



ANDRÉ LUIS DE CASTRO FONSECA

RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish EM POVOAMENTOS NATURAIS

**LAVRAS – MG
2019**

ANDRÉ LUIS DE CASTRO FONSECA

**RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Eremanthus erythropappus* (DC.)
MacLeish EM POVOAMENTOS NATURAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Gilvano Ebling Brondani

Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Fonseca, André Luis de Castro.

Resgate e propagação vegetativa de *Eremanthus
erythropappus* (DC.) MacLeish em povoamentos naturais / André
Luis de Castro Fonseca. - 2019.

64 p. : il.

Orientador(a): Gilvano Ebling Brondani.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Estaquia. 2. Raiz adventícia. 3. Candeia. I. Brondani, Gilvano
Ebling. II. Título.

ANDRÉ LUIS DE CASTRO FONSECA

**RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Eremanthus erythropappus* (DC.)
MacLeish EM POVOAMENTOS NATURAIS**

**RESCUE AND VEGETATIVE PROPAGATION OF *Eremanthus erythropappus* (DC.)
MacLeish IN NATURAL FOREST**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2019.

| | |
|-------------------------------------|------|
| Prof. Dr. Gilvano Ebling Brondani | UFLA |
| Prof. Dr. Thiago Alves Magalhães | UFLA |
| Prof. Dr. Leandro Silva de Oliveira | UFMG |

Prof. Dr. Gilvano Ebling Brondani
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

As pessoas que durante esse período estiveram em minha convivência, sejam nos momentos de descontração ou de trabalho, pois por onde passamos deixamos um pouquinho de nós e levamos um pouquinho do outro.

Especialmente à minha esposa e filho. A primeira por ser à quem confiei meus planos e, a cada passo na vida, venho recebendo seu apoio. O segundo por ter sido confiado à mim por Deus, em toda à sua sabedoria e propósitos.

Aos meus pais que tanto se alegram com a minha presença, conferindo a cada segundo, a intensidade dos anos vividos.

Ao meu irmão Roberto!

Aos meus mentores espirituais, por me ajudarem na superação de cada obstáculo pessoal.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), pela transparência no processo seletivo e oportunidade concedida para a realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Marcio Rocha Faria, do DCF, pela cordialidade com que me recebeu no primeiro dia de trabalho e, principalmente, pelo encaminhamento dado na orientação.

Ao professor Thiago Alves Magalhães, do Departamento de Biologia, por compartilhar seu conhecimento e confiança nesse trabalho.

Ao professor Evaristo Mauro de Castro, do Departamento de Biologia, pela confiança depositada e abertura das portas.

Ao companheiro Pedro Maranha Peche, pela atenção dispensada e valiosa troca de ideias.

Ao professor Gilvano Ebling Brondani, sua capacidade intelectual e seu profissionalismo foram exemplares. Sua confiança foi crucial para realização desse trabalho.

"Se você quiser alcançar suas maiores aspirações e superar os seus desafios, identifique e aplique o princípio ou lei natural que governa os resultados que você procura." (Stephen R. Covey)

RESUMO

Os povoamentos nativos de candeia [*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish] vêm sendo explorados por meio de planos de manejo devido ao potencial econômico do óleo essencial, obtido pela destilação da madeira. A conservação genética dessa espécie prevê o resgate de árvores adultas e posterior multiplicação pelo uso de técnicas de propagação vegetativa, bem como a aplicação de técnicas silviculturais que favoreçam o restabelecimento do povoamento explorado. Nesse estudo foi testada a eficiência de uma técnica de resgate em matrizes de candeia selecionadas de um povoamento natural manejado. Para tanto, em agosto de 2017, vinte e seis árvores foram induzidas à brotação por meio da decepta, seguida da exposição e escarificação das raízes no solo. A emissão de novas brotações foi avaliada de acordo com a origem na cepa (toco ou raiz) nos intervalos de 30, 60, 90, 120, 157 e 189 dias após a indução (DAI). A cada intervalo foi contabilizado o número de brotos por matriz e mensurados o crescimento em altura e diâmetro de base. Aos 189 DAI, a técnica promoveu a brotação de 76,92% das matrizes testadas, totalizando 396 brotos exclusivamente de origem radicular. O percentual de matrizes brotadas, número de brotos por matriz, altura, diâmetro e relação altura/diâmetro dos brotos aumentaram ao longo do período avaliado. Posteriormente, foram testados os métodos de propagação por brotações epicórmicas e por estaquia. Para os testes com brotações epicórmicas foram selecionados seis galhos de cinco árvores matrizes de um povoamento natural e padronizados com 0,50 m de comprimento, sendo então acondicionados em casa de vegetação com umidade relativa do ar a 80% e temperatura mantida entre 25-35° C. Após setenta dias nesse ambiente nenhum galho emitiu brotação. O experimento com estaquia foi conduzido com brotações coletadas de dezenove matrizes do campo, sendo confeccionadas estacas apicais com 7,5 – 12 cm de comprimento. O ácido indolbutírico (AIB) foi aplicado na base da estaca na concentração de 4 g L⁻¹ e comparado com o tratamento controle, o qual foi caracterizado pela ausência de AIB. Somente 12,2% das estacas sobreviveram na SCV e dessas, 7,9% enraizaram na casa de sombra, independente do tratamento aplicado. Mesmo com os baixos percentuais de sobrevivência registrados, a estaquia mostrou maior eficiência em relação a técnica de propagação por brotações epicórmicas, possibilitando a formação de um minijardim clonal de candeia com 7 das 19 matrizes submetidos a propagação. De um modo geral, a ausência de AIB resultou em maiores porcentagens de sobrevivência quando comparado à concentração de 4 g L⁻¹. Com os resultados obtidos nesse trabalho é possível concluir que a técnica de resgate aplicada foi eficiente em promover a brotação radicular de candeia, mesmo em condições naturais e que a concentração de AIB aplicada nas estacas não foi adequada para a formação de raízes adventícias.

Palavras-chave: Candeia. Clonagem. Estaquia. Raíz adventícia.

