

MINIESTAQUIA DE *Paratecoma peroba* (Record) Kuhlms.:
CAPACIDADE DE ENRAIZAMENTO E UTILIZAÇÃO DE
BRASSINOSTERÓIDE

RENATA DE DEUS SILVA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO – 2019

MINIESTAQUIA DE *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl.:
CAPACIDADE DE ENRAIZAMENTO E UTILIZAÇÃO DE
BRASSINOSTERÓIDE

RENATA DE DEUS SILVA

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

Orientador: Prof^a. Deborah Guerra Barroso

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

MARÇO – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S586

Silva, Renata de Deus.

Miniestaquia de *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. : capacidade de enraizamento e utilização de brassinosteróide / Renata de Deus Silva. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

74 f. : il.

Bibliografia: 48 - 56.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.
Orientadora: Deborah Guerra Barroso.

1. brotações. 2. miniestacas. 3. propagação vegetativa. 4. regulador de crescimento. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

MINIESTAQUIA DE *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl.:
CAPACIDADE DE ENRAIZAMENTO E UTILIZAÇÃO DE
BRASSINOSTERÓIDE

RENATA DE DEUS SILVA

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

Aprovada em 8 de março de 2019

Comissão Examinadora:

Elzimar de Oliveira Gonçalves (D.Sc., Ciência Florestal) - UFES

Luciana Aparecida Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Mara de Menezes de Assis Gomes (D.Sc., Biologia Vegetal) – UENF

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

*“Ouve o conselho e recebe a instrução, para que sejas
sábio nos teus dias por vir”.*

Provérbios 19:20

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, sem Ele não teria chegado até aqui.

À minha família, em especial ao meu filho Gabriel, aos meus pais Zé Carlos e Lúcia e irmãos Cleberson e Luan.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela contribuição em minha qualificação profissional.

À Profa. Deborah Guerra Barroso pela orientação, apoio e compreensão em vários momentos.

À Profa. Mara de Menezes de Assis Gomes pela coorientação e contribuição fundamental para a realização deste trabalho.

Aos colegas do LFIT – Setor de Silvicultura, David, Giovanna, José Gabriel, Maria Clara, Guilherme, Marlon pela ajuda na montagem e desmontagem dos experimentos, além da amizade dentro e fora do laboratório.

Um agradecimento especial aos amigos que fiz durante esta caminhada, que além da amizade, me trouxeram também um acréscimo de conhecimento para vida. A todos muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo geral.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1. Peroba do campo (<i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhl.).....	5
3.2. Propagação vegetativa de espécies florestais por miniestaquia.....	8
3.3. Fatores que influenciam a formação de raízes adventícias	10
3.4. Brassinosteróides	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1. Local do experimento.....	18
4.2. Formação e manejo do minijardim multiclonal	20

4.3. Enraizamento de miniestacas de peroba do campo	23
4.4. Efeito do 24-epibrassinolídeo na produtividade de brotações em minicepas de peroba do campo	24
4.5. Efeito do 24-epiBL no enraizamento de miniestacas de peroba do campo ...	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1. Enraizamento de miniestacas de peroba do campo	29
5.2. Efeito do 24-epiBL na sobrevivência e produtividade de minicepas de peroba do campo	32
5.3. Sobrevivência e enraizamento de miniestacas de peroba do campo oriundas de minicepas tratadas com 24-epiBL	40
6. RESUMO E CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE	57

RESUMO

SILVA, Renata de Deus. Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março, 2019. Miniestaquia de *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl: capacidade enraizamento e utilização de brassinosteróide. Orientadora: Deborah Guerra Barroso. Coorientadora: Mara de Menezes de Assis Gomes.

A *Paratecoma peroba*, é uma espécie propagada por sementes, e pouco se conhece sobre o enraizamento adventício, que permitiria sua propagação por miniestaquia. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a viabilidade da técnica da miniestaquia a partir de material juvenil na produção de mudas da espécie florestal *Paratecoma peroba* e o efeito de pulverizações com brassinosteróide na brotação de minicepas e no enraizamento de miniestacas. A partir de mudas de peroba do campo, produzidas por sementes, foi instalado um minijardim multiclonal, do qual foram retirados propágulos para monitorar a capacidade de enraizamento adventício das miniestacas em câmara de nebulização. As minicepas foram posteriormente dispostas em seis blocos, formados com base no

tamanho médio das mesmas, para pulverizações da parte aérea com quatro diferentes concentrações de 24-epiBL (0; 0,01; 0,1; 1,0 μM) dentro de cada bloco. Foram realizadas seis pulverizações semanais, com seis repetições por concentração, de cinco plantas por parcela. Foi conduzido o monitoramento do número e crescimento das brotações. A partir destas brotações, foram confeccionadas miniestacas de cada tratamento, para produção das mudas, sendo eliminado o bloco composto pelas minicepas de menor dimensão. Após estaqueadas em tubetes (180 cm^3), foram mantidas em câmara de nebulização (30 segundos a cada 15 minutos), sendo mantido o delineamento das minicepas (DBC), com cinco repetições de 15 miniestacas por parcela. Aos 45 dias as plântulas foram avaliadas quanto à sobrevivência e enraizamento. O processo de enraizamento adventício inicia-se com intensa formação de calos na base das miniestacas até 30 dias após o estaqueamento. O enraizamento foi observado a partir dos 40 dias, atingindo 80% aos 60 dias, sem aplicação de regulador de crescimento. Não houve efeito do 24-epiBL sobre a sobrevivência e produtividade de minicepas de peroba do campo, nem sobre o enraizamento das miniestacas.

ABSTRACT

SILVA, Renata de Deus. University of North Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2019. Mini-cuttings of *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl.: rooting ability and brassinosteroid use. Advisor: Deborah Guerra Barroso. Coadvisor: Mara de Menezes de Assis Gomes.

The *Paratecoma peroba* is a forest species propagated by seeds, and little information is known about the adventitious rooting, which would allow its propagation by minicutting technique. The aims of this work were to evaluate the viability of the minicutting from youthful material in the seedlings production of *P. peroba* and the effect of sprays with brassinosteroid in the budding of mini-stump and in the rooting of mini-cuttings. From seedlings of the *P. peroba* in field, a clonal mini-garden was installed, from which seedlings were removed to verify the adventitious rooting capacity of the mini-cuttings in the nebulization chamber. The mini-stumps were arranged in six blocks, formed based on their mean size, for aerial sprays with four different concentrations of 24-epiBL (0; 0.01, 0.1; 1.0 μ M) within each block. Six sprays were weekly, with six replicates per concentration, of five plants per plot. Monitoring the number and growth of shoots was carried out. From these shoots, mini-cuttings of each treatment were made for the production

of the seedlings, eliminating the block composed of the smaller mini-stumps. After staking in tubes (180 cm³), they were kept in nebulization chamber (30 seconds every 15 minutes) and the mini-stumps design (DBC) was maintained, with five replicates of 15 mini-cuttings per plot. At 45 days the seedlings were assessed for survival and rooting. The adventitious rooting process begins with intense callus formation at the mini-cutting bases up to 30 after staking. Rooting was observed after 40 days, reaching 80% at 60 days, without application of growth regulator. There was neither effect of 24-epiBL on the survival and productivity of *P. peroba* mini-stumps in field, nor on the rooting of mini-cuttings.

1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores que limita o uso de algumas espécies nativas em projetos de recomposição florestal é a falta de sementes em quantidade, qualidade e frequência, e, conseqüentemente a oferta de mudas.

As espécies florestais nativas vêm sofrendo grande pressão devido a alterações e/ou destruição de seus ecossistemas de ocorrência, ou ainda devido à exploração indiscriminada de sua madeira para usos diversos. Tais fatos têm ocasionado a algumas dessas espécies conseqüências críticas de sobrevivência.

A espécie florestal *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl., endêmica da região sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro), popularmente conhecida como peroba do campo, foi intensamente explorada devido ao potencial de sua madeira (Silva e Nascimento, 2001; Boschetti et al., 2014; Maia, 2016). O histórico de exploração fez com que houvesse drástica redução de suas populações, sendo inserida em listas de espécies ameaçadas de extinção (Martinelli e Moraes, 2013; Brasil, 2014). Diante do exposto, é de relevância inserir a espécie em projetos de recomposição florestal, devido ao seu atual estado de conservação e por fazer parte da flora arbórea característica dos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais e sul da Bahia (Lorenzi, 2002; CNCFlora, 2018). Trata-se ainda de uma espécie de interesse econômico, que pode gerar retorno econômico aos produtores rurais.

Além disso, os eventos reprodutivos para a espécie foram descritos como supra anuais e de frequência irregular (Lins e Nascimento, 2010). Sua frutificação apresenta longa duração (Engel e Martins, 2005), contudo, as sementes apresentam curta viabilidade (Dias, 2011). Outra dificuldade, é com relação à coleta de sementes da espécie, uma vez que são dispersas pelo vento e seus frutos do tipo capsular, sendo necessário constante monitoramento para que sejam coletados diretamente na copa antes da abertura, o que torna o trabalho dispendioso.

A técnica da miniestaquia é uma alternativa para as espécies que apresentam irregularidades na produção de sementes, assim como no armazenamento dessas sementes, pois possibilita estabelecer um banco de matrizes em casa de vegetação, com objetivo de fornecer material diversificado para produção de mudas visando à conservação, além de permitir a multiplicação de matrizes que tenham características de interesse econômico.

A miniestaquia tem sido amplamente empregada em espécies exóticas de valor comercial como as do gênero *Eucalyptus* (Brondani et al., 2012a), *Pinus* (Alcantara et al., 2007) e *Toona ciliata* (Souza et al., 2009). E vários trabalhos têm também demonstrado a possibilidade de uso viabilidade da técnica na propagação de espécies nativas tais como: *Cedrela fissilis* (Xavier et al., 2003); *Erythrina falcata* (Cunha et al., 2008), *Anadenanthera macrocarpa* (Dias et al., 2015), *Schizolobium amazonicum* (Souza, 2015), *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira et al., 2016); *Ilex paraguariensis* (Sá et al., 2018). Não há informações sobre a viabilidade técnica de propagação de *Paratecoma peroba* por miniestaquia.

No processo de miniestaquia é comum a utilização de reguladores de crescimento, com destaque para as auxinas, no sentido de estimular o enraizamento, entretanto, outros reguladores, como citocininas, poliaminas e brassinosteróides demonstram ação no crescimento dos tecidos através da divisão, diferenciação e alongamento celular (Mussig et al., 2003; Garay-Arroyo et al., 2012).

Os brassinosteróides são um grupo de hormônios vegetais capazes de influenciar diferentes processos fisiológicos em concentrações muito baixas, com

efeitos sobre o alongamento, divisão celular e diferenciação (Brosa 1999; Moré et al., 2001), desenvolvimento vascular (Jin et al., 2014) e reprodutivo (Gomes et al., 2006; Zheng et al., 2017), contudo, há na literatura poucos relatos sobre aplicação de brassinosteróides e seus efeitos na propagação vegetativa de plantas lenhosas.

A aplicação de brassinosteróides nas minicepas poderá resultar em crescimento mais acelerado das brotações, bem como do enraizamento das miniestacas obtidas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a capacidade de enraizamento de miniestacas de *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl., obtidas de minicepas juvenis e o efeito de análogo de brassinosteróide sobre as brotações das minicepas e sobre o enraizamento das miniestacas provenientes das brotações tratadas.

2.2. Objetivos específicos

Descrever a dinâmica de enraizamento de miniestacas de *Paratecoma peroba*, estabelecendo o tempo ótimo de permanência em câmara de nebulização;

Verificar o efeito do regulador de crescimento 24-epibrassinolídeo em diferentes concentrações no crescimento de brotações em minicepas de peroba do campo;

Avaliar o enraizamento de miniestacas confeccionadas a partir de brotações coletadas em minicepas tratadas com diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Peroba do campo (*Paratecoma peroba* (Record) Kuhl.)

A peroba do campo, como é conhecida popularmente, é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae. É endêmica, nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e no norte do Rio de Janeiro (Nascimento e Lima, 2008). Trata-se de uma espécie monotípica, ou seja, é a única espécie dentro do gênero a que pertence (Gentry, 1992).

Encontrada no bioma Mata Atlântica (Martinelli e Moraes, 2013), a espécie ocorre em Florestas Estacionais Semidecíduais (Archanjo et al., 2012; Abreu et al., 2013; Silva et al., 2016) e em Florestas úmidas de terras baixas (Engel e Martins, 2005; Silva e Nascimento, 2001), sendo classificada como secundária tardia (Villela et al., 2006; Abreu et al., 2014). É uma árvore emergente, de no mínimo 40 metros de altura (Lorenzi, 2002), tronco de 40-80 cm de diâmetro, suas folhas são compostas 5-digitadas e apresenta síndrome de dispersão anemocórica (Lins e Nascimento, 2007). Em áreas naturais, a peroba do campo apresenta longo fuste que suporta uma pequena copa (Kageyama e Castro, 1989).

Sobre o comportamento reprodutivo da espécie, pode-se citar o estudo de Engel e Martins (2005), que observaram a fenologia de espécies arbóreas no município de Linhares, no estado do Espírito Santo. Entre essas espécies a

peroba do campo apresenta floração anual, breve e irregular, ocorrendo no mês de novembro. A frutificação, também anual com longa duração e irregular, ocorre entre os meses de março a abril.

Em estudo realizado por Lins e Nascimento (2010), na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, no município de São Francisco do Itabapoana, RJ, observando o comportamento fenológico da peroba do campo, os autores descreveram sua floração ocorrendo na transição do período seco para o chuvoso, entre os meses de setembro e novembro. Sua frutificação descrita como longa, tem início na estação chuvosa e prolonga-se por cerca de um ano. Os mesmos autores, caracterizam a espécie como decídua, apresentando periodicidade de floração supra anual, ou seja, em intervalos de dois anos ou mais.

As sementes de peroba do campo não apresentam dormência (Medeiros, 2001). Com período de armazenamento de até oito dias em câmara fria (Martins, 2011), após a semeadura, entre 15 e 20 dias ocorre a germinação, apresentando boas taxas (Coimbra, 1951). O percentual de germinação relatado no estudo realizado por Dias (2011) foi de 80%, logo após a coleta.

Existem poucas informações na literatura acerca do comportamento fisiológico da semente de peroba do campo e, ainda assim, são informações conflitantes. Martins (2011) considera como ortodoxa, sendo possível desidratá-las a níveis baixos de umidade (5 e 7%) e armazená-las sob condições baixas de temperatura. Contudo, Dias (2011) as descrevem como sementes recalcitrantes.

Um quilo de sementes de peroba do campo é vendido a \$ 208,00/Kg¹. O número de sementes/Kg é de aproximadamente 16.700 unidades (Lorenzi, 2002).

Como características de sua madeira podemos citar: moderadamente pesada, dura, medianamente resistente, de boa durabilidade (Lorenzi, 2002). Sua densidade é de 0,73 g cm⁻³. Como regra geral a coloração varia entre bege amarelado ao pardo acastanhado (Brasil, 2014).

Dias (2011) testou a viabilidade técnica e econômica de tubetes biodegradáveis e de polietileno, com volumes distintos na produção e qualidade

¹ Empresa Nova Floresta

de mudas de peroba do campo e o seu comportamento após o plantio em campo. A autora observou que, a qualidade das mudas no viveiro foi influenciada pelo volume dos tubetes e aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio no campo, 100% das mudas sobreviveram. Contudo, mudas oriundas de recipientes de maiores volumes, tiveram maior incremento em altura.

