019.

SANCHÉZ, C. F. B. et al. Estimates of repeatability coefficients and the number of the optimum measure to select superior genotypes in *Annona muricata* L. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3. Disponível em: <<https://www.geneticsmr.com/articles/estimates-repeatability-coefficients-and>> Acesso em: 07 abr. 2019.

SANTOS, W. dos. et al. Genetic variation and effective population size in *Dipteryx alata* progenies in Pederneiras, São Paulo, Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 3, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622018000300209#B31> Acesso em: 09 mar. 2019.

SILVA, P. H. M. da. et al. Use of genetic markers to build a new generation of *Eucalyptus pilularis* breeding population. **Silvae Genetica**, v. 64, n. 4, p. 170-181, 2015. Disponível em: <<https://content.sciendo.com/view/journals/sg/64/1-6/article-p170.xml>> Acesso em: 09 mar. 2019.

SILVA, A. M. da.; CANUTO, D. S. O. de.; MORAES, M. L. T. de. Genetic parameters in riparian reforestation without structure of progenies by mixed models (REML/BLUP). **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 501-506, 2017. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/1743/1025>> Acesso em: 10 mar. 2019.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV. 2013, 220p.

WENDLING, I.; WARBURTON, P. M.; TRUEMAN, S. J. Maturation in *Corymbia torelliana* × *C. citriodora* Stock Plants: Effects of Pruning Height on Shoot Production, Adventitious Rooting Capacity, Stem Anatomy, and Auxin and Abscisic Acid Concentrations. **Forests**, Basileia, v. 6, n. 10, p. 3763-3778, 2015. Disponível em: <<<https://pdfs.semanticscholar.org/b5e5/0a8b10417d64e3eaf133d8fdac76a8e550fb.pdf>>> Acesso em: 04 mar. 2019.

WILKS, S. S. The large-sample distribution of the likelihood ratio for testing composite hypotheses. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 9, n. 1, p. 60-62, 1938.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar alguns fatores que exercem influência no enraizamento adventício de miniestacas de ipê-roxo como o comprimento dos brotos, o comprimento e a área foliar das miniestacas e o uso de ácido indolbutírico (AIB). Brotações de até 40 cm de comprimento produzidas em minijardim clonal no sistema fechado de cultivo sem solo de até 40 cm de comprimento podem ser utilizadas para o preparo de miniestacas de 5 cm de comprimento, com um par de folhas reduzidas à metade, sem a necessidade de aplicação de AIB. Esses resultados demonstram a viabilidade da propagação vegetativa de ipê-roxo por miniestaquia.

A correlação linear entre as variáveis analisadas demonstrou que o número de miniestacas enraizadas obteve correlação linear positiva e de alta magnitude com o número de miniestacas produzidas ($r = 0,6671$) e com a porcentagem de enraizamento ($r = 0,7647$). Isso infere sobre a taxa de multiplicação de clones de ipê-roxo, indicando a quantidade potencial de mudas produzidas ao relacionar produtividade de minicepas e a porcentagem de enraizamento.

A análise de deviance através do teste razão de verossimilhança demonstrou existir variabilidade genética significativa entre os clones, o que possibilita ganhos genéticos mediante a seleção das características avaliadas. Em relação aos parâmetros genéticos, a porcentagem de variância fenotípica permanente representa a maior contribuição para a variância fenotípica individual em todas as variáveis analisadas, indicando a possibilidade de sucesso ao se selecionar clones de ipê-roxo para as características avaliadas.

A estimativa da repetibilidade individual foi um dos mais importantes aspectos resultantes desse estudo, uma vez que existem poucos tipos de pesquisas em plantas perenes que estimaram este parâmetro. O coeficiente de repetibilidade individual apresentou valores de 0,5342, 0,4979 e 0,4911 para o número de miniestacas produzidas por minicepa, número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento, respectivamente. Esses valores foram de média magnitude e conseqüentemente de média regularidade na repetição dessas variáveis de uma avaliação para outra. A acurácia seletiva encontrada foi alta, com valores superiores a 93% para todas as variáveis analisadas. Observou-se que os coeficientes de determinação, a acurácia e a eficiência seletiva aumentam com o

número de medidas, sendo que quatro coletas foram suficientes para obter 80% do coeficiente máximo de determinação com alta precisão e alta eficiência seletiva.