ABSTRACT

The natural forest of candeia [*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish] have been explored through Sustainable Management Forestry due to economic potential of the essential oil, extracted by distillation of wood. The vegetative propagation could be useful to rescue adult trees and conserve superior genotypes, as well as the application of silvicultural techniques that favor the restoration of the explored area, can assure the genetic resources. In this study, the efficiency of sprout method in matrices of candeia was tested in natural forest management. Thus, in August 2017, twenty-six trees were induced to sprout by cutter, followed by exposure and scarification of the roots on the ground. The emergence of new shoots was evaluated according with source (stump or root) at the intervals of 30, 60, 90, 120, 157 and 189 days after induction (DAI). At each interval, the number of shoots and the growth in height and diameter of base were measured by plant. At 189 DAI, the technique provides coppicing of 76.92% of trees, resulting 396 shoots, only radicular source. The percentage of genotypes sprouted, number of shoots per plant, height, diameter and shoot height / diameter ratio increased over the evaluated period. Subsequently, the propagation methods by epicormic shoots and by cutting were tested. For the epicormic shoots, six branches of five tree stands were selected from a natural forest and, after being standardized at 0.50 m in length, so the branches were conditioned in a greenhouse with humidity of 80% and the temperature maintained between 25- 35 °C. After seventy days no twig sprouted. The cutting experiment was conducted with sprouted collected from nineteen genotypes from field, so apical cuttings with 7.5 – 12.0 cm length were made. Indole-3-butyric acid (IBA) was applied at the base of the stake at 4 g L⁻¹ concentration and compared to the control treatment, which was characterized by the absence of IBA. Only 12.2% of the cuttings survived SCV, and of these, 7.9% rooted in the shade house, regardless of the treatment applied. Even with the low percentage of survival recorded, the cutting was more efficient than the propagation by epicormic shoots, enabling the formation of a clonal mini-garden of candeia with 7 of the 19 genotypes submitted to propagation. Absence of IBA resulted in higher percentage of survival when compared to the concentration of 4 g L⁻¹. With the results obtained in this work it's possible conclude that the sprout method applied was efficient in promoting shoots of candeia, even under natural conditions and that IBA concentration wasn't adequate for the formation of adventitious roots.

Keywords: Candeia. Cloning. Cutting technique. Adventitious rooting.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.1 | Sistemas radiculares gemíferos | 12 |
| 2.2 | Desenvolvimento de gemas e brotos..... | 15 |
| 2.3 | Métodos de resgate e propagação vegetativa | 18 |
| 2.4 | Estaquia em espécies florestais nativas..... | 20 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 3.1 | Resgate de candeia em povoamentos naturais | 23 |
| 3.2 | Propagação vegetativa por estaquia | 25 |
| 3.3 | Propagação vegetativa por brotações epicórmica | 27 |
| 3.4 | Análise estatística dos dados..... | 29 |
| 3.5 | Análises anatômicas..... | 29 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 30 |
| 4.1 | Propagação vegetativa de candeia | 37 |
| 4.2 | Análises anatômicas..... | 41 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 47 |
| 6 | CONCLUSÃO..... | 48 |
| | REFERÊNCIAS..... | 50 |
| | APÊNDICES..... | 58 |

1 INTRODUÇÃO

O manejo da candeia [*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish] na região sul de Minas Gerais (MG) é um tema relevante para o setor florestal, tendo em vista a importância comercial dessa espécie, sua distribuição geográfica, a ocorrência natural em sítios específicos e a incipiência no conhecimento silvicultural. Atualmente, as limitações legais para o manejo e a necessidade de compreender as bases ecofisiológicas que influenciam a produção de óleo essencial de candeia, principal produto comercial extraído pela destilação da madeira, configuram em temas relevantes para seu cultivo.

A espécie é tipicamente encontrada em áreas de altitude da “Serra da Mantiqueira”, nos sítios caracterizados por solos rasos, ácidos e pouco férteis, com tendência a formar maciços homogêneos na vegetação (SCOLFORO et al., 2012). Tais áreas são especialmente tratados por Scarano (2007) devido às especificidades relacionadas à reprodução, auto-ecologia, morfo-fisiologia, ciclos de vida e adaptações endêmicas das espécies que nele se desenvolvem, necessitando, segundo o autor, de estratégias diferenciadas de conservação.

O Termo de Referência (Resolução SEMAD/IEF 1.804/2013) para elaboração de planos de manejo florestal sustentável da candeia prevê que os povoamentos naturais, passíveis de exploração, detenham setenta por cento dos indivíduos arbóreos dessa espécie. A condução da regeneração natural, visando restaurar a predominância da candeia no fragmento explorado, também é uma exigência legal a ser contemplada no manejo pós corte (MINAS GERAIS, 2013).

Assim, os conhecimentos científicos a respeito das florestas naturais de candeia reportam o potencial dessa espécie para uma exploração baseada na manutenção de árvores porta sementes seguida da condução da regeneração natural (PÉREZ et al., 2004; SCOLFORO et al., 2012). No entanto, formas alternativas de perpetuação de plantas podem ocorrer mediante restrição periódica do ambiente (APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008; ASSEGA; CARVALHO, 2004; SILVA et al., 2015; VILHALVA; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2006a,b), ou ainda, sobre alguma ação antrópica que altere o crescimento natural da planta (JONES; RAYNAL, 1988).

A produção de mudas para fomentar plantios comerciais apresenta limitações quando somente a via seminal é adotada (HERNANDEZ et al., 2013). Algumas dessas limitações

remetem ao restrito período do ano em que as espécies perenes produzem sementes, à variação no vigor fisiológico das sementes, às dificuldades de coleta, beneficiamento e armazenamento e a variação genética da planta.

Feitosa et al. (2009) trabalhando com candeia verificaram significativa variação entre progênies de mesma procedência quanto ao percentual de germinação e sementes vazias, o que foi atribuído ao grande número de embriões mal formados. Nessa situação, programas de melhoramento genético podem ser úteis para a seleção de genótipos de alto rendimento, seja para produção de mudas via assexuada ou para implantação de pomares de sementes.

Melo et al. (2012) propuseram como metodologia de resgate de candeia a decepa seguida da exposição e escarificação das raízes no solo, sendo eficiente para induzir à brotação, árvores com 4 anos de idade oriundas de um plantio. Sobre condições naturais, a incipiência de trabalhos relacionados ao resgate de matrizes contrasta com a exploração que vêm sendo praticada nas áreas de ocorrência de candeia, sendo primordial a realização de pesquisas que subsidiem o manejo praticado com a espécie.

Com base no exposto, esse trabalho foi conduzido com o objetivo de testar a eficiência da metodologia de resgate proposta por Melo et al. (2012) em um povoamento natural de candeia e aplicar diferentes métodos de propagação vegetativa em matrizes selecionadas no campo, sobre as hipóteses de que a metodologia de resgate é eficiente para induzir à brotação árvores adultas oriundas de um povoamento natural e que há diferenças entre as matrizes quanto ao potencial de enraizamento dos propágulos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A espécie *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish), popularmente conhecida como candeia, pertence à família botânica Asteraceae, a qual possui ampla distribuição e importância no estado de Minas Gerais, evidenciado em diversos estudos florísticos (ALMEIDA, 2008; HATTORI; NAKAJIMA, 2008, 2011; NAKAJIMA; SEMIR, 2001).