As árvores abatidas rebrotam de toco, o que favorece uma regeneração econômica no caso de plantios comerciais, e na mata aquelas que outrora foram cortadas rebrotam (Coimbra 1951). Na área da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (antiga Mata do Carvão) no município de São Francisco do Itabapoana, no estado do Rio de Janeiro, foi observado o mesmo comportamento em indivíduos que sofreram corte seletivo nas décadas de 60 e 70².

A peroba do campo foi muito explorada no estado do Rio de Janeiro, devido às suas propriedades madeireiras, desde as décadas de 60 e 70 (Silva e Nascimento, 2001), havendo relatos nos trabalhos de Carvalho et al. (2006); Villela et al. (2006); Lins e Nascimento (2007) sobre cortes seletivos ilegais de árvores da espécie na região norte fluminense, e no Sul do estado do Espírito Santo, descrito nos trabalhos de Boschetti et al. (2014) e Maia, (2016). Estes fatos levaram a espécie a ser considerada praticamente extinta neste estado (CNCFlora, 2018) e inserida na lista de espécies ameaçadas de extinção na categoria “em perigo” (Martinelli e Moraes, 2013; Brasil, 2014). Espécies inseridas nesta categoria têm grande probabilidade de extinção no futuro próximo.

A peroba de campos possui características importantes sob o ponto de vista econômico (madeira, sementes, mudas) e ecológico (recomposição florestal). No estudo realizado por Pinheiro (2014), compostos fenólicos foram quantificados a partir de extratos de calos e de folhas da espécie. Os resultados mostraram que esses extratos foram eficientes em relação à inibição do crescimento de cepas de bactérias fitopatogênicas, demonstrando potencial de uso bactericida.

² Relatório técnico: avaliação do impacto da queimada no estrato arbustivo-arbóreo da Mata do Carvão, São Francisco do Itabapoana, RJ, LCA – UENF (2002).

3.2. Propagação vegetativa de espécies florestais por miniestaquia

A miniestaquia é uma técnica de propagação vegetativa derivada da estaquia convencional (Ferriani et al., 2010). Teve início na década de 1990, com espécies do gênero *Eucalyptus* (Higashi et al., 2000). Trata-se do método mais adotado pelos viveiros florestais das empresas brasileiras para produção de mudas de espécies comerciais como *Eucalyptus* (Almeida et al., 2007b).

Esta técnica consiste na utilização de brotações de mudas propagadas por estaquia, miniestaquia, microestaquia, ou a partir de sementes, emitidas após a poda apical. Essas novas brotações são seccionadas e utilizadas como propágulos (miniestacas). O processo apresenta como etapas: produção das brotações em minijardim clonal, indução do enraizamento adventício, aclimatização e rustificação (Alfenas et al., 2004; Xavier et al., 2013).

O minijardim clonal pode ser manejado em diferentes sistemas (tubetes, vasos, hidroponia com leito de areia ou inundação temporária, e variações), com tratos culturais que variam com a espécie e condições climáticas. Em *Grevillea robusta*, Souza Junior et al. (2008), estabeleceram o minijardim em tubetes de 110 cm³, sendo realizada nutrição mineral uma vez por semana, no período de um ano. Pires et al. (2013), no manejo do minijardim de *Araucaria angustifolia* utilizaram sistema semi hidropônico tipo canaletão com areia. As minicepas receberam solução nutritiva composta por macro e micronutrientes por gotejamento, distribuída três vezes ao dia.

A sobrevivência das minicepas, a produtividade e a qualidade das miniestacas são influenciadas pelo manejo adequado, sendo algumas espécies mais sensíveis à restrição do sistema radicular. Para *Toona ciliata* (Souza et al., 2009) cultivada em tubetes de 280 cm³, os autores verificaram 100% de sobrevivência das minicepas após três coletas. Em clones de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*, cultivados em sistema semi hidropônico em leito de areia com solução nutritiva, aplicada por gotejamento, obteve-se ao longo de 27 coletas sucessivas, 89% de sobrevivência das minicepas (Brondani et al., 2012a).

Os valores para produtividade podem ser expressos pela razão entre o número total de brotações e o número de minicepas (Ferriani et al., 2010). Mas também podem ser representados por área de viveiro, como no trabalho de Oliveira et al. (2015), que obtiveram 185,3 miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus* por m² de viveiro, ao longo de cinco ciclos.

A miniestaquia apresenta vantagens em relação à estaquia, como a redução da área produtiva, redução dos custos com transporte e coleta das brotações, maior eficiência das atividades de manejo no minijardim (irrigação, nutrição, manutenções e controle de pragas e doenças), além de proporcionar maior qualidade, velocidade e percentual de enraizamento das miniestacas, isso devido ao aproveitamento do potencial juvenil dos propágulos utilizados na miniestaquia (Xavier et al., 2003).

Vários trabalhos vêm demonstrando o potencial desta técnica para espécies florestais nativas, como em *Erythrina falcata* (Cunha et al., 2008), *Anadenanthera macrocarpa* (Dias et al., 2015), *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira et al., 2015); *Schizolobium amazonicum* e *Schizolobium parahyba* (Souza, 2015) e *Ilex paraguariensis* (Sá et al., 2018). Porém, em alguns casos a técnica não se mostra ainda viável, como em *Plathymenia foliolosa* (Neubert et al., 2017), *Plathymenia reticulata* (Pessanha et al., 2018) e *Araucaria angustifolia* (Pires et al., 2013), não havendo enraizamento satisfatório das miniestacas, mesmo com aplicação de auxina, ou com manejo diferenciado de luz e de nutrientes nas minicepas.

Dessa forma, é necessário testar o potencial da miniestaquia como alternativa para a propagação vegetativa de espécies florestais nativas, principalmente para aquelas que apresentam matrizes de difícil acesso, baixa disponibilidade de sementes e dificuldades no armazenamento das mesmas, como no caso da peroba do campo.

3.3. Fatores que influenciam a formação de raízes adventícias

A formação de raízes em propágulos é um processo complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias (Goulart et al., 2014). Esse processo ocorre em múltiplos estágios. Contudo, para fins práticos, Fett-Neto et al. (1992) dividiram esses estágios em duas fases: i) indução: onde ocorrem alterações moleculares e bioquímicas, sem alterações visíveis; e ii) formação: correspondente a divisões celulares e crescimento das novas raízes.

Na estaquia, as raízes formadas são respostas ao traumatismo produzido pelo corte (Fachinello et al., 2005). No preparo da estaca, ocorrem injúrias nos tecidos, seguidas por reação cicatricial com formação da camada de suberina, que reduz a desidratação na área lesionada, ou a oxidação devido à liberação de compostos fenólicos (Hartmann et al., 2011).

No processo de enraizamento consideram-se dois padrões básicos de emergência do sistema radicular adventício: o direto, em que o enraizamento adventício ocorre com a emergência da raiz diretamente da estaca; e o indireto, em que ocorre a formação de calo preliminarmente ao crescimento do sistema radicular (Xavier et al., 2013). Os calos formados são constituídos por massas proliferativas e desdiferenciadas de células parenquimáticas, tipicamente desorganizadas que, em algumas plantas, podem ser precursoras da formação de raízes adventícias (Goulart et al., 2014).

O enraizamento de estacas e miniestacas pode ser influenciado por fatores internos e externos. De acordo com diversos autores, os principais fatores internos são a condição fisiológica e nutricional da planta matriz, idade da planta matriz, tipo de estaca, presença de folhas e gemas, o potencial genético do enraizamento, a sanidade do material e o balanço hormonal. O ajuste desses fatores dependerá de protocolos específicos para cada material genético, havendo demandas diferentes entre as espécies, e clones de uma mesma espécie (Alfenas et al., 2004; Fachinello et al., 2005; Xavier et al., 2013).

O estado fisiológico e nutricional da planta matriz que fornece os propágulos para o enraizamento é de fundamental importância para o sucesso da propagação vegetativa, pois determinará a quantidade de carboidratos, auxinas, entre outros compostos metabólicos, fundamentais à indução e ao crescimento das raízes (Cunha et al., 2009; Wendling et al., 2014).

Os propágulos utilizados na estaquia podem ser do tipo caulinar, foliar ou radicular. Destas, a caulinar é a mais utilizada na silvicultura e constitui-se de segmentos de ramos contendo gemas apicais, e ou laterais (Wendling e Xavier, 2001). Nas estacas foliares e radiculares há a necessidade de formação tanto do sistema radicular, como da parte aérea, o que tem limitado sua utilização na silvicultura (Xavier et al., 2003).

Estacas caulinares podem ser classificadas de acordo com o tipo de tecido: em lenhosas, com tecido maduro e lignificado; semilenhosas, com tecidos maduros, mas pouco lignificado; e de lenho mole ou herbáceas, com tecidos jovens e não lignificados (Hartmann et al. 2011).

Estacas caulinares coletadas de diferentes alturas na mesma brotação, podem apresentar diferenças na emissão e formação do sistema radicular (Fachinello et al., 2005), e podem ser classificadas em apicais, intermediárias e basais.

Oliveira et al. (2016) avaliaram o efeito do tipo de miniestaca (apical e intermediária) e a necessidade de aplicação de AIB ($0, 8.000 \text{ mg L}^{-1}$) sobre o enraizamento de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*). Os autores concluíram que a propagação vegetativa por miniestaquia apresentou potencial para produção de mudas desta espécie, independentemente da posição do propágulo e da aplicação de AIB.

Na preparação das estacas, conforme características da espécie, é importante que se reduza a área foliar, cujo objetivo é diminuir a transpiração excessiva e o efeito guarda-chuva, que pode impedir a água de chegar ao substrato (Alfenas et al., 2004). Entretanto, a manutenção parcial das folhas é importante para o enraizamento, uma vez que, as folhas fornecem carboidratos e hormônios, essenciais ao processo (Hartmann et al., 2011).

Alguns trabalhos mostram que a manutenção das folhas no processo de confecção de miniestacas pode ser viável ao enraizamento, como no estudo de Dias et al. (2012), que avaliaram o efeito da redução da área foliar (um a dois pares de folhas reduzidos a 25% do tamanho original e folhas inteiras) em miniestacas apicais e intermediárias de angico-vermelho. Os resultados apontaram que as miniestacas apicais e com folha inteira mostraram-se mais adequadas à miniestaquia.

As estacas possuem certa quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento, sendo necessário um balanceamento adequado entre auxinas, citocininas, giberelinas e co-fatores de enraizamento para que o mesmo ocorra (Hartmann et al., 2011).

Entre os reguladores vegetais com efeito indutor na formação de raízes adventícias em estacas estão as auxinas, que desencadeiam a iniciação do enraizamento próximo à região do corte do propágulo por conta do transporte polar do regulador (Pires et al., 2013). A auxina natural (ácido indolacético – AIA) é sintetizada, principalmente, nas gemas apicais e nas folhas jovens e se transloca do ápice para a base da planta, estimulando o enraizamento adventício, enquanto que as citocininas, que são produzidas nas raízes, estimulam a divisão celular (Taiz et al. 2017).

O balanço auxina/citocinina favorece a formação de raízes ou brotações nos vegetais (Hartmann et al., 2011), e quanto mais juvenil for o material vegetativo, maior será o sucesso do enraizamento, quer expresso em porcentagem, na rapidez de formação de raízes, na qualidade do sistema radicular ou na capacidade de crescimento da nova planta (Xavier et al., 2013; Wendling et al., 2014).

Em espécies lenhosas, os requisitos necessários para o enraizamento de estacas estão associados ao grau de maturação (Wendling et al., 2014). Na fase juvenil, plantas apresentam maior potencial de enraizamento em relação à fase adulta (Hartmann et al., 2011). Em alguns casos, dispensando o uso de reguladores vegetais, como em *Tibouchina moricandiana* var *vinacea* (Pereira et al., 2015), na qual o uso de AIB não influenciou no enraizamento de estacas, embora a concentração de 1.000 mg L⁻¹, tenha proporcionado aumento do

número e comprimento de raízes. O percentual de enraizamento para esta espécie foi de 90,8%.

O mesmo foi verificado no trabalho realizado com *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira et al., 2015b), em que 80% das miniestacas emitiram raízes sem a influência do AIB, contudo as miniestacas tratadas com este hormônio, apresentaram maior número de raízes, obtendo 100% de sobrevivência das mudas produzidas por miniestaquia.

A luminosidade, temperatura e umidade do ar são fatores externos relacionados à manipulação das condições ambientais da planta matriz e dos diferentes setores de um viveiro, onde as estacas e miniestacas serão dispostas.

Para a rizogênese a luz é fundamental, pois constitui fonte de energia para a fotossíntese, que desempenha papel crucial no fornecimento de carboidratos para a formação e crescimento de raízes, em particular quando esse processo dura por várias semanas. A quantidade e a qualidade da luz são variáveis de acordo com a espécie, variedade e clone (Alfenas et al., 2004).

Embora a luz seja benéfica para o enraizamento de estacas, o excesso de irradiância pode provocar a perda de água, por esse motivo as mesmas devem ser postas para enraizar em ambientes que tenham um melhor controle dos níveis de irradiância. No estudo de Pedroso (2016), verificou-se o efeito de diferentes níveis de radiação solar proporcionadas pelo uso de malhas redutoras do tipo Aluminet® (controle, 35%, 50% 65% e 80%), na etapa de enraizamento de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis*. Os resultados mostraram que os tratamentos com menor exposição dos propágulos à radiação (65% e 80%), proporcionaram valores de temperatura dentro do recomendado, entre 25° e 30°C, com melhores resultados para o percentual de enraizamento, acúmulo de biomassa na raiz e altura da parte área em miniestacas de eucalipto.

Em espécies florestais, um bom enraizamento pode ser alcançado em um intervalo de temperatura que varia entre 15° e 35°C (Xavier et al., 2013). Em *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Rasmussen et al. (2009) observaram que regimes de temperaturas de 15°, 25°, 30°C promoveram um bom percentual de sobrevivência em estacas (80%), porém estacas expostas a 35°C, reduziu para 59% a sobrevivência. Com relação ao percentual de

enraizamento, este foi maior em estacas cultivadas a 25° e 30°C (83% e 62%, respectivamente), quando comparadas às cultivadas a 35°C (54%).

O aumento da temperatura favorece o processo de divisão celular, influenciando positivamente no enraizamento de estacas (Cunha et al., 2009b), porém altas temperaturas podem estimular também o desenvolvimento de gemas e brotações, competindo como drenos. Por outro lado, baixas temperaturas podem diminuir o metabolismo das estacas, Tombesi et al. (2015) observaram em estacas de *Corylus avellana* menor enraizamento sob baixas temperaturas (39%).

Outro fator importante a ser considerado no enraizamento, é a umidade relativa do ar, sendo ideal mantê-la acima de 80%, evitando o dessecamento das estacas. Segundo Hartmann et al. (2011), a força motriz que determina a taxa na qual as estacas perdem água é a diferença na pressão entre o vapor de água nas folhas e no ar circundante, sendo esta diferença minimizada através do uso de sistemas de nebulização eficientes, como visto no trabalho de Brondani et al. 2008.

É preciso atentar também para o excesso de água no substrato, pois além de tornar o meio anaeróbio, propicia a proliferação de microorganismos patogênicos, causando o apodrecimento das estacas (Alfenas et al., 2004).

3.4. Brassinosteróides

Os brassinosteróides (BRs) representam uma classe de hormônios vegetais que exercem papéis essenciais em uma ampla gama de respostas na planta (fisiológicas, bioquímicas e moleculares). Atuam em diversos processos, como divisão e alongamento celular, diferenciação vascular, fotomorfogênese, fotossíntese, desenvolvimento reprodutivo, germinação de sementes e senescência foliar, além de induzir a tolerância a estresses bióticos e abióticos (Zullo e Adam, 2002; Ali, 2017; Anwar et al., 2018).