Recomendam-se avaliações futuras com o objetivo de detectar a qualidade morfofisiológica de mudas de ipê-roxo, bem como avaliações a campo e com idades mais avançadas acerca do comportamento dessas mudas em relação às condições naturais e em mais de um local, possibilitando a definição de estratégias mais adequadas a serem adotadas em programas de melhoramento genético de ipê-roxo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. D. de. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622007000300011&script=sci_abstract&lng=pt> Acesso em: 28 jan. 2019.
- ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo, PR: EMBRAPA-CNPQ, 1997, v. 1, p. 300-304.
- BACKES, F. A. A. L. et al. Caracterização das espécies utilizadas na arborização urbana em Silveira Martins, RS. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 167-174, 2011. Disponível em: <<https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/713/519>> Acesso em: 27 dez. 2018.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: guia de Identificação e Interesse Ecológico**. Santa Maria, RS: Ed. Pallotti, 2002, 325 p.
- BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. L. **Elementos arbóreos ocorrentes no domínio da caatinga, no Estado de Minas Gerais e seus empregos**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 34-42, 1994.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n^{os} 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; Revoga as Leis n^{os} 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n^o 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 28 de maio de 2012a, P. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83> Acesso em: 19 jan. de 2019.
- _____. Lei n. 12.727, de 18 de outubro de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n^{os} 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n^{os} 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n^o 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de outubro de 2012b, P. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm> Acesso em: 19 jan. 2019.
- BYEON, S. E. et al. In vitro and in vivo anti-inflammatory effects of taheebo, a water extract from the inner bark of *Tabebuia avellanedae*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 119, n. 1, p. 145-52, 2008.

COLMANETTI, M. A. A.; BARBOSA, L. M. Fitossociologia e estrutura do estrato arbóreo de um reflorestamento com espécies nativas em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 419-435, 2013. Disponível em: <<http://www2.ambiente.sp.gov.br/hoehnea/fasciculos/v40f03/>> Acesso em: 27 dez. 2018.

COSTA, W. F. **Avaliação da Atividade Genotóxica do Lapachol e β -lapachona e Anticarcinogênese do Lapachol em Células Somáticas de *Drosophila melanogaster***. 2010. 94p. Tese (Doutorado em Genética e Bioquímica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2010.

DAVIES, P. J. The plant hormone concert: concentration, sensitivity and transport. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer, p. 13-38, 1995.

DIMITRI, M. J. et al. **El nuevo libro del arbol: especies forestales de la Argentina oriental**. 3 ed. Buenos Aires: El Ateneo, 2000. v. 2, p. 57, 124p.

DURIGAN, G; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p. (IF. Série Registros, 4). Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/institutoflorestal/files/2014/04/IFSR4.pdf>> Acesso em: 17 dez. 2018.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre crescimento de mudas de algumas espécies nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v. 43/44, p. 1-10, 1990. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr43-44/cap01.pdf>> Acesso em: 17 dez. 2018.

FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Editora e Gráfica UFPel, 1995. 179 p.

FERNANDES, S. P. S. dos. Tamanho de miniestacas para produção de mudas de *Azadirachta indica* A. Juss. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 284-290, 2017. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/903/pdf>> Acesso em: 14 fev. 2019.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22p. (Embrapa Florestas. Documentos, 94). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16839/1/doc94.pdf>> Acesso em: 28 dez. 2018.

FERREIRA, E. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622004000200004&script=sci_abstract> Acesso em: 21 dez. 2018.

FERREIRA, C. A.; GALVÃO, A. P. M. Importância da atividade florestal do Brasil. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. 3 Ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2000, 351 p.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/877219/1/APIIvar.pdf>> Acesso em: 17 jan. 2019.

FERRO, C. C. S. da. et al. Inventário quali-quantitativo da arborização viária de um trecho da rodovia PA-275 no município de Parauapebas-PA. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 73-84, 2015. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/63071/36909> > Acesso em: 28 dez. 2018.

FRAGOSO, R.O. de. et al. Maintenance of leaves and indolebutyric acid in rooting of juvenile Japanese Flowering Cherry cuttings. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p. 97-101, 2015. Disponível em: <<http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i1a5111&path%5B%5D=1383> Acesso em: 14 fev. 2019.

GARCIA, L. T. et al. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em um Sistema Agroflorestal no município de Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, Pernambuco, v. 11, n. 2, 2017. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/21761>> Acesso em: 27 dez. 2018.

GENTRY, A. H. Flora Neotropica: Bignoniaceae - Part II (Tribe Tecomeae). **Flora Neotropica**, New York, v. 25, n. 2, p. 1-130, 1992. Disponível em: <<http://www.sci.sdsu.edu/plants/chile/pdfs/Gentry1992-Bignoniaceae.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2019.