O gênero *Eremanthus* foi descrito por Silva et al. (2008) como sendo o quinto mais frequente para a fisionomia de Floresta Estacional Semidecidual e, segundo Loeuille (2015), é composto por 22 espécies. A candeia é uma espécie típica de áreas de transição entre uma matriz florestal e a pastagem, sendo altamente adaptada à ambientes com maior luminosidade, além de possuir uma preferência natural por sítios de baixa qualidade física e química,

caracterizados por solos com afloramentos rochosos, pouco férteis e ácidos (SCOLFORO et al., 2012).

Em áreas de altitude da Serra da Mantiqueira, onde predomina relevo montanhoso e com declividade pronunciada, a espécie *Eremanthus erythropappus* tende a formar maciços homogêneos na vegetação (SCOLFORO et al., 2012). Esse tipo de habitat foi especialmente tratado por Scarano (2007) ao discorrer sobre a ecologia das vegetações em afloramentos rochosos, as quais possuem especificidades relacionadas a reprodução, auto-ecologia, morfo-fisiologia, ciclos de vida e adaptações endêmicas, necessitando de estratégias de conservação diferenciadas.

A candeia apresenta folhas simples, alternas, pecioladas e discolor em sua face abaxial, resultado da maior reflexão de luz proporcionada pelos tricomas tectores presentes na lâmina foliar (DUTRA et al., 2010). Um estudo conduzido por Souza et al. (2008) observaram um maior rendimento de óleo essencial em folhas jovens de candeia quando comparado a folhas adultas e, ainda, diferenças na composição química do óleo com consequente alteração em suas atividades antimicrobianas.

A inflorescência ocorre entre os meses de julho a setembro e possui coloração púrpura, com flores hermafroditas que produzem grande quantidade de pólen e néctar, tornando a espécie particularmente interessante para abelhas do gênero *Trigona* e *Apis mellifera* (VIEIRA et al., 2009).

Os frutos são do tipo cipsela (LOEUILLE, 2015) e possuem adaptações típicas para dispersão anemocórica – “pappus” – comum à família Asteraceae (VIEIRA et al., 2009). Feitosa et al. (2009) estudaram a viabilidade das sementes de candeia e observaram significativa variação entre progênies de mesma procedência quanto ao percentual de germinação e sementes vazias, atribuindo o fato ao grande número de embriões mal formados.

A caracterização da madeira de candeia foi realizada por Mori et al. (2010) por meio de estudos químicos, físicos e anatômicos que revelaram 20,89% de extrativos totais, 50,52% de holocelulose, 28,59% de lignina e 0,39% de constituintes orgânicos, além de uma densidade aparente de 0,98 g/cm³, uma densidade básica de 0,79 g/cm³ e um coeficiente de anisotropia igual a 1,91. Segundo esses autores os parâmetros físicos, densidade e anisotropia, registrados para a candeia são próximos aos de madeiras nobres como o Mogno (*Swietenia macrophylla*) e o Cedro (*Cedrela* sp.)

O principal produto comercial obtido pela destilação da madeira de candeia é o óleo essencial, composto majoritariamente pelo álcool alpha-bisabolol (ALTOÉ, 2012). Esse componente químico possui inúmeras propriedades farmacológicas como ação antibacteriana

(VILA et al., 2010), anti-inflamatória (KIM et al., 2011), no tratamento contra *Leishmania infantum* (YUSTEA et al., 2010), como antialérgico, antiespasmódico e vermífugo (KAMATOU; VILJOEN, 2010), atraindo o interesse de laboratórios e empresas farmacêuticas.

Pouco se sabe a respeito das variáveis ambientais que interferem na produção de óleo essencial de candeia. Essa informação é especialmente importante para um programa de melhoramento genético, pois segundo Xavier (2013) o mesmo deve fundamentar-se no objetivo comercial que se deseja alcançar com determinado cultivo. Por ser uma espécie de polinização cruzada, a propagação via seminal pode proporcionar elevada variabilidade genética nas populações (PANSARINI, 2003), portanto, com expressivas variações fenotípicas.

Silva et al. (2007) demonstraram por meio de um teste de procedência e progênie que houve variações significativas no diâmetro do coleto de mudas entre duas populações de candeia, sugerindo uma possível variação ecotípica. Esses resultados estão de acordo com o trabalho realizado por Pádua et al. (2016) os quais estudando diferentes povoamento de candeia, encontraram uma maior similaridade na estrutura genética espacial (SGS) dentro de populações, evidenciando que, ao longo do tempo, a espécie pode ter sofrido com uma perda de fluxo gênico.

Atual mente o “Termo de referência para elaboração e execução de projetos de plano de manejo florestal sustentável da candeia”, divulgado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), determina que os povoamentos naturais passíveis de exploração detenham 70% dos indivíduos florestais dessa espécie, sendo que somente 50% da área basal pode ser cortada (MINAS GERAIS, 2013). Três sistemas de exploração são previstos nesse termo:

- a) Corte em faixa: aplicado em faixas alternadas de 20 metros de largura no nível do terreno;
- b) Sistema de árvores porta sementes com Regeneração Natural: mantendo uma distância mínima de 10 m entre árvores matrizes;
- c) Sistema de Seleção em Grupos: com abertura de clareias de exploração e manutenção das árvores matrizes nas bordaduras, formando núcleos.

2.1 Sistemas radiculares gemíferos

O comportamento de determinadas espécies florestais em ambientes que apresentam, periodicamente, alguma restrição ao desenvolvimento vegetal, tem sido estudado por alguns pesquisadores, a fim de determinar a forma de propagação utilizada por essas espécies (APEZZATO-DA-GLORIA et al., 2008; ASSEGA; CARVALHO, 2004; SILVA et al., 2015; VILHALVA; APEZZATO-DA-GLORIA, 2006b). A melhor estratégia de sobrevivência adotada pela planta está diretamente relacionada às condições que o meio oferece ao seu desenvolvimento (PENHA, 2004), de modo que a germinação de sementes e/ou a rebrota de estruturas vegetativas são mecanismos de sobrevivência impulsionados pela ação de distúrbios no meio (EWEL, 1981).

Hayashi et al. (2001) relata que gemas adicionais seriam àquelas naturalmente formadas nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, portanto, de origem endógena. Anatomicamente, essas gemas localizam-se nas proximidades do câmbio vascular, de modo que, mesmo em crescimento secundário os tecidos condutores permanecem em contato com o cilindro vascular da raiz (SANDBERG, 1951; BOSELA; EWERS, 1997). Gemas reparativas são formadas na raiz e classificadas como de origem exógena, quando fruto de uma injúria causada à planta. Nesse caso, os traços vasculares, quando presentes, não atingem o centro da raiz (BOSELA; EWERS, 1997).