Os brassinosteróides são encontrados naturalmente em concentrações muito pequenas, e são distribuídos por vários grupos do reino vegetal, assim como em diversas partes da planta como pólen, sementes imaturas, brotos e folhas. Tecidos jovens em crescimento apresentam maior conteúdo de

brassinosteróides quando comparados a tecidos maduros (Takatsuto, 1994; Fujioka e Sakurai, 1997).

O primeiro brassinosteróide foi isolado a partir do grão de pólen de *Brassica napus* (Grove et al., 1979), desde então, as estruturas químicas da maioria dos brassinosteróides, sua biossíntese, função e transdução de sinal se tornaram bem conhecidas (Bajguz, 2007). Hoje, em torno de 60 compostos foram identificados, entretanto, os mais bioativos, estáveis e amplamente utilizados em estudos fisiológicos e moleculares são o brassinolídeo, o 24-epibrassinolídeo e o 28-homobrassinolídeo (Ali, 2017; Anwar et al., 2018).

De acordo com Zullo e Adam (2002), os brassinosteróides podem ser misturados com bases sólidas (talco, argila), pastas (lanolina) ou líquidos (água ou misturas hidroalcoólicas) para serem usados na forma de pós, pastilhas, pastas, suspensões e soluções. A aplicação pode ser realizada por meio de pulverização (Gomes et al., 2018), espalhando, cobrindo (Jin et al., 2014) ou mergulhando as plantas ou seus órgãos (Larré et al., 2014) ou no solo (Zheng et al., 2017). A quantidade de brassinosteróide a ser aplicada na planta irá variar com sua estrutura, a formulação utilizada, o tipo de planta a ser tratada e o efeito desejado, podendo ser aplicada com agroquímicos, com outros hormônios vegetais ou reguladores de crescimento (Ono et al., 2000), fertilizantes ou herbicidas.

Os análogos dos brassinosteróides são compostos que mostram atividade similar à dos brassinosteróides naturais (Zullo e Adam 2002). Como mencionado anteriormente, o 24-epibrassinolídeo (24-epiBL) ocorre naturalmente nas plantas, porém sua forma sintética é bastante utilizada em pesquisas e aplicações comerciais (Larré et al., 2014; Ali, 2017; Yue et al., 2018).

Ono et al. (2000) verificaram o efeito da aplicação foliar de brassinolídeo, giberelinas e auxinas, isolados ou em combinação, no crescimento, desenvolvimento e na anatomia foliar da espécie florestal *Tabebuia alba*, pertencente à família Bignoniaceae. A combinação de giberelinas e brassinolídeo, estimulou o crescimento do pecíolo e altura do caule. Com relação à anatomia das folhas, os autores relataram ter havido alterações no limbo e pecíolo, em função do aumento na espessura do parênquima paliçádico e lacunoso e nas

células da epiderme, ou seja, houve crescimento das células em resposta à aplicação do brassinolídeo isolado ou em combinação com giberelina.

Brassinosteróides também aumentam o rendimento de várias culturas de cereais, leguminosas e oleaginosas. Zheng et al. (2017) observaram que a aplicação no solo promoveu um melhor crescimento vegetativo em plantas de *Moringa oleifera*, enquanto que a aplicação foliar foi melhor sobre o crescimento reprodutivo, resultando em melhor rendimento da cultura.

Jin et al. (2014) investigaram o papel dos brassinosteróides na formação do xilema secundário em *Liriodendron tulipifera*. Os resultados mostraram que o crescimento das células do xilema foi promovido quando tratado com 24-epiBL, aumentando significativamente o comprimento de fibras e elementos de vaso. Análises histoquímicas demonstraram que o crescimento induzido pelo 24-epiBL promoveu a aceleração da divisão celular. Os autores concluem que, 24-epiBL tem papel regulador na biossíntese e na modificação dos componentes da parede celular secundária durante o desenvolvimento do xilema secundário em plantas lenhosas.

O papel dos brassinosteróides na regulação do crescimento de raízes são menos esclarecidos. De acordo com Mussig et al. (2003), baixas concentrações de 24-epicastasterona e 24-epibrassinolídeo, aplicados em meio de cultura, promoveram o alongamento da raiz em plantas selvagens e mutantes deficientes em BR de *Arabidopsis* cultivadas *in vitro*. Verificaram também interações positivas com outros hormônios vegetais, como a auxina, entretanto, os autores sugerem que BR atua de forma autônoma no crescimento de raízes.

Ronsch et al. (1993) testaram o (22S, 23S) – homobrassinolideo (SSHB) na propagação clonal de árvores adultas de abeto (*Picea abies*), as estacas foram colhidas, tratadas com o SSHB e armazenadas a 2°C no escuro. Os autores relatam que estacas tratadas com SSHB, apresentaram aumento no percentual de enraizamento adventício de 50% no controle para 92% no tratamento com 60 ppm de SSHB.

Muitos estudos relatam os benefícios da aplicação dos brassinosteróides em plantas, apesar desses estudos se concentrarem em culturas agrícolas e herbáceas. Além disso, destacam a importância em se testar diferentes métodos

de aplicação e diferentes concentrações, uma vez que, poucos são os relatos sobre seu uso em espécies florestais e os seus efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento das mesmas (Yue et al. 2019).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido em três etapas, no período de agosto de 2017 a novembro de 2018, em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, do campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada no município de Campos dos Goytacazes – RJ (latitude 21° 19' 23" S e na longitude 41° 19' 41" O).

Por meio de um data logger modelo RHT 10 (Extech Instruments), programado para leitura a cada hora ao longo do dia, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar na casa de vegetação e na câmara de nebulização durante todo o período de desenvolvimento do experimento (Figura 1).

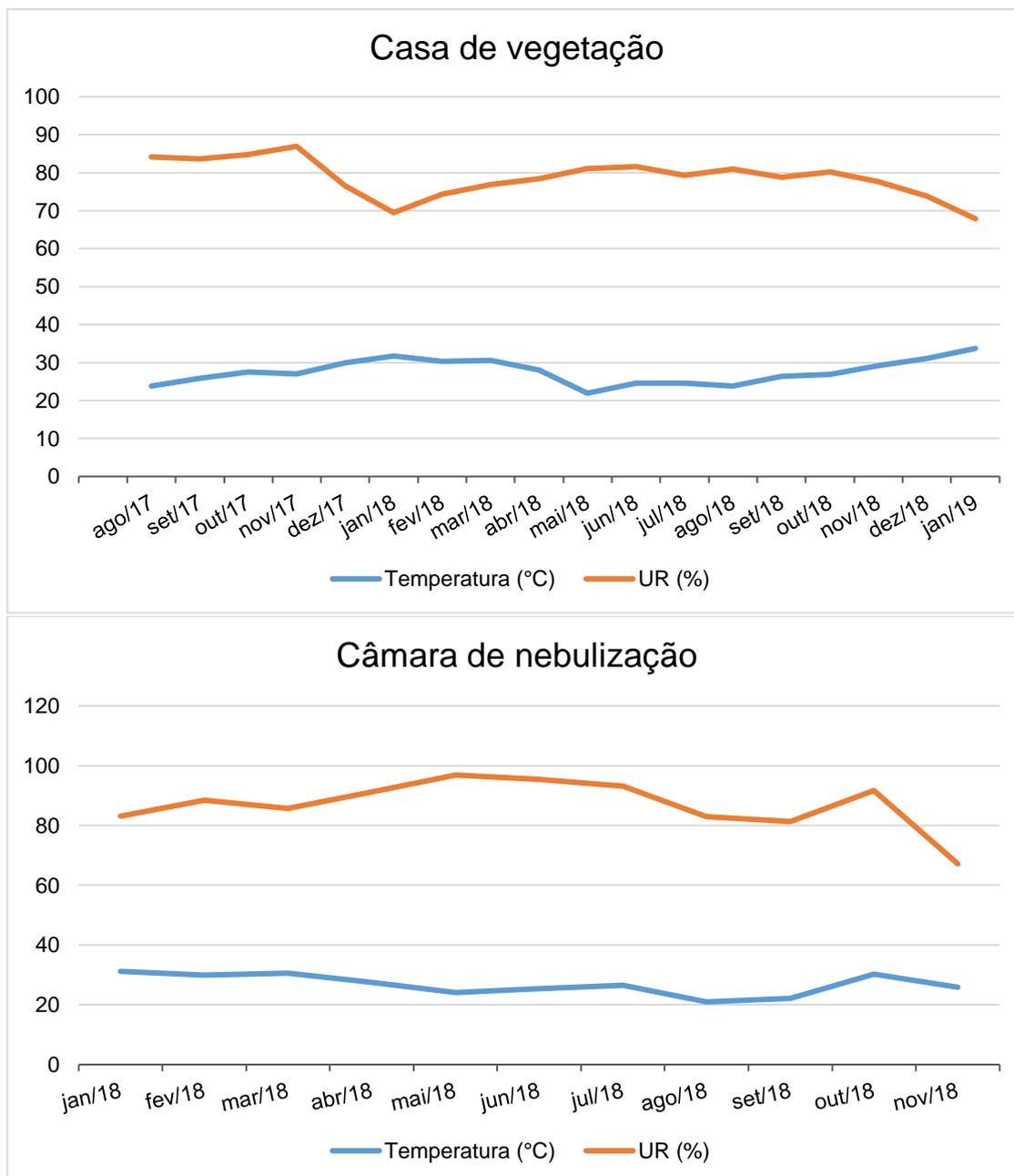


Figura 1. Dados de temperatura média (°C) e umidade relativa média do ar (%) registrados em casa de vegetação e câmara de nebulização a partir da implantação dos experimentos.

4.2. Formação e manejo do minijardim multiclonal

Para implantar o minijardim multiclonal foram utilizadas mudas produzidas a partir de sementes. Em agosto de 2017, os frutos foram coletados em duas árvores matrizes localizadas na arborização do campus da UENF, quando os mesmos atingiram a maturidade fisiológica, apresentando mudança na coloração e início da deiscência (Figura 2A). Em seguida, foram postos em local sombreado e protegido da umidade para secagem e posterior extração das sementes.



Figura 2. Coleta dos frutos (A), semeadura (B), repicagem das plântulas (C) e mudas após a poda apical para formação do minijardim clonal de *Paratecoma peroba* (D), em casa de vegetação na UAP-UENF, Campos dos Goytacazes-RJ.

As sementes foram postas para germinar em bandejas de polipropileno (32 x 52 x 8 cm), contendo areia lavada como substrato (Figura 2B) e quando as plântulas atingiram os dois pares de folhas definitivas foram transplantadas para tubetes (180 cm³), contendo mistura de substrato florestal comercial, à base de turfa, corretivos, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus (Basaplant®) e

fertilizante de liberação controlada Osmocote® na formulação NPK (15 – 09 – 12), com tempo de ação de 8 meses, na concentração de 8 g Kg⁻¹ de substrato (Figura 2C).

Os tubetes foram arranjados em bandejas planas de polietileno vazadas, com capacidade para 54 mudas, dispostas sobre bancada de madeira, a cerca de um metro de altura do solo, em casa de vegetação com cobertura plástica de polipropileno de 150 micra e sombrite 30%.

Durante a condução do experimento, o regime de irrigação na casa de vegetação foi programado para três vezes ao dia, tendo duração de 8 minutos, com microaspersores do tipo bailarina, com vazão de 153 L h⁻¹.

Aos 143 dias após a semeadura foi realizada adubação com solução nutritiva completa de Bolles Jones (1954), com a seguinte composição: N= 8 mmol L⁻¹ (37,5 % de NH₄⁺); P= 1 mmol L⁻¹; K= 3 mmol L⁻¹; Ca= 2 mmol L⁻¹; Mg= 1,25 mmol L⁻¹; S= 3,75 mmol L⁻¹; Cl= 20 mmol L⁻¹; Fe= 9 mmol L⁻¹; B= 6,6 mmol L⁻¹; Mn= 10 mmol L⁻¹; Zn= 1 mmol L⁻¹; Cu= 1 mmol L⁻¹; e Mo= 0,3 mmol L⁻¹. Em cada minicepa foram colocados 15 mL da solução, sendo repetida a adubação após trinta dias.

As mudas de peroba do campo foram acompanhadas em relação ao crescimento, e aos cinco meses após a semeadura, quando estas atingiram aproximadamente 25 cm de altura, foram submetidas à poda apical a 8 cm da base, sendo deixados dois pares de folhas, conforme disposição no ramo, afim de possibilitar a manutenção dos processos metabólicos, sendo estabelecido o minijardim multiclonal, com um total de 122 minicepas (Figura 2D).

Mesmo após aplicação da solução nutritiva, as minicepas apresentavam sintomas de deficiência de nitrogênio (Figura 3A). Em função disso, foram realizadas adubações quinzenais com sulfato de amônio [(NH₄)₂ SO₄] e cloreto de potássio (KCl) nas concentrações de 12 g L⁻¹ e 4 g L⁻¹, respectivamente, sendo aplicados 10 mL da solução em cada minicepa, conforme recomendação de Gonçalves e Benedetti (2005).

Aos oito meses, foi observado em algumas minicepas sintomas característicos de deficiência de fósforo, como folhas mais velhas com coloração

arroxeadas (Figura 3B). Foi realizada adubação com 27 g de superfosfato simples $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, conforme recomendado por Gonçalves e Benedetti (2005).



Figura 3. Deficiência de nitrogênio (A) e fósforo (B), em minicepas de *Paratecoma peroba*, transplantadas para sacos de polietileno (4,6 L), após a poda apical (C), e dispostas em caixas de PVC (D).

Aos onze meses após a semeadura, houve persistência dos sintomas e redução na velocidade de crescimento das brotações nas minicepas, por provável restrição radicular. As minicepas foram transferidas para sacos plásticos de polietileno (26 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro), contendo mistura de composto

orgânico Agrinatura³, terra de barranco peneirada, areia grossa e 700 g de monofosfato amônio para cada m³ da mistura (Figura 3C).

A partir da mudança de recipiente, as adubações foram realizadas semanalmente, com sulfato de amônio [(NH₄)₂ SO₄] e cloreto de potássio (KCl) nas concentrações de 12 g L⁻¹ e 4 g L⁻¹, respectivamente, sendo aplicados 10 mL da solução em cada minicepa, intercalando as aplicações de N e K, conforme Gonçalves e Benedetti (2005).

4.3. Dinâmica do Enraizamento de miniestacas de peroba do campo

Nove dias após o transplante das minicepas para os sacos plásticos foi realizada a primeira coleta de brotações, sendo contabilizada a sobrevivência e a produtividade média das minicepas pela contagem do número de miniestacas produzidas. As miniestacas produzidas foram utilizadas para avaliação da capacidade de enraizamento e do tempo necessário em câmara de nebulização.

Foram confeccionadas setenta miniestacas apicais, com 7cm de comprimento, posteriormente estaqueadas em tubetes de polipropileno (180 cm³), contendo substrato florestal comercial (Basaplant®). O material foi conduzido para câmara de nebulização, sob cobertura plástica de polipropileno de 150 µm e tela aluminizada (Aliminet®) de 30 % de sombreamento, sob nebulização intermitente, com pulverizações de 30 segundos, a cada 15 minutos.

Aos 30 dias após o estaqueamento iniciou-se o acompanhamento do processo de enraizamento das miniestacas por amostragem, tendo estabelecido a retirada de 10 miniestacas vivas, aleatoriamente, a cada dez dias, até completar setenta dias em câmara de nebulização.