GIMENES, E. S.; BISOGNIN, D. A.; PIMENTEL, N. Establishment, multiplication, rooting and acclimatization of *Cabralea canjerana* (Vell.) Martius. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, p. 1345-1353, 2017. Disponível em: <<https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/CFACE1664721>> Acesso em: 29 fev. 2019.

GONZALO, D. A. D.; GARCIA, R. J. F.; GOMES, E. P. C. Avaliação de área recuperada sobre cava de areia em São Paulo, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 695-701, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v42n4/2236-8906-hoehnea-42-04-0695.pdf>> Acesso em: 17 dez. 2018.

GROSE, S.O.; OLMSTEAD, R.G. Taxonomic Revisions in the Polyphyletic Genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany**, Washington, v. 32, n. 3, p. 660-670, 2007. Disponível em:

<https://depts.washington.edu/phylo/OlmsteadPubs/Grose_Olmstead_2007b.pdf>
Acesso em: 17 dez. 2018.

HABERLANDT, G. Culturversuche mit isolierten. Pflanzenzellen. Sitzungsberichte der Kaiserlichen. Akademie der Wissenschaften. **Mathematisch-Naturwiss.** Kl, Abt I, p. 69-92. 1902.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus***: princípios básicos e evolução no Brasil. Piracicaba: IPEF, 2000. 11p. (Circular Técnica, 192). Disponível em:
<<https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr192.pdf>> Acesso em: 05. jan. 2019.

HOPPE, J. M. et al. **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático nº 1. 2ª ed. Santa Maria: [s.n], 2004. 388 p.

INOUE, M. T.; PUTTON, V. Macropropagação de 12 espécies arbóreas da floresta ombrófila mista. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 1, 2007. Disponível em:
<<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/viewFile/7841/5533>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

KIELSE, P. et al. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. mini-cuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 7, 2015. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000701164> Acesso em: 22 jan. 2019.

KLEIN, R. M. A vegetação florestal. In: BIGARELLA, J. J. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: ADEA: IBGE, 1985, p. 71-91.

LORZA, R. F.; SOUZA, F. M.; NAKASHIMA, R. Pomares de Sementes de Espécies Nativas: Situação Atual e Propostas. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R. **Pomar de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF. p. 41-64. 2006.

LOZANO, E.C.; ZAPATER, M.A. Delimitación y estatus de *Handroanthus heptaphyllus* *H. impetiginosus* (Bignoniaceae, Tecomeae). **Darwiniana**, San Isidro, v.46, n.2, p.304-317, 2008. Disponível em:
<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66912207011>> Acesso em: 17 dez. 2018.

MANTOVANI, N. et al. Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017. Disponível em:
<<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/26461/pdf>> Acesso em: 13 fev. 2019.

MATOS, A. L. M. de. **Análise da viabilidade de sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos através dos testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e ph de exsudato**. 2017. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em:

<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/19006/1/2017_AnaLeticiaMelodeMatos.pdf>
Acesso em: 17 dez. 2018.

MATTOS, J. R. *Handroanthus*, um novo gênero para os "ipês" do Brasil. **Loefgrenia**, São Paulo, n. 50, p. 1-4, 1970.

MENDONÇA, H. A. de. et al. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de cupuaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...**Belém: SBF, 2002.

MCKEY, D.; et al. The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. **New Phytologist**, Estados Unidos, v. 186, p. 318-332, 2010.

MELO, L. A. de. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35 n. 4, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622011000500001&script=sci_abstract&lng=pt> Acesso em: 14 fev. 2019.

NEUBERT, V. D. F. et al. Production of mini-cuttings and the influence of leaf reduction on rooting of vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 4, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622017000400202> Acesso em: 14 fev. 2019.

NORBERTO, P. M. et al. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.533-541, 2001.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

ORTEGA, L. S. de. Temperamento de luz de los arboles del alto Paraná y potencial de regeneración forestal. **Ka' a guy**, Assunción, v. 11, n. 1, p. 16-20, 1995.

PAIVA, J. R. et al. Parâmetros genéticos em progênies de polinização livre de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, abril. 1999. p. 629-634. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1999000400014&lng=en&nrm=iso&lng=pt> Acesso em: 15 fev. 2019.

PEÑA, M. L. et al. Concentrações e formas de aplicação do ácido indolbutírico na propagação por estaquia dos mirtilheiros cvs. Flórida e Clímax. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 57-64, 2012. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/5446/10133>> Acesso em: 29 jan. 2019.

PIETTA, P. G. Flavonoids as Antioxidants. **Journal of Natural Products**, Ohio, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/239f/602e0e86d882b6f940e194bb5f653f13b822.pdf>> Acesso em: 14 dez. 2018.