A fim de compreender a origem das gemas radiculares e as estratégias adaptativas adotadas por sete espécies pertencentes à família Asteraceae, um estudo foi conduzido por Apezzato-da-Glória et al. (2008), que propôs diferentes denominações ao que intitulou de sistemas subterrâneos gemíferos, tais como:

a) Xilopódio

São estruturas subterrâneas que tem origem no hipocótilo e exibe estrutura mista caulinar e radicular (PAVIANE, 1987). Milanez e Moraes-Dallaqua (2003) descrevem que “[...] o xilopódio se forma a partir do crescimento secundário do hipocótilo e da região basal da raiz primária tuberosa”. Plantas do cerrado apresentam tipicamente esse tipo de estrutura radicular robusta, lenhosa e altamente gemífera, constituindo em uma boa adaptação para situações de incêndios florestais (VILHALVA et al., 2016). Durante a estação seca tais estruturas são eliminadas e rebrotam durante a época de chuva (APEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008).

A presença de substâncias de reserva nos xilopódios foi relatada por Cavalcanti et al. (2002) em *Spondias tuberosa* Arr. Cam. – “Imbuzeiro”, os quais destacaram a ocorrência de

cálcio, magnésio, fósforo, potássio e água nessas estruturas. Vilhalva et al. (2016) estudando a morfo-anatomia do xilopódio de *Galianthe grandifolia* E. L. Cabral (Rubiaceae) caracterizaram esse órgão como armazenador de amido.

b) Raízes gemíferas

São caracterizadas como longas, superficiais e paralelas a superfície do solo, por isso originadas na porção superior da raiz pivotante ou na região de transição entre o caule e a raiz (RIZZINI; HERINGER, 1962). Tal como os xilopódios, esse tipo de sistema radicular apresenta uma grande capacidade de emissão de brotos a partir das raízes.

Jacomassi et al. (2007), descreveram a morfo-anatomia de raízes gemíferas de *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae), como sendo longas, plagiotrópicas e com profundidade entre 10 a 30 cm. No mesmo trabalho, os autores ainda evidenciaram que ramos caulinares foram emitidos mesmo em raízes com pequenos diâmetros (até 0,3 cm).

Em um fragmento florestal, cujo histórico era recorrente quanto à presença de fogo, Hayashi e Apezato-da-Glória (2009) relataram a presença de brotos caulinares a partir de raízes gemíferas, em diferentes espécies florestais. Penha (2004) ao investigar a ocorrência de quatro espécies arbóreas em florestas preservadas e antropizadas, discutiu sobre o papel das raízes gemíferas na dinâmica populacional dos fragmentos, principalmente no que tange a presença de clones e o padrão de distribuição espacial das espécies.

c) Raiz tuberosa

Esse tipo de raiz apesar de ser considerado como um sistema independente pode ocorrer junto com outros tipos de sistemas subterrâneos gemíferos, como os xilopódios e as raízes gemíferas. Isso porque a denominação “raiz tuberosa” está relacionada com a grande quantidade de células parenquimáticas de reserva numa região de tecidos vasculares (ESAU; MORRETES de, 1974).

Machado et al. (2004) descreveram a morfologia e anatomia dos órgãos subterrâneos de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. e Endl.) H. Robinson (Asteraceae), evidenciando mais de um tipo de raiz no sistema subterrâneo, com raízes adventícias delgadas que sofrem tuberação em algumas partes, sendo, então, denominada raiz tuberosa. Os autores descreveram a raiz tuberosa com formato fusiforme na fase inicial e variado e irregular na maturidade; a grande quantidade de tecido parenquimático está localizado na região do córtex, onde as células apresentam tanto divisões periclinais como anticlinais, proporcionando o aumento em diâmetro desse órgão.

Milanez e Moraes-Dallaqua (2003) pesquisando a espécie de *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi (Fabaceae), também encontraram mais de um morfo tipo de sistema subterrâneo, com xilopódio associado a raiz tuberosa. Os autores apontaram no trabalho o potencial agrônômico da espécie, pois suas raízes tuberosas guardam substâncias nutritivas e comestíveis aos seres humanos. Trabalhos conduzidos por Roesler et al. (2008) com *Ipomoea batatas* (L.) Lam – batata doce – também abordaram a importância agrônômica da espécie pelas substâncias presentes nas raízes tuberosas – fécula.

d) Rizóforos

Os rizóforos são um sistema subterrâneo que provém da porção caulinar de determinadas plantas, capazes de produzir tanto folhas quanto raízes (STEWART, 1983 citado por ANDREATA; MENEZES, 1999). Originam-se a partir do intumescimento do hipocótilo e apresentam crescimento geotrópico positivo (ANDREATA; MENEZES, 1999).

A denominação “raízes adventícias” é comumente utilizada para discriminar esse tipo de sistema radicular, tendo em vista que as raízes são formadas na parte aérea da planta. No entanto, Andreatta e Menezes (1999) estudando a origem do rizóforo em *Smilax quinquenervia* Vell. (Smilacaceae), identificaram na base da plântula uma gema que origina o rizóforo, de aspecto semelhante ao de raízes adventícias, porém com medula ampla, córtex menos espesso e tecido vascular organizado em feixes. Os autores afirmaram que a morfologia externa dos rizóforos e do eixo caulinar não diferiram.

Menezes (2006) discutiu o termo “raízes aéreas” adotado em *Rhizophora mangle* L. para descrever o tipo de sistema radicular dessa espécie. O autor apresentou diferentes interpretações adotadas por pesquisadores para discernir parte aérea e subterrânea nesse sistema: i) o rizóforo cresce como caule, enquanto na parte aérea e se transforma em raiz após emergir no solo (PITOT, 1951 citado por MENEZES, 2006); ii) a presença de células braciiformes na região do córtex radicular submerso diferencia a parte aérea da subterrânea, prevenindo o colapso celular pelos espaços de ar formado (WARMING, 1883 citado por MENEZES, 2006); iii) presença de tricoesclerídeos na estrutura radicular (GILL; TOMLINSON, 1971a citado por MENEZES, 2006).

2.2 Desenvolvimento de gemas e brotos

A origem reparativa das gemas radiculares presume que algum estímulo deve ser oferecido à planta para desencadear a formação dos brotos. Porém, nem todas as espécies inseridas no ambiente apresentam a capacidade de emitir brotações a partir de segmentos caulinares e ou radiculares. Além da pré-disposição genética da planta, alguns autores consideram a reserva de carboidrato no sistema radicular como um mecanismo de sobrevivência e adaptação de espécies em ambientes restritivos (ALBERDI, 2002; ASEGA; CARVALHO, 2004; SILVA et al., 2015; TERTULIANO; FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1993; VIJN; SMEEKENS, 1999; VILHALVA; APEZATTO-DA-GLORIA, 2006a).