Avaliou-se a porcentagem de enraizamento e foi realizada a caracterização do sistema radicular. Para isso, as miniestacas foram cuidadosamente lavadas com água para retirada do substrato, sendo analisados os seguintes parâmetros: presença de calo (%), enraizamento (%), número de

³ Empresa GR Agrária.

raízes de primeira ordem (NRPO) e comprimento total de raízes adventícias de primeira ordem, para isso utilizou-se uma régua graduada (CTRPO).

Os dados quantitativos, referentes à qualidade do sistema radicular (número e comprimento de raízes) foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade (boxcox) e, posteriormente, submetidos à Análise de Variância utilizando o software estatístico R (R Core Team 2017).

4.4. Efeito do 24-epiBL na produtividade de brotações em minicepas de peroba do campo

Na segunda etapa do experimento foi avaliado o efeito de um análogo de brassinosteróide, o 24-epibrassinolídeo (SIGMA – ALDRICH®), sobre o crescimento de brotações em minicepas de peroba do campo, as mesmas foram dispostas em blocos casualizados (DBC), em função do tamanho das minicepas. Foram utilizadas seis repetições, com cinco plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em quatro concentrações do regulador de crescimento acima citado (0; 0,01; 0,1; 1,0 μM).

As minicepas foram postas em estruturas com divisórias de PVC, sobre bancada de madeira, a 1 metro de altura do solo, com regime de irrigação programado para três vezes ao dia, com duração de 10 minutos, conforme época do ano (Figura 3D).

No preparo da solução estoque, foram dissolvidos 2 mg do 24-epiBL em 800 μL de etanol absoluto e acrescentada água ultrapura Milli-Q® até completar 40 mL de solução. Posteriormente, os tratamentos foram preparados separadamente, diluindo-se uma parte da solução estoque em uma parte de água deionizada.

A primeira aplicação do 24-epiBL foi realizada três semanas após a primeira coleta de brotações, sendo repetida a cada sete dias, totalizando seis aplicações, as quais foi adicionado o Tween 20 a 0,5%, como agente surfactante. As plantas do tratamento controle foram borrifadas com água deionizada com o

Tween 20 a 0,5%. Para cada concentração, foram preparados 100 mL de solução em cada aplicação, para 30 plantas.

Para a aplicação das soluções, as minicepas foram levadas para a parte externa da casa de vegetação, com intuito de não expor as outras plantas à ação do 24-epiBL. A pulverização foi realizada na parte aérea das minicepas, utilizando borrifadores manuais devidamente identificados por tratamento. Procurou-se umedecer todas as folhas de forma homogênea (Figura 4).

As aplicações do 24-epiBL foram realizadas sempre ao final da tarde, após as 16:30 horas, em função da sensibilidade do produto à luz e a alta temperatura.



Figura 4. Aplicação foliar do 24-epiBL em minicepas de peroba do campo.

Cada minicepa recebeu um número de identificação e do seu respectivo tratamento a fim de facilitar avaliação ao final do experimento.

Antes de iniciar as aplicações do 24-epiBL, foi realizada caracterização das minicepas pela contagem do número de gemas, número e comprimento das brotações remanescentes da coleta anterior, altura e diâmetro do colo, seguidos do registro com foto de cada minicepa.

As minicepas foram avaliadas semanalmente da terceira até a última aplicação do 24-epiBL, sendo realizada a última avaliação, duas semanas depois, no momento da coleta de brotações para estaqueamento.

Foram avaliadas as seguintes características: número de brotações, comprimento das brotações, número de miniestacas produzidas por minicepa.

As minicepas foram avaliadas também em altura da parte aérea, medindo-se da base do colo até o ápice da gema apical, com uso de uma régua graduada e diâmetro do colo, por meio de paquímetro digital. Os incrementos em altura e em diâmetro foram determinados para cada minicepa, calculando a diferença entre o valor inicial e o valor final registrado no último dia de avaliação.

Duas semanas após o término das aplicações do 24-epiBL, foi realizada a leitura do índice de verde, em três pontos da terceira folha a partir do ápice, com o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta® Japão), em seguida foi feito o cálculo da média das três medições.

A produtividade do minijardim, ou seja, o número de miniestacas com 7 cm de comprimento (apicais, intermediárias e basais) foram contabilizadas após a finalização das aplicações do 24-epiBL.

Os percentuais de sobrevivência das minicepas foram transformados em $\sqrt{x+1}$. Os dados de incremento em altura e em diâmetro das minicepas foram submetidos à Análise de Variância.

Os dados de leitura do índice de verde foram submetidos a testes de homogeneidade de variâncias (teste de Cochran e Bartlett) e normalidade (teste de Lilliefors), em seguida, realizou-se a Análise de Variância.

4.5. Efeito do 24-epiBL no enraizamento de miniestacas de peroba do campo

Na terceira etapa do experimento, foram utilizadas miniestacas apicais, produzidas a partir das brotações da segunda coleta, sendo confeccionadas com

7 cm de comprimento e um par de folhas reduzidas à metade, a fim de reduzir o efeito guarda chuva.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e cinco repetições de quinze miniestacas por parcela. Os tratamentos adotados nesta etapa, foram os mesmos da etapa anterior, porém não foi realizada aplicação do 24-epiBL nas miniestacas.

O estaqueamento foi realizado em tubetes (180 cm³), contendo mistura de substrato florestal comercial a base de casca de pinus, fibra de coco, turfa fibrosa e vermiculita (Basaplant®) e fertilizante de liberação controlada Osmocote® na formulação NPK (15 – 09 – 12) e tempo de ação de 8 meses, na concentração de 8 g Kg⁻¹ de substrato. Em seguida, as miniestacas foram levadas para câmara de nebulização, sob cobertura plástica de polipropileno de 150 micra, tela de nylon de 30 % (Sombrite®), sob nebulização intermitente, com pulverizações de 30 segundos, a cada 15 minutos.

Ao final de 45 dias em câmara de nebulização, foram avaliados a sobrevivência e o enraizamento das miniestacas, pela resistência ao leve toque, da miniestaca, conforme Freitas et al. (2006). Também foram medidos a altura da parte aérea das miniestacas, da base do colo até o ápice da gema apical e o diâmetro, utilizando uma régua graduada e paquímetro digital, respectivamente.

Em seguida, cinco plântulas vivas de cada parcela foram aleatoriamente tomadas, para avaliação do sistema radicular, que foi cuidadosamente lavado sob peneira, para retirada do excesso de substrato e, em seguida, submetidos às seguintes avaliações: porcentagem de miniestacas com calos, a porcentagem de miniestacas que formaram raízes, número de raízes de primeira ordem (NRPO), comprimento total de raiz (CTR). Foi utilizado o software WinRhizo Pro 2007a (Régent Instr. CNC.), conectado a um scanner profissional Epson XL 10000 com uma resolução de 400 dpis.

A área foliar foi determinada com o uso do medidor eletrônico de bancada (LI-COR modelo LI-3000). Para avaliação da massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR), os materiais foram colocados separadamente em sacos de papel, devidamente identificados, em estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 horas, para posterior pesagem em balança analítica.

Os dados foram submetidos ao teste de verossimilhança máxima (boxcox) e, quando não apresentavam homocedasticidade e distribuição normal, foram transformados de acordo com indicação do teste.

A porcentagem de miniestacas com calos e miniestacas enraizadas, número de raízes de primeira ordem, comprimento total de raiz, foram transformados em $\sqrt{x+1}$. Para os dados de área foliar, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, foram transformados em \log_{10} , e posteriormente, submetidos a Análise de Variância.

Na Figura 5 são mostradas as atividades realizadas durante o período de condução das etapas do experimento.



Figura 5. Fluxograma das atividades realizadas durante o período de condução dos experimentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Enraizamento de miniestacas de peroba do campo

Aos 30 dias, foram observados 90% de miniestacas com calos e sem a presença de raízes adventícias. A formação de raízes foi observada aos 40 dias, e as plantas analisadas aos 60 dias apresentaram 80% de enraizamento (Figura 6). Não houve diferença estatística para o número e o comprimento de raízes de primeira ordem entre os diferentes tempos de enraizamento na câmara de nebulização (não compuseram as análises os tempos em que não apresentaram formação de raízes).

Outras espécies enraízam mais rapidamente, sem formação de calos, conforme observado em *Erythrina falcata* por Wendling et al., (2005), *Cedrela fissilis* (Xavier et al., 2003), *Toona ciliata* (Souza et al., 2009). Entretanto, em estacas de brotações maduras, é comum ocorrer a formação de calos e emissão de poucas raízes rudimentares (Alfenas et al., 2004). Nos primeiros testes com estacas de eucalipto, o enraizamento era mais moroso e inexistente em alguns materiais, com grande percentual das estacas apresentando calos. Entretanto, o aprimoramento das técnicas, os processos de seleção e o uso da miniestaquia

aceleraram o processo de enraizamento e melhorando a qualidade do sistema radicular.

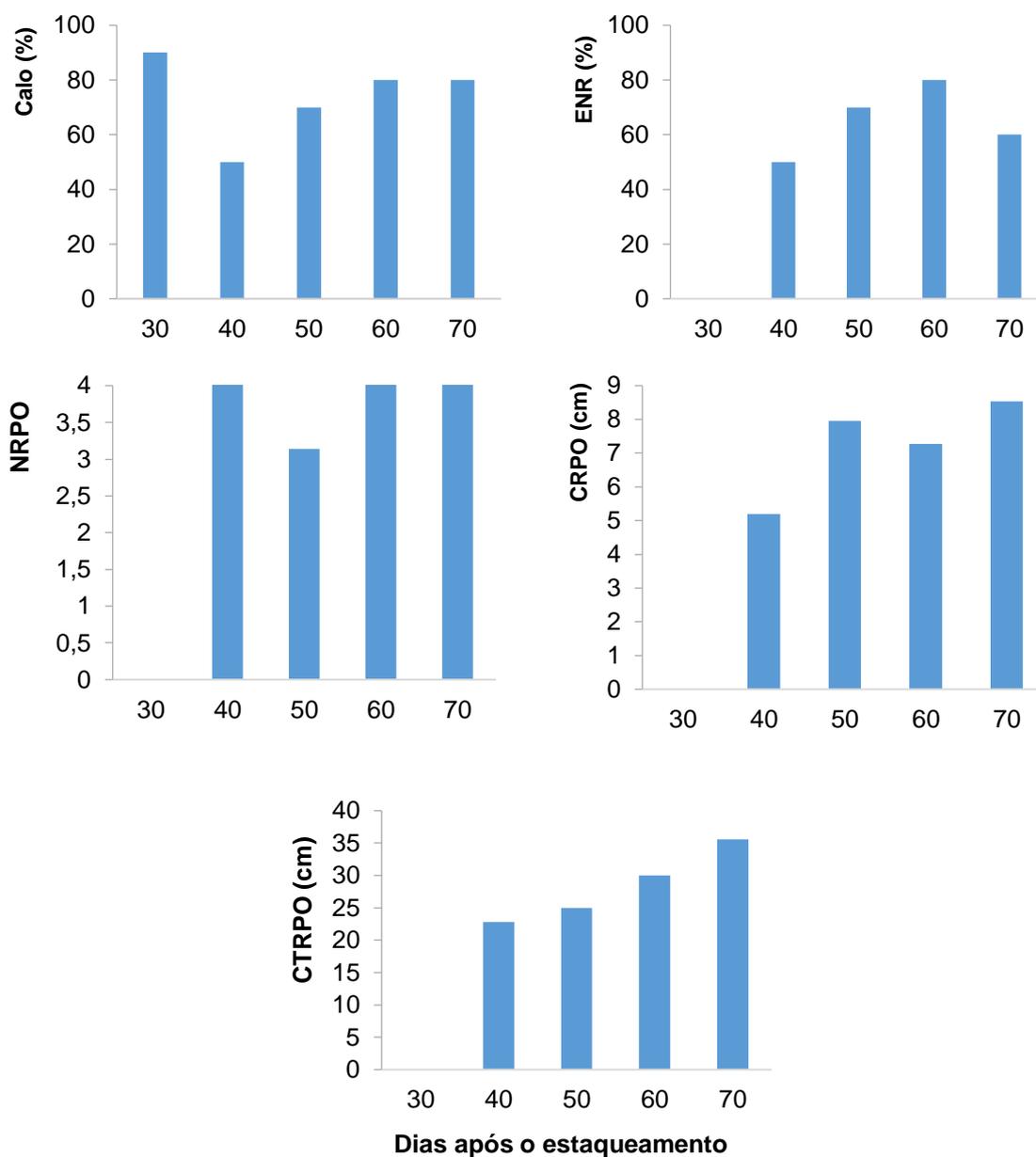


Figura 6. Formação de calos, enraizamento (ENR), número (NRPO) e comprimento médio de raízes de primeira ordem (CRPO) e comprimento total de raízes de primeira ordem (CTRPO) em miniestacas de *Paratecoma peroba*, estaqueadas em tubetes e submetidas à sistema de nebulização.

Foi verificado na peroba do campo, grande percentual de calos. Segundo Hartmann et al. (2011), em algumas espécies florestais a formação de calo pode ser precursora de raízes.

A formação de calo também foi verificada por Sampaio et al. (2010), em miniestacas de material juvenil de *Aniba canelilla*, os autores verificaram maior percentual de calo no tratamento testemunha, e que a emissão de raízes ocorre de forma autônoma à formação de calo.

Goulart et al. (2014), na caracterização morfoanatômica da rizogênese de miniestacas de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, observaram que entre 8 e 12 dias deu-se início à formação de primórdios radiculares a partir do câmbio vascular, com prévia formação e proliferação de calos em miniestacas de dois, dos quatro clones avaliados. Assim como neste estudo, os autores não fizeram o uso de reguladores de crescimento exógenos, indicando equilíbrio hormonal interno adequado entre auxinas e citocininas, favorecendo o desenvolvimento das raízes.

Brondani et al. (2012b), no intuito de determinar a dinâmica do enraizamento em três clones de *E. benthamii* x *E. dunnii*, verificaram formação de calo na região basal das estacas, aos 14 dias, sendo as primeiras raízes adventícias detectadas aos 21 dias, independentemente do clone avaliado, apresentando crescimento exponencial até os 56 dias. Os autores observaram redução na taxa de incremento de raízes, em função da restrição radicular causada pelo volume dos tubetes (55cm³), o que não foi observado neste experimento.

Pode-se inferir que a partir dos resultados obtidos neste estudo, o tempo mínimo de permanência de miniestacas de peroba do campo em setor de enraizamento, é entre 40 e 50 dias, podendo atingir percentual de enraizamento em torno de 80% sem aplicação de regulador de crescimento, apresentando bom desenvolvimento do sistema radicular, evidenciado pelo número e comprimento de raízes formadas.

É importante salientar que, em função do material genético a ser trabalhado, o tempo de permanência no setor de enraizamento varia, gerando maior custo de produção.

Durante a condução do experimento observou-se ainda que, após a saída do setor de enraizamento, o crescimento do sistema radicular é acelerado, sendo necessária atenção com relação à restrição causada pelo recipiente, podendo prejudicar o crescimento das mudas.

5.2. Efeito do 24-epiBL na sobrevivência e produtividade de minicepas de peroba do campo

Não houve efeito do 24-epiBL na sobrevivência das minicepas de peroba do campo (Tabela 1). Houve alto percentual de sobrevivência das mesmas no decorrer de três coletas de brotações, iniciadas seis meses após a poda apical, indicando boa tolerância da espécie aos procedimentos realizados durante o manejo do minijardim.

Após a distribuição das minicepas em blocos, aplicação das pulverizações com diferentes concentrações de 24-epiBL, e mais duas coletas de brotações no minijardim, houve redução de 13% na sobrevivência das minicepas, independente do tratamento.