PIMENTEL, N. et al. Morphophysiological quality of yerba mate plantlets produced by mini-cuttings. **Semina: Ciências Agrárias (Online)**, Londrina, v. 38, p. 3515, 2017. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/29024>> Acesso em: 29 fev. 2019.

PIRES, P. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, v. 39, p. 283-293, 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1017741/1/2015lvarRASazonalidade.pdf>> Acesso em: 29 mar. 2019.

PIZZIOLO, V. R. et al. Plantas com possível atividade hipolipidêmica: Uma revisão bibliográfica de livros editados no Brasil entre 1998 e 2008. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p.98-109, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722011000100015> Acesso em: 04 jan. 2019.

ROCHA, R. G. L. et al. Comparação de indutores alternativos em diferentes tamanhos de estacas de juazeiro. **Informativo ABRATES**, v. 25, n.1, p. 55-59, 2015. Disponível em: <https://www.abrates.org.br/img/informations/644f0c7f-9b60-4872-ba90-78622c333dd0_IA%20v25%20n1.pdf> Acesso em: 14 fev. 2019.

SANTA MARIA. **Lei Municipal n. 3.079, de 13 de dezembro de 1988**. Institui os símbolos do município. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rs/s/santa-maria/lei-ordinaria/1988/308/3079/lei-ordinaria-n-3079-1988-considera-o-ipe-a-arvore-simbolo-do-municipio?q=3079%2F88>> Acesso em: 27 dez. 2018.

SANTANA, R. C. et al. Influence of leaf area reduction on clonal production of *Eucalyptus* seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 3, p. 251-257, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602010000300001> Acesso em: 13 fev. 2019.

SCHULZE, M. Evaluating ipê (Tabebuia, Bignoniaceae) logging in Amazônia: sustainable management or catalyst for forest degradation? **Biological Conservation**, v. 141, p. 2071-2085. 2008.

SHULZE-HOFER, M. C.; MARCHIORI, J. N. C. O uso da madeira nas Reduções Jesuítico-Guarani do Rio Grande do Sul. 8 – Mísula do alpendre do Colégio de São Luiz Gonzaga. **Balduínia**, Santa Maria, n. 19, p. 14-18, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/balduinia/article/view/14087/8810>> Acesso em: 27 dez. 2018.

SILVA, T. G.; LEITE, E. C.; TONELLO, K. C. Inventário da arborização urbana no município de Araçoiaba da Serra, SP. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 151-169, 2014. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/63322/pdf>> Acesso em: 27 dez. 2018.

SMART, D. R. et al. Dormant buds and adventitious root formation by *Viti* sand other woody plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 21, p. 296-314, 2003.

STUEPP, C. A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 9, 2018. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2018000900985&lng=es&nrm=iso&tlng=en> Acesso em: 24 jan. 2019.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 574 p.

SOUZA, L.T. et al. Enraizamento de miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus* tratadas com ácido indolbutírico. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 12., volume I, 2015, Nova Prata – RS. **Anais...**Nova Prata, 2015. Disponível em:

<<http://www.congressoflorestalrs.com.br/files/anais/5b1fbbdf15bfd.pdf>> Acesso em: 23 jan. 2019.

TONETTO, T. S. da. et al. Storage and germination of seeds of *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, n. 1, 2015.

Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372015000100040&lng=en&nrm=iso&tlng=en> Acesso em: 27 dez. 2018.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidrato no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**.

Piracicaba, 2003, 65f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122003-105826/pt-br.php>> Acesso em: 10 jan. 2019.

TORRES, D. M. G. *Catálogo de plantas medicinales (y alimenticias y utiles) usadas en Paraguay* Asunción, 1970. 456 p.

WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus spp.* por miniestaquia**. 1999. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

WENDLING, I.; et al. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus spp.* por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 24, n. 2, p. 181-186, 2000.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-domato (*Erythrina falcata* Bentham) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis.

Comunicado Técnico Embrapa Florestas, Colombo, n.130, 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/314625/1/comtec130.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2019.

WIELEWICKI, A. P. et al. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 191-197, 2006. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222006000300027&script=sci_abstract&lng=pt > Acesso em: 12 jan. 2019.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. Clonagem em espécies florestais. In: ROCHA, M.G.B. (Org.) **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. 1ª ed. Belo Horizonte: DDPS/IEF, v.1. p. 125-162., 2002.

XAVIER, A., SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, San Pedro de Montes de Oca, v. 34, n. 1, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100009> Acesso em: 08 jan. 2019.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998, 10 f. (Informativo Técnico SIF, 11).