A ocorrência de espécies que armazenam carbono na forma de frutano é considerada uma vantagem adaptativa de plantas a restrições hídricas, clima sazonal e temperaturas baixas (ALBERDI, 2002; HENDRY, 1993; PUEBLA et al., 1997; VIJN; SMEEKENS, 1999). Estudos anatômicos e fisiológicos com a família Asteraceae apresentam um grande número de espécies que armazenam frutano em células parenquimáticas – *Gyptis lanigera* (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob; *Pterocaulon angustifolium* DC.; *Chresta sphaerocephala* DC.; *Lessingianthus bardanoides* (Less.) H. Rob.; *Lessingianthus glabratus* (Less.) H.Rob.; *Orthopappus angustifolius* (Sw.) Gleason; *Chrysoleaena simplex* (Less.) Dematt; – o qual estaria relacionado ao controle da osmorregulação, evitando o stress hídrico (APEZATTO-DA-GLORIA et al., 2008; ASEGA; CARVALHO, 2004; SANTOS et al., 2016; TERTULIANO; FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1993; VIJN; SMEEKENS, 1999; VILHALVA; APEZATTO-DA-GLORIA, 2006a; VILHALVA et al., 2016).

A forma como o frutano auxilia na rebrota de estruturas vegetativas ainda é pouco esclarecida. No entanto, Valluru e Van de Ende (2008) afirmaram que a importância dessa substância como reserva é de suprir a demanda energética da planta entre períodos de disponibilidade e escassez de recursos. Bretand et al. (2001) relataram um declínio no conteúdo de frutano na base de folhas de *Lolium perene* L. em processo de alongamento, o que foi acompanhado de um pico na atividade da enzima frutano:exohidroxilase na zona de crescimento, logo após a desfolha. Os autores sugerem que o frutano seria a fonte de carbono responsável por sustentar a retomada do crescimento, após a desfolha da planta.

O balanço hormonal na planta é outro fator que contribui para a emissão de brotos a partir de estruturas vegetativas. Estudos recentes conduzidos por Li e Bangerth (2003) relataram que a aplicação exógena de citocinina na região apical de *Pisum sativum* cv. Lisa proporcionou um transporte basípeto de auxina (ácido indolacético - AIA) para fora dessa região meristemática, o que teria favorecido o crescimento de gemas laterais. Tais autores

propõem que o aumento da concentração de citocinina local desencadeia a síntese e o transporte de AIA para fora da região tratada, favorecendo a ativação de gemas dormentes.

Arora et al. (2003) consideraram que a dormência de gemas laterais em plantas lenhosas é resultado de uma interrupção na comunicação simplástica (via plasmodesmos) das células presentes no meristema apical, que podem interromper a movimentação de pequenos sinais hormonais, proteínas e moléculas para outras regiões da planta. Rinne et al. (2001) observaram um fechamento dos plasmodesmos nas células meristemáticas apical, durante a fase de dormência das gemas em *Betula pubescens*, o qual seria causado pela acumulação de moléculas de 1,3- β -D-glucano.

Uma vez quebrada a dominância apical sobre as gemas dormentes, estudos que relacionam a contribuição nutricional da cepa – toco e raiz de árvores abatidas – ao desenvolvimento dos brotos são escassos em condições de campo. Todavia, em casa de vegetação Cunha et al. (2008) encontraram correlações positivas entre o teor de alguns nutrientes presentes em minicepas com o número de miniestacas produzidas, em um minijardim clonal de *Eucalyptus*. Os autores afirmaram haver forte influência genética na assimilação de nutrientes e no tipo de sistema de manejo adotado no minijardim clonal, sendo que para o sistema de produção em leito de areia os elementos Nitrogênio (N), Potássio (K), Cobre (Cu) presentes nas minicepas, apresentaram correlação positiva com a produção de miniestacas em determinados clones, em detrimento dos elementos de Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) no mesmo sistema e para determinados materiais genéticos.

Faria et al. (2002) estudou o efeito residual de Potássio (K) na produção de um povoamento de *Eucalyptus grandis* em segunda rotação. Apesar do estudo não abordar o suprimento nutricional da cepa aos brotos em fase inicial de crescimento, os autores relataram que a adubação inicial do povoamento com maiores doses de K, proporcionou incremento em biomassa nas árvores em primeira rotação, de modo que, os resíduos deixados em campo após o corte refletiram em uma maior produção volumétrica e de biomassa nas brotações conduzidas e avaliadas aos 80 meses de idade, em razão da ciclagem de nutrientes.

Regenerantes emitidos a partir da cepa apresentam um crescimento diferenciado em relação àqueles oriundos de sementes, o que é evidenciado, principalmente, pela relação parte raiz: parte aérea de ambos as origens (REIS; REIS, 1997). O aporte nutricional fornecido por um sistema radicular estabelecido pode contribuir para o suprimento nutricional dos brotos nos primeiros dias de vida (Souza et al., 2016). Esse comportamento possibilita tanto um manejo silvicultural em termos de condução das brotações para futuras rotações, conhecido

por talhadia, como o emprego de técnicas de resgate dos brotos e posterior utilização em programas de clonagem e melhoramento genético.

Reis e Reis (1997) encontraram maiores densidade e condutância estomática em brotações de eucalipto quando comparados com mudas intactas, alertando sobre a necessidade de um aporte hídrico adequado em sistemas de talhadia. Os autores esclareceram que devido ao sistema radicular da cepa estar formado, o suprimento de água é mais eficiente, refletindo em um crescimento mais acelerado das brotações. Em contrapartida, o índice de área foliar é superior e a perda de água por transpiração mais significativa do que àquela encontrada em mudas seminais.

Simões e Coto (1985) estudando o efeito da fertilização no crescimento de brotações de *Eucalyptus saligna* Smith observaram diferenças significativas entre os tratamentos com adubação e sem adubação para a variável altura. Além disso, o diâmetro dos brotos foi influenciado pelo número de brotos deixados por cepa, não havendo efeito significativo para a adubação, o que também foi relatado por Silva (2013).

Dessa forma, conhecer o comportamento do sistema radicular após a decepa da árvore é fundamental para compreender de que forma e magnitude as reservas na raiz podem contribuir para a emissão e o crescimento inicial das brotações. Considerando esse aspecto, o acompanhamento do crescimento dos brotos pode oferecer subsídios para predizer sobre a quantidade de reserva presente na planta.

2.3 Métodos de resgate e propagação vegetativa

Os termos resgate e propagação vegetativa são similares na literatura, pois ambos são utilizados com a finalidade de se produzir mudas a partir de genótipos de interesse, seja para fins paisagísticos, comerciais ou conservacionistas. No entanto, alguns autores consideram que as técnicas para induzir a planta à brotação configuram o resgate do material no campo e, posteriormente, o enraizamento de propágulos se daria a partir da aplicação de técnicas de propagação vegetativa (ENGEL, 2017; NAVROSKI et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017 e PEREIRA et al., 2015).