Na segunda coleta, foi observada redução na sobrevivência das minicepas menores, que também apresentaram menor número de brotações e, por essa razão, não forneceram miniestacas suficientes, havendo redução de um bloco na etapa de avaliação do enraizamento de miniestacas.

Tabela 1. Sobrevivência de minicepas de *Paratecoma peroba*, em função de seis pulverizações com diferentes concentrações de 24-epiBL, realizadas semanalmente.

Doses de 24-epiBL (μ M)	Sobrevivência (%)	
	15 dias*	60 dias*
0	100,00	80,00
0,01	96,66	90,00
0,1	90,00	83,33
1	93,33	76,67
Média	94,99	82,50
CV (%)	6,57	12,98

*Dias após a última aplicação semanal de brassinosteróide

Mantovani et al. (2017) não observaram diferença na sobrevivência de minicepas de canafístula (*Peltophorum dubium*), obtendo 100 % de sobrevivência, após cinco coletas de brotações, ao final de 245 dias.

De acordo com Xavier et al. (2013), a sobrevivência de minicepas submetidas a sucessivas coletas de brotações, depende do manejo e do sistema de condução empregados. Entretanto, características da espécie também devem ser consideradas, pois algumas espécies podem se mostrar sensíveis às podas, como verificado por Neubert et al. (2017), com vinhático (*Plathymenia foliolosa*), onde a primeira coleta não afetou a sobrevivência de minicepas, de diferentes progênies (100% de sobrevivência). Contudo, no decorrer de outras três coletas, houve redução no percentual de sobrevivência de todas as progênies. Para *Plathymenia reticulata*, Pessanha et al. (2018) também observaram variação na sobrevivência entre progênies, obtendo 88% de sobrevivência para progênie da matriz DOMINIQUE na primeira coleta, que respondeu de forma positiva às coletas sucessivas de brotações, o mesmo não ocorrendo com as progênies NELI, ZE1 e ZE2, que se mostraram sensíveis aos efeitos do manejo e às condições ambientais no minijardim clonal.

Algumas espécies são sensíveis ao manejo de podas, resultando em redução de brotações e/ou mortalidade de minicepas. Minicepas de *Piptocarpha angustifolia* tiveram a taxa de sobrevivência reduzida no decorrer de 32 coletas. A

morte das minicepas foi observada a partir da sexta coleta de brotações, atingindo 68 % de sobrevivência em dois anos (Stuepp et al., 2017).

Li et al. (2008) verificaram que em mudas de *Robinia pseudoacacia*, a imersão de raízes em soluções de brassinolídeo nas concentrações de 0,2 e 0,3 mg L⁻¹ antes do transplante para o campo, promoveu o aumento da sobrevivência das mudas para 95% e 91%, respectivamente, em relação ao controle (78%). Em contrapartida, Novakova et al. (2014) não constataram efeito da aplicação exógena do 24-epiBL na sobrevivência de mudas de *Pinus sylvestris* no campo.

Com relação aos incrementos em altura e em diâmetro do caule das minicepas, não foi verificado efeito do 24-epiBL (Tabela 2), resultado este oposto ao observado por Altoé et al. (2008), onde foi verificado aumento do diâmetro do caule com pulverizações de um análogo de brassinosteróide em plantas de tangerina 'Cleopatra', nas concentrações 0,1; 0,5 e 1,00 mg L⁻¹, não sendo verificado efeito sobre a altura das plantas. Também no trabalho de Novakova et al. (2014), mudas de pinheiro do tratamento controle, apresentaram maior incremento em altura e diâmetro do coleto, do que as tratadas com brassinosteróide.

Tabela 2. Incrementos em altura (IH) e em diâmetro (ID) em minicepas de *Paratecoma peroba* (medidos antes de iniciar as aplicações do 24-epiBL até o a data da segunda coleta).

Doses de 24-epiBL (μ M)	*IH (cm)	*ID (cm)
0	19,6700	0,8473
0,01	18,0325	0,7605
0,1	17,8033	0,8130
1	19,0745	1,0936
Média	18,6451	0,8786
CV (%)	21,791	51,827

* Intervalo entre 30/07/18 a 12/10/18

Para *Tabebuia alba*, Ono et al. (2000) verificaram que pulverizações de brassinolídeo, nas concentrações de 0,104 mM e 0,208 mM, não influenciaram na taxa de crescimento em altura e comprimento do pecíolo. Contudo, quando associado com giberelina (GA3 0.1443 mM + BR1 0.104 mM), as mudas apresentaram maior comprimento do pecíolo. Já na combinação GA3 0.072mM +

BR1 0.052 mM, houve maior taxa de crescimento em altura. Os parâmetros anatômicos avaliados mostraram que a aplicação do brassinolídeo isolado na concentração de 0,104 mM e em combinação com giberelina resultaram em aumento no tamanho da epiderme e do mesofilo. Os autores também observaram a emissão de gemas laterais nas plantas pulverizadas com GA + BR.

Não houve efeito das concentrações do 24-epiBL em nenhuma das variáveis biométricas analisadas.

Na Figura 7 observa-se o aumento linear crescente do número de brotações e o padrão exponencial de crescimento das mesmas, ao longo de oito semanas, no intervalo entre coletas.

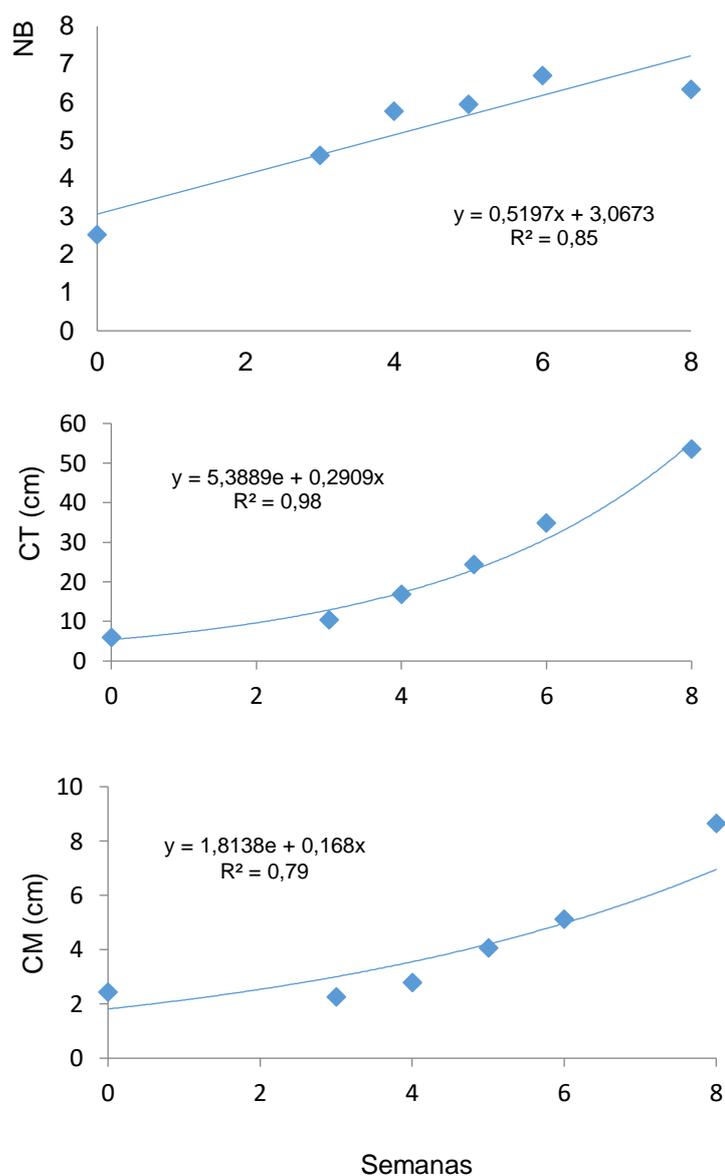


Figura 7. Número de brotações (NB), comprimento total (CT) e médio (CM) das brotações, em minicepas de *Paratecoma peroba*, monitorados ao longo de oito semanas entre duas coletas, pulverizadas com diferentes concentrações de 24-epiBL (0; 0,01; 0,1; 1 μ M), semanalmente.

Houve aumento no número e comprimento de brotações em comparação à coleta realizada anteriormente a esta, onde foram obtidas em média 2,28 brotações por minicepa, com comprimento total médio de brotações de 21,80 cm e 3,10 miniestacas por minicepa.

Hilgenberg e Ayub (2014) testaram cinco concentrações do 24-epiBL (0; 0,004; 0,02; 0,1 e 0,5 mg L⁻¹) na quebra de dormência de gemas e no crescimento dos ramos laterais em duas cultivares de macieira. Cinquenta dias após a aplicação, verificaram que as concentrações utilizadas não promoveram brotações em macieiras.

Em *Moringa oleifera*, foi constatado que concentrações (0,04 ppm) do 24-epiBL mostraram-se eficientes na promoção do crescimento, porém concentrações excessivas (0,08 ppm) exerceram efeito negativo sobre o crescimento vegetativo e reprodutivo. Sobre os parâmetros vegetativos avaliados (comprimento do ramo, diâmetro do ramo, diâmetro da copa, número total de ramos por árvore), a aplicação via solo na concentração 0,8 mg planta⁻¹ proporcionou melhores resultados. Enquanto sobre o crescimento reprodutivo a pulverização foliar na concentração 0,04 ppm, aumentou no número de ramos que produziram frutos (Zheng et al., 2017).

Na produção de diferentes tipos de miniestacas, não houve diferença em função das concentrações do 24-epiBL no intervalo avaliado (Figura 8).

O aumento da produtividade de minicepas ao longo do tempo, pode ser resultante do manejo por podas, associado ao aumento do volume dos recipientes, pois a quebra sucessiva da dominância apical, estimula gemas dormentes (Silva et al., 2012; Dias et al., 2012).

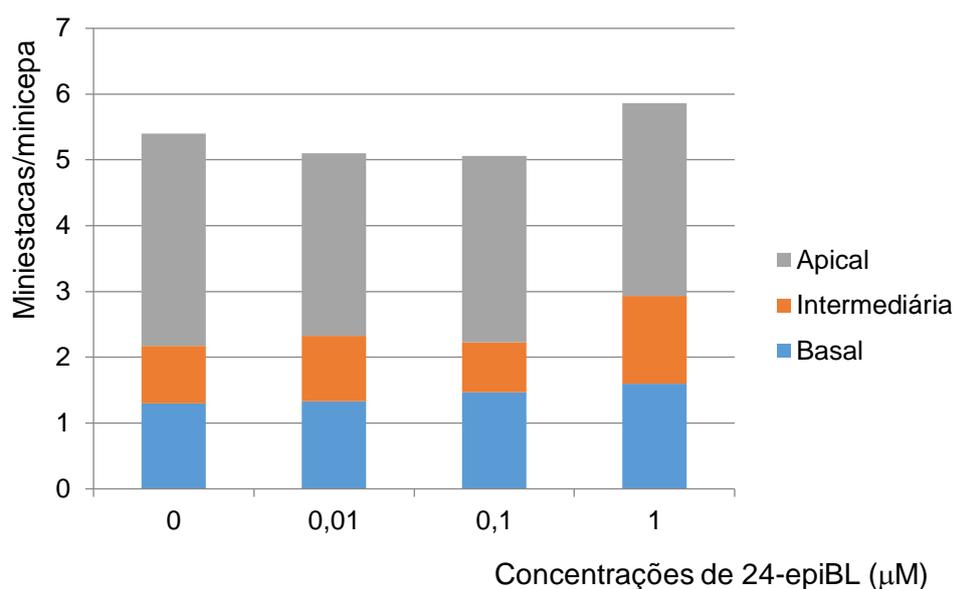


Figura 8. Produção de miniestacas por minicepa de *Paratecoma peroba*, conduzidas em sacos plásticos (26 cm x 7,5 cm), na segunda coleta de brotações, realizada aos nove meses após a poda apical, e logo após seis pulverizações semanais, com diferentes concentrações de 24-epiBL.

O 24-epiBL não influenciou no índice de verde das minicepas. As clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas, conseqüentemente refletindo no seu crescimento e desenvolvimento.

Zhang et al. (2013) avaliaram o efeito do 24-epiBL em dois cultivares de melão (*Cucumis melo*) sob estresse, com redução significativa no conteúdo de clorofila. Entretanto, segundo os autores, a aplicação do 24-epiBL aumentou de forma acentuada o teor de clorofila em ambas as cultivares, além de promover a proteção do aparato fotossintético, através da manutenção dos pigmentos fotossintéticos e do equilíbrio entre PSI e PSII.

Para avaliar o crescimento vegetativo e reprodutivo de *Moringa oleifera* em condições de campo, Zheng et al. (2017) testaram dois métodos de aplicação do 24-epiBL, encharcamento do solo e pulverização foliar. Os autores verificaram que os teores de clorofila aumentaram em todos os tratamentos, porém a

pulverização foliar nas concentrações 0,04 ppm e 0,08 ppm, elevaram significativamente os teores de clorofila nas folhas de moringa.

Sugere-se que ao realizar experimentos que avaliem o efeito de hormônios vegetais como os brassinosteróides, que atuam na planta em baixas concentrações, é fundamental que, junto com as medições biométricas, também sejam feitas avaliações fisiológicas, pois estas irão detectar possíveis alterações ao nível celular, proporcionando uma melhor compreensão dos resultados obtidos no experimento.

Existe uma faixa de concentração ótima para que os hormônios vegetais sejam efetivos. Abaixo da faixa ótima não há resposta fisiológica e acima dela os hormônios podem apresentar efeito inibitório (Taiz et al., 2017). O efeito dos brassinosteróides sobre o crescimento depende não apenas da dose, mas também da espécie, do órgão da planta a ser tratado, assim como do método de aplicação do regulador de crescimento (Gomes et al., 2011; Yue et al., 2018).

Em plantas cultivadas em condições favoráveis, o efeito dos brassinosteróides pode ser pequeno (Khripach et al., 2000).

Foi observado o desenvolvimento de botões florais em algumas minicepas de peroba do campo, essas estruturas apresentavam uma morfologia diferenciada entre os tratamentos. Em 13% das minicepas que não receberam brassinosteróides, as estruturas foram observadas, porém, pouco desenvolvidas, com posterior abortamento. Nas concentrações de 0,01 e 0,1 μM de 24-epiBL, apareceram em 10,34% e 22%, respectivamente, sendo que as estruturas se desenvolveram até a completa abertura dos botões florais. Em 17,85% das minicepas na concentração de 1,0 μM , as estruturas eram um pouco mais desenvolvidas em comparação ao controle, contudo não atingindo desenvolvimento completo do botão, havendo abortamento dos mesmos.

Dias (2011) observaram o florescimento precoce em mudas de peroba do campo aos 90 e 120 dias após o plantio no campo. Segundo a autora, a emissão de flores, pode ser um indicativo de estresse.

Os tecidos vegetativos jovens são particularmente responsivos aos brassinosteróides (Close e Sasse, 1998). Gomes et al. (2006) verificou que a aplicação de 0,3 mg de brassinosteróides, possivelmente estimulou a transição do

meristema de vegetativo para reprodutivo em maracujá, onde pôde-se observar aumento no número de frutos por planta.

O florescimento precoce não é desejável na miniestaquia de espécies de interesse madeireiro, mas pode ser interessante para a implantação de pomares de sementes e para espécies cujo florescimento seja de interesse paisagístico.

5.3. Sobrevivência e enraizamento de miniestacas de peroba do campo oriundas de minicepas tratadas com 24-epiBL

Ao final de 45 dias no setor de enraizamento, não foram observadas diferenças entre os tratamentos com relação à sobrevivência das miniestacas (Tabela 3). Os valores elevados de sobrevivência demonstram que as condições ambientais, como luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar dentro da câmara de nebulização estavam adequados para o enraizamento da espécie. A alta umidade relativa do ar dentro da câmara reduz a transpiração e a perda de turgescência nas células, conseqüentemente contribuindo para a permanência das folhas nas estacas (Hartmann et al., 2011). Um sistema de nebulização eficiente influencia diretamente na sobrevivência das miniestacas, resfriando as folhas e diminuindo o déficit de pressão de vapor do ar como verificado no estudo realizado por Tombesi et al. (2015) com estacas de avelã.

Resultados semelhantes foram encontrados em outros trabalhos, cujas miniestacas foram provenientes de material juvenil e retiradas num período entre 30 – 45 dias do setor de enraizamento, como os de Xavier et al. (2003) com *Cedrela fissilis* obtendo 89% de sobrevivência, Oliveira et al. (2016) com *Handroanthus heptaphyllus* 86%, Berude, (2018) com *Inga edulis* obtendo 100% de sobrevivência.

O percentual de miniestacas aderidas ao substrato utilizando o método do leve toque (Freitas et al. 2006) foi alto, em média 94%. Porém, é preciso refletir acerca do uso desta metodologia para avaliar miniestacas enraizadas uma vez que, nem todas as miniestacas que se encontravam aderidas ao substrato produziram raízes e sim calo. É importante que este tipo de avaliação seja utilizado apenas como um indicativo acerca do monitoramento das miniestacas no

setor de enraizamento, uma vez que os resultados para enraizamento são incertos.

Não houve efeito dos tratamentos sobre nenhuma das características avaliadas e apresentadas na Tabela 3.

De acordo com Bao et al. (2004), brassinosteróides regulam o desenvolvimento de raízes laterais através da interação com a auxina, sendo que, a concentração poderá promover ou inibir o desenvolvimento das mesmas.

Efeitos positivos no uso de brassinosteróides sobre o enraizamento de estacas podem ser vistos no estudo de Swamy e Rao (2006), que utilizaram altas concentrações e aplicação por imersão de estacas de gerânio (*Pelargonium graveolens*). Os autores observaram aumento no número de raízes entre o 15º e 25º dia após a imersão de 2 cm da base das estacas, em duas concentrações (50 e 100 μM) do 24-epibrassinolídeo e 28-homobrassinolídeo por 5 minutos. Ambos os reguladores empregados no estudo, estimularam não apenas a formação de raízes, mas também o crescimento radicular. Dentre os tratamentos, o uso do 28-homobrassinolídeo a 100 μM foi considerado mais eficaz na promoção do crescimento radicular.

Tabela 3. Sobrevivência (SOB), altura (H), diâmetro do colo (DAC), calo, enraizamento (ENR), área foliar (AF), número de raízes de primeira ordem (NRPO), comprimento total de raízes (CTR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR) de miniestacas de *P. peroba* obtidas em minicepas pulverizadas com diferentes concentrações de 24-epiBL, aos 45 dias no setor de enraizamento.

Doses de 24-epiBL (μM)	SOB (%)	H (cm)	DAC (mm)	AF (cm^2)	MSPA (g)
0	98,66	5,6963	2,0213	56,9348	0,4072
0,01	98,66	5,5004	2,0053	54,5028	0,4016
0,1	97,33	5,4775	2,0749	59,7808	0,4168
1	98,66	5,4242	2,0939	53,9376	0,4008
Média	98,33	5,5121	2,0489	56,2890	0,4066
CV (%)	*2,11	6,81	8,11	**22,09	**16,87
	CALO (%)	ENR (%)	NRPO	CTR (cm)	MSSR (g)
0	64	76	1,72	17,7005	0,0244
0,01	64	68	1,92	19,7881	0,0275
0,1	56	52	1,36	12,3113	0,0226
1	60	44	1,04	9,2344	0,0161
Média	61	60	1,51	14,7586	0,0227
CV (%)	*18,24	*35,21	*19,49	*50,96	**67,48

*Transformados em $\sqrt{x+1}$; ** Transformados em \log_{10}

De acordo com Symons et al. (2008), brassinosteróides exógenos movem-se lentamente após sua aplicação, e em tecidos da parte aérea parecem permanecer relativamente imóveis após aplicação. Talvez isso indique que outros métodos de aplicação possam ser mais efetivos.

As miniestacas de peroba apresentaram 60% de enraizamento, valor este acima do observado em outras espécies lenhosas como *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira et al., 2016), que apresentou 54% de miniestacas enraizadas, aos 30 dias após estaqueamento e como *Piptocarpha angustifolia* (Ferriani et al., 2011), cujo percentual de enraizamento foi de 45% em estacas colhidas no inverno, entretanto, com 90 dias de permanência em câmara de nebulização. O tempo de permanência das miniestacas sob nebulização intermitente utilizado pelos autores para miniestacas de *Piptocarpha angustifolia* foi justificado pelo elevado número de miniestacas que apresentavam formação de calo em período inferior, conforme observado nas miniestacas de peroba do campo.

O percentual de miniestacas de peroba com formação de calos foi elevado (61%). Ferriani et al. (2011) observaram efeito da época de coleta das brotações sobre a formação de calos das miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*, cujo maior percentual ocorreu nas miniestacas coletadas no outono (37,4%), seguido da primavera (8,8%) e inverno (5,0%).

Os níveis endógenos de hormônios interferem diretamente no enraizamento de miniestacas, e, apesar da formação de muitos calos na base das miniestacas, o balanço hormonal interno foi eficiente para a formação do sistema radicular.

O bom enraizamento observado pode estar associado principalmente à origem juvenil do material propagado. Diversos trabalhos denotam que o material juvenil, procedente de mudas produzidas por sementes dispensa o uso de reguladores vegetais para estimular a indução do enraizamento (Xavier et al., 2003; Silva et al., 2012; Freitas et al., 2017).

A predisposição genética do material deve ser considerada, pois a capacidade de enraizar difere muito entre as espécies florestais e entre indivíduos

de uma mesma espécie. Os resultados que temos obtido para a peroba do campo indicam boa capacidade de enraizamento.

Verificou-se que peroba do campo apresentou em média 1,5 raízes de primeira ordem (NRPO), valor inferior ao encontrado para ipê roxo, que aos 30 dias após o estaqueamento, apresentou em média 3 raízes de primeira ordem (Oliveira et al., 2016). Ao comparar ainda as duas espécies, cuja família botânica é a mesma, o valor obtido para massa seca do sistema radicular em miniestacas de peroba do campo (0,023 g) foi menor que em ipê roxo (0,039 g).

É viável o enraizamento de miniestacas de peroba do campo, provenientes de minicepas juvenis, o que representa um indicador da possibilidade de produção de mudas quando a semente é insumo limitante e existem poucos indivíduos na natureza, podendo ainda ser utilizada em programas de melhoramento genético, para fins silviculturais e ambientais. Para validação da técnica é necessário ainda, avaliar a qualidade final das mudas e seu desempenho no campo. Entender melhor o processo de enraizamento e aperfeiçoar seu manejo, de forma a incrementar a qualidade destas mudas, o que permitirá sua inserção em projetos de reflorestamento, na implantação de unidades de produção de sementes, reduzindo os riscos de sua extinção.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

Entre as espécies arbóreas nativas, de importância econômica e ecológica, destaca-se a *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl., conhecida como peroba do campo. É endêmica da região Sudeste do Brasil e sua madeira de boa qualidade fez com que fosse muito explorada, o que levou à redução de suas populações, inserindo-a na lista de espécies ameaçadas de extinção. A miniestaquia pode ser uma alternativa para espécies que apresentam irregularidades na produção de sementes, assim como no armazenamento. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a viabilidade da técnica da miniestaquia a partir de material juvenil na produção de mudas de *Paratecoma peroba* e o efeito de pulverizações com brassinosteróide nas brotações das minicepas e no enraizamento de miniestacas.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de agosto de 2017 a novembro de 2018, na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, do campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

A partir de mudas de peroba do campo, produzidas por sementes, foi instalado um minijardim clonal, do qual foram retirados propágulos para monitorar a capacidade de enraizamento adventício das miniestacas em câmara de nebulização. Setenta miniestacas foram postas em tubetes de 180 cm³, contendo substrato florestal comercial, sendo posteriormente conduzidos para câmara de nebulização, com pulverizações de 30 segundos, a cada 15 minutos. Aos 30 dias após o estaqueamento iniciou-se o acompanhamento do processo de enraizamento das miniestacas por amostragem, e a cada 10 dias foram retiradas, aleatoriamente, 10 miniestacas vivas para avaliação do sistema radicular, prosseguindo até os 70 dias. Para a avaliação do percentual de enraizamento e do sistema radicular, as miniestacas foram lavadas com água para retirada do

substrato, e avaliados o percentual de enraizamento e calo, número de raízes de primeira ordem e comprimento total de raízes.

A partir destas brotações, foram confeccionadas miniestacas de cada tratamento, para produção das mudas, sendo eliminado o bloco composto pelas minicepas de menor dimensão. Após estaqueadas em tubetes (180 cm³), foram mantidas em câmara de nebulização (30 segundos, a cada 15 minutos), sendo mantido o delineamento das minicepas (DBC), com cinco repetições de 15 miniestacas por parcela. Aos 45 dias as plântulas foram avaliadas quanto à sobrevivência e enraizamento. O processo de enraizamento adventício inicia-se com intensa formação de calos na base das miniestacas até 30 após o estaqueamento. O enraizamento foi observado a partir dos 40 dias, atingindo 80% aos 60 dias, sem aplicação de regulador de crescimento.

Parte das minicepas produzidas foram submetidas a aplicações de diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo (SIGMA – ALDRICH®). As minicepas de peroba do campo foram dispostas em DBC, sendo a blocagem realizada em função do tamanho médio das mesmas, com seis repetições, de cinco plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em quatro concentrações do 24-epiBL (0; 0,01; 0,1; 1,0 µM). A aplicação das soluções foi realizada por pulverização da parte aérea das minicepas, com borrifadores manuais, sempre ao final da tarde. Antes do início as aplicações do 24-epiBL, foi realizada caracterização das minicepas pela contagem do número de gemas, número e comprimento das brotações remanescentes da coleta anterior, altura e diâmetro do colo, seguidos do registro com foto de cada minicepa. A primeira aplicação do 24-epiBL foi realizada três semanas após a primeira coleta de brotações, sendo repetida a cada sete dias, totalizando seis aplicações. As minicepas foram avaliadas semanalmente da terceira até a última aplicação do 24-epiBL, sendo realizada a última avaliação, duas semanas depois, no momento da coleta de brotações para estaqueamento.

Na oitava semana após a aplicação dos tratamentos foram confeccionadas miniestacas a partir das brotações das minicepas, para produção das mudas, sendo eliminado o bloco composto pelas minicepas de menor dimensão. Após

estaqueadas em tubetes (180 cm³), com substrato comercial e adubo de liberação lenta, as miniestacas foram mantidas em câmara de nebulização (30 segundos, a cada 15 minutos), sendo mantido o delineamento adotado para as minicepas (DBC), com cinco repetições de 15 miniestacas por parcela. Ao final de 45 dias em câmara de nebulização, as plântulas foram avaliadas quanto à sobrevivência e o enraizamento altura e diâmetro do caule. Posteriormente, cinco mudas de cada parcela foram tomadas, aleatoriamente, para avaliação do sistema radicular, sendo avaliados porcentagem de miniestacas com calos e miniestacas que formaram raízes, número de raízes de primeira ordem, comprimento total de raiz, área foliar, massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

Com base na condução dos experimentos, pode-se concluir:

É viável o enraizamento de miniestacas de peroba do campo, produzidas a partir de minicepas juvenis.

O enraizamento adventício da peroba do campo se inicia após intensa formação de calos na base das miniestacas, a partir de 40 dias após o estaqueamento, sendo indicados para a espécie 50 dias em câmara de nebulização.

Não houve efeito do 24-epibrassinólídeo sobre a sobrevivência e produtividade das minicepas, bem como no enraizamento das miniestacas de peroba do campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, K. M. P.; Braga, J. M. A.; Nascimento, M. T. (2014) Tree species diversity of coastal lowland semideciduous forest fragments in northern Rio de Janeiro, Brazil. *Bioscience Journal*, Uberlandia, v. 30, n. 5, p. 1529 – 1550.
- Abreu, K. M. P.; Silva, G. F.; Silva, A. D. (2013) Análise fitossociológica da Floresta Nacional de Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim – ES, Brasil. *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 1, p. 157 – 168.
- Alcantara, G. B.; Ribas, L. L. F.; Higa, A. R.; Zuffellato-Ribas, K. C.; Koehler, H. S. (2007) Efeito da idade e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. *Revista Árvore*, v. 31, n. 3, p. 399 – 404.
- Alfenas, A. C.; Zauza, E. A. V.; Mafia, R. G.; Assis, T. F. (2004) Clonagem e doenças do Eucalipto. Viçosa: UFV. 442p.
- Ali, Barket. (2017) Practical applications of brassinosteroids in horticulture – Some field perspectives. *Scientia Horticulture*, 225, p. 15-21.
- Almeida, F. D.; Xavier, A.; Dias, J. M. M.; Paiva, H. N. (2007) Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. *Revista Árvore*, v. 31, n. 3, p. 455 – 463.
- Altoé, J. A.; Marinho, C. S.; Muniz, R. A.; Rodrigues, L. A.; Gomes, M. M. A. (2008) Tangerina ‘Cleopatra’ submetida a micorrização e um análogo de brassinosteróides. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 30, n. 1, p. 13 – 17.

- Anwar, A.; Liu, Y.; Dong, R.; Bai, L.; Yu, X.; Li, Y. (2018) The physiological and molecular mechanism of brassinosteroid in response to stress: a review. *Biological Research*, 51:46.
- Archanjo, K. M. P. A.; Silva, G. F.; Chichorro, J. F.; Soares, C. P. B. (2012) Estrutura do componente arbóreo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 42, n. 1. P. 145 – 160.
- Bajguz, A. (2007) Metabolism of brassinosteroids in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, p. 95-107.
- Bao F.; Shen J.; Brady S.R.; Muday G.K.; Asami T.; Yang, Z. (2004) Brassinosteroids interact with auxin to promote lateral root development in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 134: 1621–1624.
- Berude, M. C.; (2018) Propagação vegetativa de *Inga edulis* Mart. por estaquia e miniestaquia. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.
- Boschetti, W. T. N.; Barbosa, A. A.; Oliveira, J. T. S.; Santos, A. R. (2014) Identificação de madeiras do patrimônio histórico usadas em estruturas: estudo de caso da Fazenda Fortaleza. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, v. 5, n. 3, p. 118-126.
- Bolles Jones, E. W. (1954) Nutrition of *Hevea brasiliensis* I. Experimental methods. *Journal Rubber Research International Malaya*, v. 14, p. 183.
- Brasil (2014). Ministério do Meio Ambiente. Lista de espécies madeireiras comerciais ameaçadas de extinção. Disponível em: <snif.florestal.gov.br>. Acesso em: 26 set. 2017.
- Brondani, G. E.; Araujo, M. A.; Wendling, I.; Kratz, D. (2008) Enraizamento de miniestacas de erva mate sob diferentes ambientes. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n. 57, p. 29 – 38.
- Brondani, G. E.; Wendling, I.; Grossi, F.; Dutra, L. F.; Araujo, M. A. (2012a) Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (I) sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. *Ciência Florestal*, v. 22, n. 1, p. 11 – 21.
- Brondani, G. E.; Wendling, I.; Brondani, A. E.; Araujo, M. A.; Silva, A. L. L.; Gonçalves, A. N. (2012b) Dynamics of adventitious rooting in mini-cutting of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 34, n. 2, p. 169 – 178.
- Brosa D (1999) Biological effects of brassinosteroids. *Crit Rev Biochem Mol Biol* 34:339–358.