Dessa forma, Badilla et al. (2016) consideraram que a técnica de resgate vegetativo mais comumente utilizada para espécies florestais é a decepa da árvore ou corte raso. Outras técnicas foram testadas por Pereira et al. (2015), como o anelamento, que consiste na retirada

superficial da casca ao redor do tronco, podendo ser total ou parcial, nesse último, quando o corte se estende até cinquenta por cento do valor da circunferência da árvore.

Baccarin et al. (2015) afirmaram que a poda de galhos é uma eficiente técnica utilizada por empresas florestais para o resgate de brotações juvenis de *Eucalyptus*. Para Mantovani et al. (2010), o uso da técnica da alporquia é justificável para resgatar matrizes de Urucum (*Bixa orellana* L.) e, assim, obter propágulos vegetativos para reprodução clonal.

Uma metodologia para resgate de matrizes de candeia *Eremanthus erythropappus* foi proposta por Melo et al. (2012) por meio da decepa seguido da exposição e escarificação das raízes no solo. Para Hartmann et al. (2011) o uso de estacas radiculares para o resgate de matrizes é uma técnica pouco usual por demandar grande esforço operacional.

Xavier et al. (2013) abordaram o tema e esclareceram que a indução de brotações é uma forma de se obter o revigoramento dos propágulos vegetativos, o que segundo os autores proporciona aumento no vigor fisiológico dos brotos, de modo a serem mais responsivos ao enraizamento durante a propagação clonal. Para Wendling et al. (2014b) o revigoramento promove a redução da idade fisiológica da planta, enquanto que o rejuvenescimento diz respeito a idade ontogenética.

A adoção de determinado método de propagação vegetativa depende principalmente do conhecimento que se tem a respeito da espécie e dos objetivos que se deseja alcançar, tais como: i) fixação de genótipos selecionados, ii) necessidade de contornar problemas oriundos da variação na quantidade e qualidade das sementes produzidas anualmente pelas árvores; iii) superar as dificuldades pertinentes a coleta, armazenamento e beneficiamento de semente de determinadas espécies; iv) alcançar homogeneidade nos plantios comerciais; v) obter propágulos durante o ano inteiro para produção de mudas e; vi) promover o rejuvenescimento dos tecidos (CARVALHO, 2003; DIAS et al., 2012; FERRARI et al., 2004; SIMÃO et al., 2007; WENDLING et al., 2014a).

A estaquia e miniestaquia constituem os métodos mais tradicionais de propagação assexuada de espécies florestais. As estacas ou miniestacas podem ser confeccionadas a partir de segmentos foliares, caulinares e radiculares e, uma vez colocadas em meio apropriado para o enraizamento, passam por um processo rizogênico que se inicia com a aquisição de competência celular, passa pela diferenciação meristemática e culmina com a formação de raízes adventícias (XAVIER et al., 2013).

A enxertia é feita unindo partes de plantas diferentes, de modo que enxerto e porta-enxerto sejam compatíveis entre si e originem uma nova planta. Dentre as vantagens obtidas pelo uso desse método está a possibilidade de combinar uma boa formação de copa – parte

aérea – com um alto potencial de enraizamento, visto que cada parte da planta detêm as características genéticas de sua planta mãe (HARTMANN et al., 2011).

Alguns autores recomendam a mergulhia aérea – alporquia – como uma técnica alternativa de propagação, indicada para espécies que não apresentam bons resultados quando propagadas por métodos mais convencionais, como a enxertia e a estaquia (BARBOSA-FILHO et al., 2016; MIELKE et al., 1994; FRANZON et al., 2010; OFORI et al., 2015). Segundo Fachinello et al. (2005) a mergulhia é um processo pelo qual a planta formada só é destacada de sua matriz após a formação de raízes adventícias. Para Franzon et al. (2010) esse método baseia-se no revestimento total ou parcial do ramo, que sobre condições ideais de umidade, aeração e luminosidade, emitirão raízes.

A combinação de técnicas de resgate e propagação vegetativa também pode ser obtida pelo uso de brotações epicórmicas onde galhos são retirados de árvores matrizes e colocados em condições de alta temperatura e umidade para a emissão de brotos, os quais são posteriormente estaqueados (XAVIER; SANTOS, 2002). Rosa et al. (2003) recomendaram que os galhos sejam acondicionados em baldes com areia para emissão das brotações epicórmicas, sendo esse o método que requer menor manutenção.

Almeida et al. (2007) alertam para o cuidado no uso das brotações epicórmicas como técnica de propagação, visto que o material pode apresentar características maduras em razão de sua posição na árvore e, assim, comprometer o processo e enraizamento, fato também evidenciado no trabalho de Wendling et al. (2009) com *Araucaria angustifolia*.

2.4 Estaquia em espécies florestais nativas

Os ganhos obtidos com a propagação vegetativa ocorrem em função dos objetivos que se almejam num processo de produção de mudas. Algumas vantagens consideradas por diferentes autores remetem a maior uniformidade na produção (FRANZON et al., 2010), a facilidade na aplicação dos tratamentos silviculturais na floresta clonal (SASSO et al., 2010), contornar problemas de doenças e enfermidades causadas por patógenos (BARBOSA-FILHO et al., 2016) e promover o rejuvenescimento do material a ser propagado (WENDLING et al., 2014a).

No entanto, vários são os fatores que influenciam no enraizamento adventício de propágulos podendo atuar isolada ou conjuntamente no processo de diferenciação. Wendling

et al. (2014 a,b), discorreram sobre a influência da maturidade da planta no processo de clonagem. Os autores ponderam sobre as mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas experimentadas pela planta ao longo de seu ciclo de vida e o fato dessas alterações, causarem uma diminuição no potencial de regeneração das células e de formação de raízes adventícias. Tal fato seria decorrente de alterações no conteúdo hormonal das plantas e da existência de um gradiente de juvenilidade em direção a base da árvore, como evidenciado em diversos trabalhos (BARBOSA-FILHO et al., 2016; MANTOVANI et al., 2010; MEUNIER et al., 2016; OFORI et al., 2015; VACEK et al., 2011; WENDLING et al., 2014a).

Para Ikeuchi et al. (2016) a melhor estratégia utilizada pela planta para se regenerar de ferimentos depende da fase de desenvolvimento e das condições ambientais, e ainda, de um controle epigenético atuando sobre a planta. Esses autores defendem que com o avanço da maturidade, a percepção hormonal é retida nos tecidos meristemáticos espalhados ao longo da planta, resultando em uma capacidade inata de cada meristema em se diferenciar.

O uso de hormônios da classe das auxinas é uma prática bastante comum nos protocolos de propagação vegetativa de plantas. Apesar de não haver um padrão nos mecanismos de respostas à ação da auxina nas plantas, pesquisas sugerem que o aumento no nível de auxina promove a expressão de genes, enzimas e proteínas que auxiliam na translocação desse hormônio entre as partes da planta, alterando o balanço hormonal na planta e levando os tecidos a se diferenciarem (XIONG; ZHU, 2003).