- Carvalho, F. A.; Braga, J. M. A.; Gomes, J. M. L.; Souza, J. S.; Nascimento, M. T. (2006) Comunidade arbórea de uma floresta de baixada aluvial no município de Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Cerne*, Lavras, v. 12, n. 2, p. 157 – 166.
- Centro Nacional De Conservação Da Flora (2018). *Paratecoma peroba* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Paratecomaperoba>>. Acesso em 26 set. 2018.
- Clouse S.D.; Sasse J.M. (1998) Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49: 427–451.
- Coimbra Filho, A. F. (1951) Contribuição para o estudo do desenvolvimento inicial da Peroba-de-campos. *Revista Agronomia*, 10 (3): 187-192, 1951.
- Cunha, A. C. M. C. M.; Wendling, I.; Souza Junior, L. (2008) Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. *Ciência Florestal*, v. 18, n. 1, p. 85 – 92.
- Cunha, A. C. M. C. M.; Paiva, H. N.; Barros, N. F.; Leite, H. G.; Leite, F. P. (2009) Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 33, p. 591 - 599.
- Cunha, A. C. M. C. M.; Paiva, H. N.; Leite, H. G.; Barros, N. F.; Leite, F. P. (2009b) Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. *Revista Árvore*, v. 33, n. 2, p. 195 – 203.
- Dias, B. A. S. (2011) Análise comparativa de tubetes biodegradáveis e de polietileno na produção de mudas de *Paratecoma peroba* (Record & Mell) Kuhl. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, 84p.
- Dias, P. C.; Oliveira, L. S.; Xavier, A.; Wendling, I. (2012) Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v.32, n. 72, p. 453 – 462.
- Dias, P. C.; Xavier, A.; Oliveira, L. S.; Correa, A. C. G.; Barbosa, G. A. (2015) Tipo de miniestaca e substrato na propagação vegetativa de Angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). *Ciência Florestal*, v. 25, n. 4, p. 909 – 919.
- Engel, V. L.; Martins, F. R. (2005) Reproductive phenology of Atlantic forest tree species em Brazil: an eleven year study. *Tropical Ecology*, v. 46, n. 1, p. 1 -16.
- Fachinello, J. C.; Hoffmann, A.; Nachtigal, J. C. (2005) Propagação de plantas frutíferas. Brasília: Embrapa Informações Técnicas, 221p.
- Ferriani A. P.; Zuffellato-Ribas, K. C.; Helm, C. V.; Bosa, Wendling, I.; Koehler, H. S. (2011) Produções de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 31, n. 67, p. 257-264.

- Ferriani A. P.; Zuffellato-Ribas, K. C.; Wendling, I. (2010) Miniestaqueia aplicada a espécies florestais. *Revista Agroambiente*, v. 4, n. 2, p. 102-109.
- Fett Neto, A. G.; Teixeira, S. L.; Silva, E. A. M.; Santanna, R. (1992) Biochemical and morphological changes during in vitro rhizogenesis in cuttings of *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v. 140, p. 720 – 728.
- Freitas, T. A. S.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. A.; Penchel, R. M.; Figueiredo, F. A. M. (2006) Mudanças de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. *Revista Árvore*, v. 30, n. 4, p. 519 – 528.
- Fujioka, S.; Sakurai, A. (1997) Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. *Physiology Plant*, 100: 710 – 715.
- Garay-Arroyo A.; Sanches, M. L. P.; Garcia-Ponce, B.; Azpeitia, E.; Alvarez-Buylla, E. R. (2012) Hormone symphony during root growth and development. *Development dynamics* 241: 1867 – 1885.
- Gentry, A. H. (1992) Bignoniaceae (Tribe Tecomeae). *Flora Neotropica*. New York. Hafner Press, v.25, n.2, p. 163-169.
- Gomes, M.M.A. (2011) Physiological effects related to brassinosteroid application in plants. In: Hayat S., Ahmad A. (eds): *Brassinosteroids: a Class of Plant Hormone*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York, Springer: 193–242.
- Gomes M. M. A.; Campostrini, E.; Leal N. R.; Viana, A. P.; Ferraz, T.M.; Siqueira, L. N.; Rosa, R. C. C.; Netto, A. T.; Nunez-Vasquez.; Zullo, M. A. T. (2006) Brassinosteroids analogue effects on the yield of yellow passion fruit plants (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Scientia Horticulture* 110: 235 – 240.
- Gomes, M. M. A.; Pinheiro, D. T.; Smith, R. B.; Campostrini, E. (2018) Exogenous brassinosteroids application delays senescence and promotes hyponasty in *Carica papaya* L. leaves. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v.30, p. 193-201.
- Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (2005) *Nutrição e Fertilização Florestal*. 1ª ed. Piracicaba: Esalq, 427p.
- Goulart, P. B.; Xavier, A.; Iarema, L.; Otoni, W. C. (2014) Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Ciência Florestal*, v.24, n.3, p. 521-532.
- Grove, M.D.; Spencer, G. F.; Rohwedder, W. K.; Mandava, N.; Worley, J. F.; Warthen Jr, D. J.; Sttefens, G. L.; Flippen-Anderson, J. L.; Cook Jr., J. C. (1979) Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*, 281: 216 – 217.

- Hartmann, H. T.; Kerster, D. E.; Davies Jr, F. T.; Geneve, R. L. (2011) Hartmann and Kerster's Plant Propagation: principles and practices. 8ª Ed. Boston: Prentice Hall, 915p.
- Higashi, E. N.; Silveira, R. L. V. A.; Gonçalves, N. A. (2000) Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil. Circular Técnica IPEF, São Paulo, n. 192.
- Hilgenbeg, T.; Ayub, R. A. (2014) Evaluation of brassinosteroids dormancy break anal in growth of branches of apple tree (*Malus domestica*). *Ambiência*, v.10, n.2, p. 625-630.
- Kageyama, P. Y.; Castro, C. F. A. (1989) Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. IPEF: n. 41/42, p. 83 – 93.
- Khripach, V.; Zhabinskii, V.; Groot, A. (2000) Twenty years of brassinosteroids: sterioidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany*, v. 86, p. 441- 447.
- Jin, H.; Do, J.; Shin, S. J.; Choi, J. W.; Kim, W.; Kwon, M. (2014) Exogenously applied 24-epibrassinolide reduces lignification and alters cell wall carbohydrate biosynthesis in the secondary xylem of *Liriodendron tulipifera*. *Phytochemistry*, n. 101, p. 40 – 51.
- Larré, C. F.; Marini, P.; Moraes, CL.; Amarante, L.; Moraes, D. M. (2014) Influência do 24-epibrassinolídeo na tolerância ao estresse salino em plântulas de arroz. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 1, p. 67 – 76.
- Li, K. R.; Wang, H. H.; Han, G.; Wang, Q. J.; Fan, J. (2008) Effects of brassinolide on the survival, growth and drought resistance of *Robinia pseudoacacia* seedlings under water stress. *New Forests*, v. 35, p. 255 – 266.
- Lins, B. L. A.; Nascimento, M. T. (2007) Efeito do corte seletivo na fenologia de *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. (Bignoniaceae) em uma mata de tabuleiro na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana, RJ. *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, 23 a 28 de setembro de 2007, Caxambu – MG.
- Lins, B. L. A.; Nascimento, M. T. (2010) Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em uma Floresta Estacional Semidecidual do Norte Fluminense, Brasil. *Rodriguésia*, v. 61, n. 3, p. 559-568.
- Lorenzi, H. (2002) Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.1, 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum.
- Maia, J. P. O. (2016) Diagnóstico da situação de algumas construções de madeira do patrimônio cultural na região do Caparaó. Monografia (Departamento de Ciências Florestais e da Madeira) - Universidade Federal do Espírito Santo, 67p.

- Mantovani, N.; Roveda, M.; Tres, L.; Fortes, F. O.; Grando, M. F. (2017) Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestaquia. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 1, p. 225 – 236.
- Martinelli, G.; Moraes, M. A. (2013) Livro Vermelho da Flora do Brasil. Centro Nacional de Conservação da Flora, 1102p.
- Martins, M. C. (2011) Ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia de espécies nativas da Mata Atlântica. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, n.3, 18p.
- Medeiros, A. C. S. (2001) Aspectos de dormência em sementes de espécies arbóreas. Circular técnica, Embrapa.
- More, O.; Hernandez, M.M.; Nunez, M.; Estevez, A.; Gonzalez, M.E. (2001) Empleo de dos análogos de brassinosteroides en la formación de callos embriogénicos en papa (*Solanum tuberosum* L). *Cultivos Tropicales* v.22, n.4, p.29-35.
- Mussig, C.; Shin, G. H.; Altmann, T. (2003) Brassinosteroid promote root growth in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, n. 133, n. 3, p. 1261-1271.
- Nascimento, M. T.; Lima, H.C. (2008) Floristic and structural relationships of a Tabuleiro Forest in Northeastern Rio de Janeiro, Brazil. Thomas, E. The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 100: 395-416.
- Neubert, V. F.; Xavier, A.; Paiva, H. N.; Dias, P. C.; Gallo, R. (2017) Production of mini cuttings and the influence of leaf reduction on rooting of vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.) *Revista Árvore*, v. 41, n. 4.
- Novakova, O.; Kunes, I.; Gallo, J.; Balas, M. (2014) Effects of brassinosteroids on prosperity Scots pine seedlings. *Journal of Forests Science*, v. 60, n. 9, p. 388 – 393.
- Oliveira, T. P. F.; Barroso, D. G.; Lamônica, K. R.; Carneiro, J. G. A.; Oliveira, M. A. (2015a) Produtividade de minijardim multiclinal e enraizamento de miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2423 – 2432.
- Oliveira, T. P. F.; Barroso, D. G.; Lamônica, K. R.; Carvalho, V. S.; Oliveira, M. A. (2015b) Efeito do ácido indol butírico (AIB) no enraizamento miniestacas de ipê roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). *Ciência Florestal*, v. 25, n. 4, p. 1043 – 1051.
- Oliveira, T. P. F.; Barroso, D. G.; Lamônica, K. R.; Carvalho, G. C. M. W. (2016) Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 1, p. 313 – 320.
- Ono, O. E.; Nakamura, T.; Machado, S. R.; Rodrigues, J. D. (2000) Application of brassinosteroid to *Tabebuia alba* plants. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12 (3): 187 – 194.

- Pedroso E. J. (2016) Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidades de radiação solar. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, 60p.
- Pereira, M. O.; Grabias, J.; Zuffellato-Ribas, K. C.; Navroski, M. C. (2015) Enraizamento de estacas de *Tibouchina moricandiana* var *vinacea* em função da forma de aplicação e concentração de AIB. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 14, n. 3, p. 210 – 216.
- Pessanha, S. E. G. L.; Barroso, D. G.; Barros, T. C.; Oliveira, T. P. F.; Carvalho, G. C. M. W.; Cunha, M. (2018) Limitações na produção de vinhático (*Plathymentia reticulata* Benth) por miniestaquia. Ciência Florestal, v. 28, n. 4, p. 1688 – 1703.
- Pinheiro, L. Z. (2014) Avaliação do perfil químico e quantificação do potencial antioxidante e antibacteriano da espécie ameaçada de extinção *Paratecoma peroba* (Record e Mell) Kuhl (peroba do campo). Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 137 p.
- Pires, P. P.; Wendling, I.; Brondani, G. E. (2013) Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. Revista Árvore, v. 37, n. 3, p. 393 – 399.
- R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rasmussen A.; Smith, T. E.; Hunt, M. A. (2009) Cellular stages of root formation, root quality system and survival of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cuttings in different temperature environments. New Forests 38: 285 – 294.
- Ronsch, H.; Adam, G.; Matschke, J.; Schachler, G. (1993) Influence of (22S, 23S) – homobrassinolide on rooting capacity and survival of adult Norway spruce cuttings. Tree Physiology, 12: 1, 71-80.
- Sá, F. P.; Portes, D.C.; Wendling, I.; Zuffellato-Ribas, K. C. (2018) Miniestaquia de erva mate em quatro épocas do ano. Ciência Florestal, v.28, n. 4, p. 1431 – 1442.
- Sampaio, P. T.; Siqueira, J. A. S.; Costa, S.; Bruno, F. M. S. (2010) Propagação vegetativa por miniestacas de preciosas (*Aniba Canellila* (H. B. K) MEZ). Acta Amazonica, v. 40, n. 4, p. 687-692.
- Silva, G. C.; Nascimento, M. T. (2001) Fitossociologia de um Remanescente de Mata sobre Tabuleiros no Norte do Estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão), Revista Brasileira de Botânica, v. 24, p. 51-62.

- Silva, M. P. S.; Barroso, D. G.; Souza, J. S.; Ferreira, D. A.; Carneiro, J. G. A. (2012) Enraizamento de miniestacas e produtividade de minicepas de cedro australiano manejadas em canaletão e tubetes. *Ciência Florestal*, v.22, n. 4, p. 703 – 713.
- Silva, R. D.; Santos, L. N.; Abreu, K. M. P.; Ferrari, J. L. (2016) Mapeamento de *Paratecoma peroba* (Record) Kuhlm. em um fragmento de floresta estacional semidecidual no sul do Espírito Santo. *Anais do III Encontro de Ciências Biológicas*, Alegre, ES.
- Souza, C. C. (2015) Propagação vegetativa de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) por miniestaquia. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 88 p.
- Souza, J. C. A. V.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. A.; Teixeira, S. L.; Balbinot, E. (2009) Propagação vegetativa de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. *Revista Árvore*, v. 33, n. 2, p. 205 – 213.
- Souza Junior, L.; Quoirin, M.; Wendling, I. (2008) Miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. a partir de propágulos juvenis. *Ciência Florestal*, v.18, n. 4, p. 455 – 460.
- Stuepp, C. A.; Wendling, I.; Koehler, H. S.; Zuffellato-Ribas, K. C. (2017) Sucessive mini-cuttings collections in *Piptocarpha angustifolia* mini-stumps: effects on maturation, adventitious root induction and root vigor. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 39, n. 2, p. 245 – 253.
- Symons, G. M.; Ross, J. J.; Jager, C. E.; Reid, J. B. (2008) Brassinosteroid transport. *Journal of Experimental Botany*, v. 59, n. 1, p. 17 – 24.
- Swamy, K.N.; Rao, S.S.R. (2006) Influence of brassinosteroids on rooting and growth of geranium (*Pelargonium* sp.) stem cuttings. *Asian Journal Plant Science*, v.5, n.4, p. 619-622.
- Takatsuto, S. (1994) Brassinosteroids: distribution in plants, biosassays and microanalysis by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 658: 3 -15.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6ª ed - Porto Alegre: Artmed, 888p.
- Tombesi, S.; Palliotti, A.; Poni, S.; Farinelli, D. (2015) Influence of light and shoot development stage on leaf photosynthesis and carbohydrate status during the adventitious formation in cuttings of *Corylus avellana* L. *Frontiers in Plant Science*, volume 6, article 973.
- Villela, D. M.; Nascimento, M. T.; Aragão, L. E. O. C.; Gama, D. M. (2006) Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*, v. 33, p. 506 – 516.