A compreensão dos mecanismos envolvidos na diferenciação dos tecidos vegetais, bem como a influência da idade ontogenética da planta na propagação vegetativa certamente contribuirão para uma aplicação mais eficiente das técnicas de produção de mudas clonais (WENDLING et al., 2014b). Na literatura, os trabalhos com propagação vegetativa de espécies nativa, pelo método da estaquia, apresentam sucesso em diferentes magnitudes.

Hernandez et al. (2013) trabalhando com estacas de *Cariniana estrillenses* (Raddi) Kuntze provenientes de minicepas de jardim clonal, encontraram variações nos percentuais de sobrevivência na saída da casa de vegetação e da casa de sombra, em função da época do ano em que os experimentos foram conduzidos. Quanto ao enraizamento os autores não recomendaram a aplicação de AIB para estacas de origem apical de *Cariniana estrillenses*, mas para as estacas intermediárias a dose que melhor proporcionou o desenvolvimento radicular foi de 6.000mg L⁻¹.

Xavier et al. (2003) utilizaram a estaquia para propagar vegetativamente *Cedrela fissilis* Vell., testando estacas de diferentes origens, sem o uso de ácido indolbutírico. Os autores relataram que na saída da casa de vegetação não houve diferença significativa entre os

tipos de estacas, no quesito sobrevivência. No entanto, o enraizamento na saída da casa de sombra foi superior em estacas caulinares e caulinares apicais, o que foi atribuído a presença de folhas e a síntese de auxina no ápice caulinar.

Santos et al. (2011) testaram a propagação por estaquia em vinte espécies florestais, obtendo percentuais de enraizamento que variaram de 0,5% a 91,5% em função da espécie e das classes de diâmetro das estacas. No mesmo trabalho, em função da dose de AIB aplicada, o percentual de enraizamento entre as espécies variou entre 0,5% e 88%. Das vinte espécies testadas, somente nove apresentaram formação de raízes adventícias.

Sossela et al. (2008) trabalharam com estacas lenhosas, semilenhosas, herbáceas e foliares de *Erythrina crista-galli* L. coletadas de árvores matrizes diretamente do campo. Os resultados apontaram para a necessidade de se trabalhar com material juvenil, preferencialmente obtido de minijardins clonais, para melhor percentual de enraizamento das estacas, visto que os melhores percentuais de enraizamento ocorreram em estacas herbáceas oriundas de árvores com menos de um ano de idade.

Fochesato et al. (2006) concluíram que o nível de enfolhamento de estacas semilenhosas de *Laurus nobilis* L. influencia no enraizamento, quando comparado a estacas sem folhas. No entanto, as doses de AIB não influenciaram significativamente a sobrevivência das estacas, ao contrário do que sugere Sossela et al. (2008) trabalhando com *Erythrina crista-galli*.

Nota-se, portanto, que o êxito na propagação vegetativa pela estaquia é relatado na literatura de forma bastante variada. Estudos que complementem o conhecimento adquirido tendem a promover o desenvolvimento de uma silvicultura adaptada para cada espécie florestal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um povoamento nativo de *Eremanthus erythropappus* - candeia, explorado sobre regime de manejo florestal e localizado no município de Conceição das Pedras - MG nas coordenadas geográficas 45° 22' 16,26'' W e 22° 7' 35,05'' S e altitude de 1.100 metros, as quais foram aferidas em campo. O município está inserido na Serra da Mantiqueira, região sul do estado de Minas Gerais e possui relevo montanhoso com elevada declividade. O clima segundo Köppen-Geiger é classificado como tropical de altitude - Cwb, com inverno seco e verão temperado (ALVARES et al., 2013).

Durante o mês de agosto de 2017 foram selecionadas 26 árvores matrizes adultas, denominadas de E.e 1 a E.e 26, levando em consideração o vigor, o porte e o estado fitossanitário da planta. Com auxílio de uma vara graduada e fita métrica foram mensurados a altura total, a circunferência altura do peito e observado a fenologia das árvores. A circunferência a altura do peito (CAP) foi transformada em CAP quadrática (CAPQ) e o valor obtido dividido pela constante Π (3,1416) para obtenção do diâmetro. As fórmulas encontram-se descritas em (3.1 e 3.2) e os dados estão apresentados na Tabela 1 (APÊNDICE A).

$$CAPQ = \sqrt{(\Sigma CAP^2)} \quad (3.1)$$

$$DAP = CAPQ / \Pi \quad (3.2)$$

3.1 Resgate de candeia em povoamentos naturais

Para testar a eficiência da técnica de resgate, procedeu-se a derrubada dessas árvores com auxílio de motosserra, a uma altura entre 0,30 – 0,40 metros do solo, seguida da exposição e escarificação das raízes, conforme metodologia proposta por Melo et al. (2012) para indução de brotações em *Eremanthus erythropappus*. (FIGURA 1A-D).

A exposição e escarificação das raízes foram realizadas com auxílio de enxada e sacho de jardineiro, de modo que, partindo do toco, considerada como a parte aérea remanescente ao corte da árvore, procure-se escavar o solo seguindo a disposição natural da raiz principal no terreno, ao redor da cepa.

Foram avaliados a origem (toco ou raiz), a sobrevivência, a altura e o diâmetro dos brotos para cada matriz induzida, nos intervalos de 30, 60, 90, 120, 150 e 189 dias após a indução (DAI). Os instrumentos utilizados para aferição foram régua e paquímetro digital. A cada intervalo das avaliações foi realizado o controle da matocompetição ao redor da área de raiz exposta. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) com parcelas subdivididas no tempo, sendo cada árvore matriz considerada como uma repetição dentro de cada parcela.