- Wendling, I.; Ferrari, M. P.; Dutra, L. F. (2005) Produção de mudas de corticeira do mato (*Erythrina falcata* Benth) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. Colombo: Embrapa florestas, PR.
- Wendling, I.; Trueman, S. J.; Xavier, A.; (2014) Maturation and related aspects in clonal forestry – part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. *New Forests*, v. 1, p. 1 – 14.
- Wendling, I.; Xavier, A. (2001) Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. *Floresta e Ambiente*, v. 8, n. 1, p. 187 – 194.
- Xavier, A.; Santos, G. A.; Wendling, I.; Oliveira, M. L. (2003) Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 139 – 143.
- Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R. L. (2013) *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. 2ª Ed. Viçosa – MG, 279p.
- Yue J.; You, Y.; Fu, Z.; Wang, J.; Zhang, J.; Guy, R. D. (2018) Exogenous 24-epibrassinolide alleviates effects of salt stress on chloroplasts on photosynthesis in *Robinia pseudoacacia* L. seedlings. *Journal Plant Growth Regulation* doi.org/10.1007/s00344-018-9881-0.
- Yue J.; Fu, Z.; Zhang, L.; Zhang, Z.; Zhang, J. (2019) The positive effect of different 24-epiBL pretreatments on salinity tolerance in *Robinia pseudoacacia* L. seedlings. *Forests*, doi:10.3390/f10010004.
- Zhang, Y. P.; Zhu, X. H.; Ding, H. D.; Yang, S. J.; Chen, Y. Y. (2013) Foliar application of 24-epibrassinolide alleviates high temperature induced inhibition of photosynthesis in seedlings of two melon cultivars. *Photosynthetica*, v. 51, n. 3, p. 341 – 349.
- Zheng, Y.; Xu, B.; Ren, K.; Zhang, Y.; Wu, J. (2017) Impact of soil drench and foliar spray of 24-epibrassinolide on the growth, and quality of field-grown *Moringa oleifera* in Southwest China. *Journal Plant Growth Regulation* 36: 931-941.
- Zullo, M. A. T.; Adam, G. (2002) Brassinosteroid phytohormones – structure bioactivity and applications. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. Campinas, 14 (3): 143-181.

APÊNDICE

Tabela 1A. Análise de variância do número de brotações (NB), comprimento total de brotações (CT) e comprimento médio de brotações (CM) em minicepas de *P. peroba* em função da aplicação de doses de 24-EpiBL.

Causas da variação	NB		CT	CM
	G.L.	Q.M.		
Doses	3	3,9974	138,6496	1,0990
Bloco	5	45,5917*	2550,9496*	28,3703*
Dos x Blo	15	5,7614*	307,6063*	4,2536*
Tempo	5	57,2011*	7458,2389*	141,9878*
Dos x Tem	15	0,5094	6,0488	0,2566
Resíduo	100	0,6000	43,9036	1,1579

*Significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 2A. Análise de variância do índice de verde em minicepas de *P. peroba* em função da aplicação de diferentes concentrações de 24-EpiBL.

Causas da variação	G.L.	Q.M.
Doses	3	33,9939*
Bloco	5	23,7003
Resíduo	105	11,5394

*Significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 3A. Análise de variância da sobrevivência (SOB), número de miniestacas apicais (AP), intermediárias (INTERM), basais (BA), total de miniestacas (TO), incremento em altura (IH) e incremento em diâmetro (ID) em minicepas de *P. peroba* em função de diferentes concentrações de 24-EpiBL.

Causas da variação	G.L.	¹ SOB (%)	AP	INTERM	BA	IH (cm)	ID (cm)	² SOB (%)
		Q.M.						
Doses	3	0,4079	0,2550	0,3659	0,1127	4,6373	0,1264	0,5633
Bloco	5	2,0047*	2,4176*	2,8081*	2,2979*	107,7211*	0,2664	6,6532*
Resíduo	15	0,4110	0,5910	0,4805	0,3540	16,5078	0,2067	1,3688

*Significativo a 5% pelo teste F. ¹Coleta dia 12/10/18; ²Coleta dia 12/12/18.

Tabela 4A. Análise de variância do percentual de calo, enraizamento (ENR), área foliar (AF), número de raízes de primeira ordem (NRPO), comprimento total de raízes (CTR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR) de miniestacas de *P. peroba* obtidas em minicepas pulverizadas com diferentes concentrações de 24-epiBL, aos 45 dias no setor de enraizamento.

Causas da variação	G.L.	¹ CALO (%)	¹ ENR (%)	² AF (cm ²)	¹ NRPO	¹ CTR (cm)	² MSPA (g)	² MSSR (g)
		Q.M.						
Doses	3	0,4867	5,1657	0,0483	3,797	587,1	0,0047	8,989
Bloco	4	2,6139	4,2007	0,1147	1,985	1155,7	0,0928	8,036
Resíduo	92	2,0037	7,9167	0,1698	2,714	694,4	0,1247	5,686

¹Dados foram transformados para $\sqrt{x+1}$. ² Dados foram transformados para \log_{10} .

Tabela 5A. Análise de variância da sobrevivência (SOB), altura (H), diâmetro do colo (DAC) de miniestacas de *P. peroba* obtidas em minicepas pulverizadas com diferentes concentrações de 24-epiBL, aos 45 dias no setor de enraizamento.

Causas da variação	G.L.	¹ SOB (%)	H (cm)	DAC (mm)
		Q.M.		
Doses	3	0,0059	1,585	0,1313
Bloco	4	0,0289	2,289	0,6600*
Resíduo	292	0,0446	1,323	0,2725

*Significativo a 5% pelo teste F. ¹Dados foram transformados para $\sqrt{(x+1)}$.

Tabela 6A. Número, comprimento total e comprimento médio de brotações em minicepas de *P. peroba* em função de diferentes concentrações de 24-epiBL ao longo de oito semanas.

Doses de 24-epiBL (μ M)	Tempo (semanas)					
	T0	T3	T4	T5	T6	T8
	Nº de Brotações					
0	3,1667	4,8667	5,8667	6,0667	6,8667	6,4333
0,01	2,2667	5,0000	6,1000	6,0667	6,7000	6,1000
0,1	1,6667	4,2333	5,2333	5,6667	6,2000	6,0000
1	3,0000	4,3333	5,9000	6,0000	7,1000	6,8333
Média	2,5250	4,6083	5,7750	5,9500	6,7167	6,3417
CV (%)	14,56					
	Comprimento total (cm)					
0	7,1650	10,7417	16,7300	24,7733	35,4467	54,6900
0,01	6,8500	11,1167	18,1067	24,7533	34,5867	52,2683
0,1	6,1750	8,9433	14,7067	22,8850	33,5833	53,8500
1	8,5100	11,4400	18,4417	26,6767	38,1767	59,5083
Média	7,1750	10,5604	16,9963	24,7721	35,4484	55,0792
CV (%)	27,25					
	Comprimento médio (cm)					
0	1,8550	2,0600	2,7500	4,2067	5,2400	8,7950
0,01	2,8133	2,3700	2,8783	4,0633	5,1333	8,9133
0,1	2,3367	2,1417	2,6267	3,7867	4,9633	8,2600
1	2,7617	2,5233	2,9317	4,2117	5,1817	8,6900
Média	2,4417	2,2738	2,7967	4,0671	5,1296	8,6646
CV (%)	25,45					

T0= antes da aplicação; T3=terceira aplicação, medido na quarta semana; T4= quarta aplicação, medido na quinta semana; T5= quinta aplicação, medido na sexta semana; T6= 1 semana após última aplicação; T8=2 semanas após T6.



Figura 1A. Desenvolvimento de diferentes estruturas reprodutivas em minicepas de *P. peroba* após a aplicação do 24-epiBL (A= 0; B= 0,01; C= 0,1; D= 1,0 μ M).

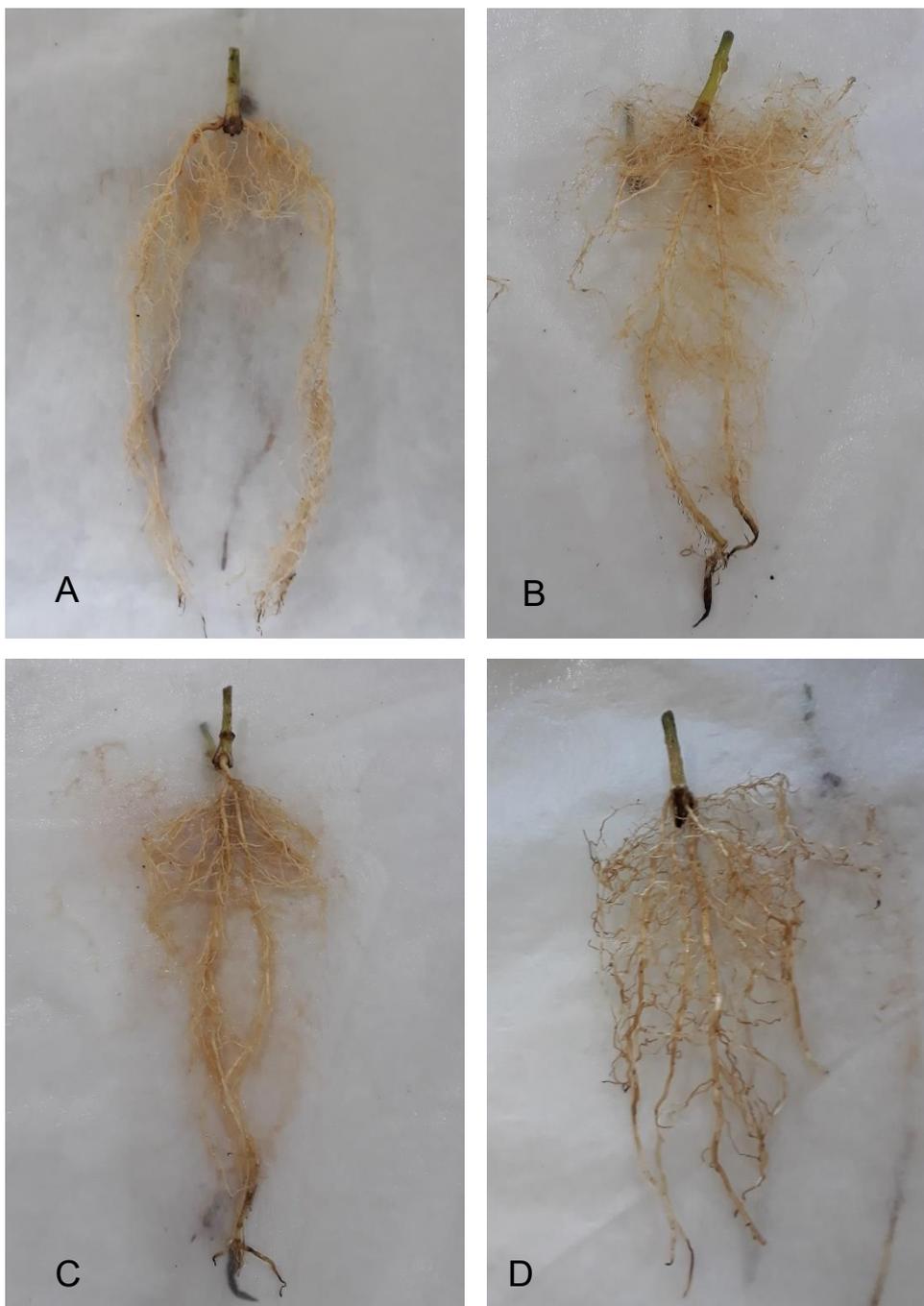


Figura 2A. Raízes adventícias em miniestacas de *P. peroba* obtidas em minicepas pulverizadas com diferentes concentrações de 24-epiBL, aos 45 dias no setor de enraizamento. (A= 0; B= 0,01; C= 0,1; D= 1,0 μ M).

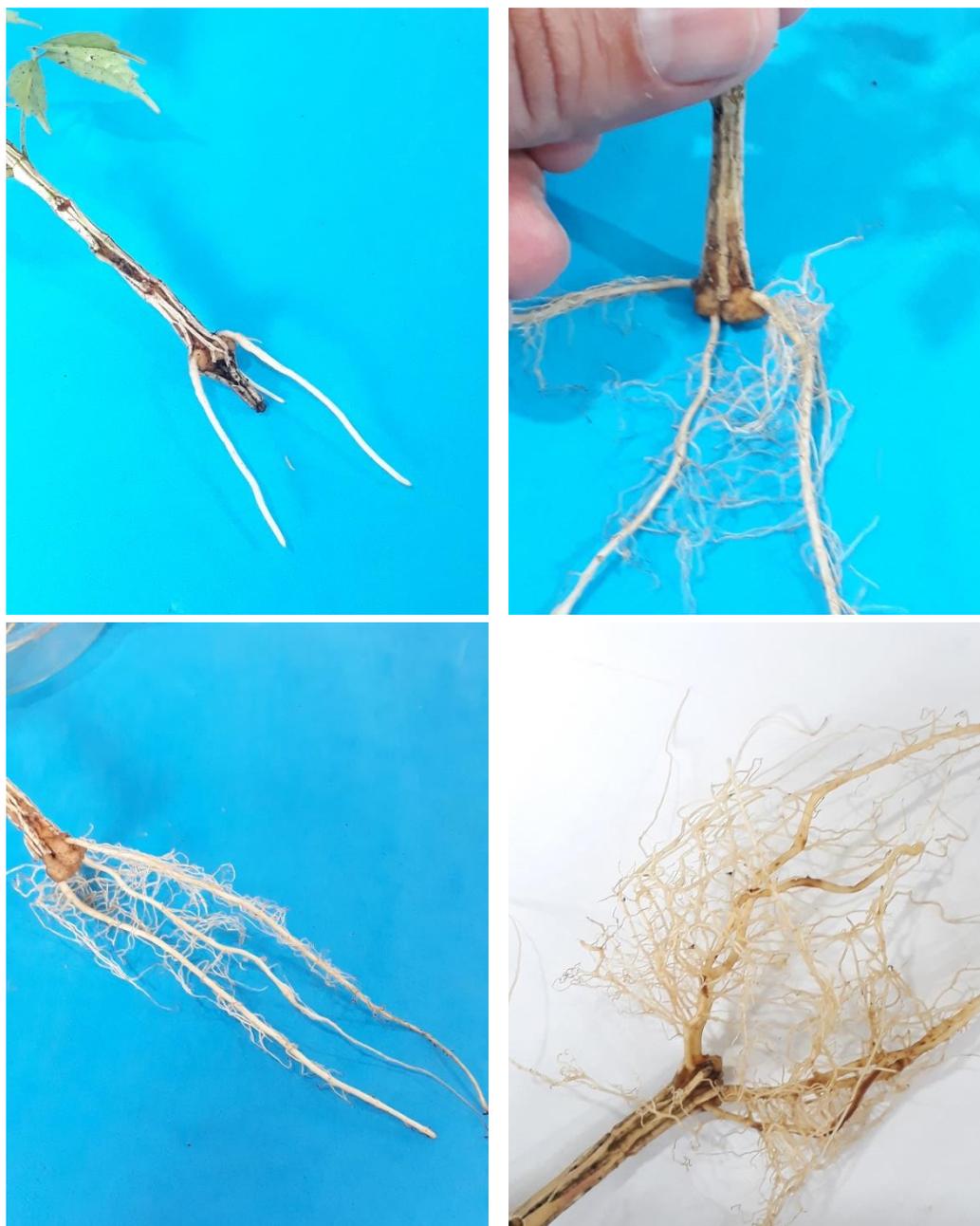


Figura 3A. Miniestacas de *P. peroba* com massa de calos, e posterior formação de raízes adventícias após 60 dias em câmara de nebulização.