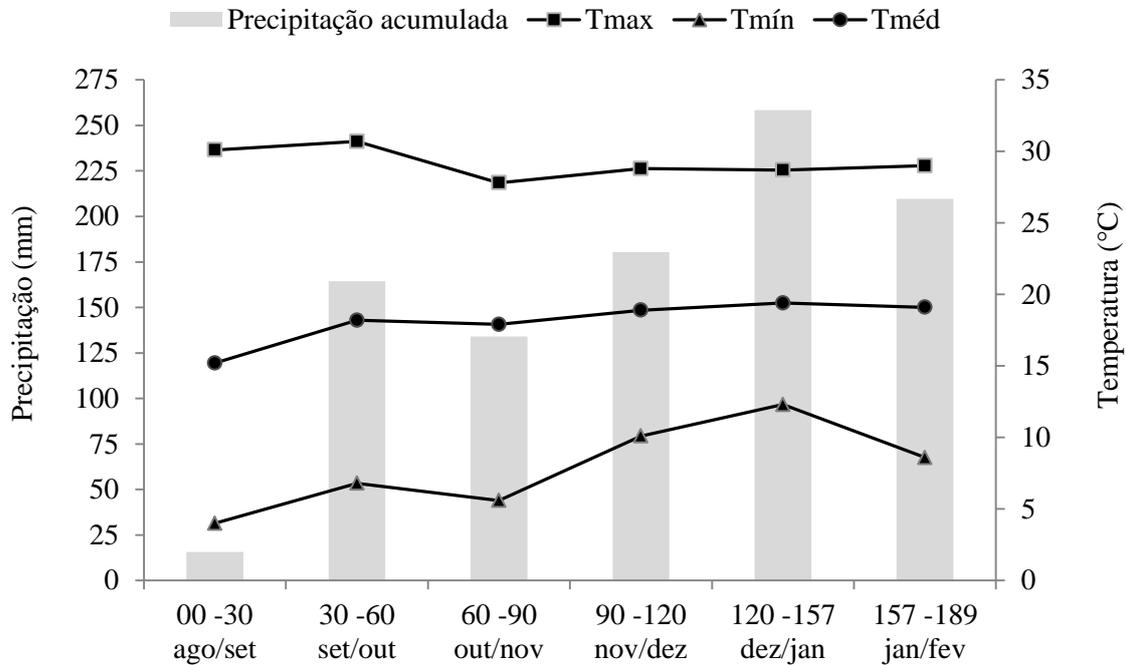
Figura 1 – Detalhe da técnica aplicada para o resgate de matrizes de *E. erythropappus*.



Legenda: A- coroamento da árvore; B- exposição das raízes no solo; C- escarificação da raiz com uso de enxada; D- abate da árvore a uma altura entre 0,30 – 0,40 m do solo. Fonte: Do autor (2019)

Durante o experimento os dados climatológicos foram coletados da Estação Automática A-531, situada na cidade de Maria da Fé – MG, próxima vinte e um quilômetros da área experimental, nas coordenadas geográficas $45^{\circ} 22' 22,97''$ W e $22^{\circ} 18' 52,44''$ S. A estação é mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia, órgão pertencente ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A oscilação da temperatura e da precipitação durante os intervalos de avaliação estão presentes no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Precipitação acumulada e temperaturas média, máxima e mínima registradas pela Estação A-531, durante as avaliações de campo.



Fonte: Do autor (2019).

3.2 Propagação vegetativa por estaquia

Em março de 2018, foram coletadas brotações de 19 matrizes e transportadas para o viveiro florestal da Universidade Federal de Lavras, visando os testes de propagação via estaquia. As brotações foram cortadas com auxílio de tesoura de poda e o corte efetuado na base do broto, rente ao segmento radicular (FIGURA 2A). Em seguida os brotos foram colocados em sacos plásticos da cor preta, umedecidos com borrifador de água e fechados com barbante (FIGURA 2B). O tempo de deslocamento entre o campo e o viveiro foi e aproximadamente três horas.

No viveiro a primeira precaução foi relacionada com a higienização das brotações, a qual foi feita por meio da imersão em solução de água e hipoclorito de sódio (2,0% de cloro ativo) na concentração 0,05% por dez minutos, para então serem confeccionadas estacas apicais entre 7,5 e 12 centímetros de comprimento (FIGURA 2C). Aplicou-se 4g L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB) em solução líquida por meio da imersão da base da estaca, por 10

segundos. O AIB foi diluído com gotas de NaOH [1M] e o volume final da solução completado com água deionizada. A testemunha foi caracterizada pela ausência do regulador de crescimento.

Tubetes de 55 cm³ foram utilizados como recipientes, sendo preenchidos com substrato contendo vermiculita de granulometria média, casca de arroz carbonizada e areia na proporção 4,5:4,5:1,0 (v/v). O substrato foi enriquecido pela incorporação de 4 kg m⁻³ de adubo Osmocote® 19:06:10 de N:P₂O₅:K₂O.

Ao todo 362 estacas foram confeccionadas, sendo 181 estacas submetidas ao tratamento com regulador de crescimento e 181 compondo o tratamento controle. As estacas foram acondicionadas em casa de vegetação programada para temperatura entre 25 - 35°C e umidade relativa do ar superior a 80% (FIGURA 2D), onde permaneceram por 57 dias, sendo então avaliada a sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação (SSCV). Em seguida, as estacas foram transferidas para casa de sombra, com sombrite de 50% e sistema de irrigação programado para disponibilizar 12 mm de água ao dia, em 4 doses iguais, por meio de microaspersores, onde permaneceram por 27 dias, sendo então avaliada a sobrevivência das estacas na saída da casa de sombra (SSCS). As matrizes sobreviventes foram transferidas para um mini-jardim clonal conduzido em sistema de canaletão com areia.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) sendo que cada estaca foi considerada como uma repetição e as matrizes unidades amostrais.

Figura 2 – Procedimento de coleta das estacas de *Eremanthus erythropappus* do campo para o viveiro.



Legenda: A- coleta do broto rente a raiz; B- acondicionamento em saco plástico umedecido, para transporte; C- padronização das estacas apicais entre 7,5 – 12 cm; D- Material em casa de vegetação.
Fonte: Do autor (2019)

3.3 Propagação vegetativa por brotações epicórmica

No mês de março de 2018, foram recolhidos seis galhos de cinco árvores de *Eremanthus erythropappus*, em uma área de ocorrência natural situada no município de Natércia – MG, nas coordenadas geográficas 45°23'48,973'' W e 22°5'43,468'' S. O clima segundo Köppen-Geiger é classificado como tropical de altitude - Cwb, com inverno seco e verão temperado (ALVARES et al., 2013).

Os galhos foram coletados preferencialmente da primeira bifurcação em relação ao tronco principal por estarem mais próximos do solo e o corte foi efetuado com auxílio de um serrote. Depois de padronizados com 0,50 m de comprimento e armazenados em sacos plásticos umedecidos e fechados, o material foi transportado para o viveiro florestal da

Universidade Federal de Lavras, sendo colocado na posição vertical em vasos de 5 L preenchidos com areia, os quais foram acondicionados em casa de vegetação com umidade relativa do ar superior a 80% e temperatura mantida entre 25-35° C. Os galhos permaneceram na casa de vegetação por 70 dias. As Figuras 3A-D, apresentam as etapas do processo de resgate.

O volume dos galhos foi calculado pela fórmula de Smalian, considerando a áreas das seções superiores (AS1) e inferiores (AS2) conforme descrito na fórmula (3.3, 3.4 e 3.5) e os dados encontram-se registrados na Tabela 2 (APÊNDICE B) para cada indivíduo (I₁ a I₅) testado.

$$AS_1 = D^2 \times \Pi / 40000 \quad (3.3)$$

$$AS_2 = D^2 \times \Pi / 40000 \quad (3.4)$$

$$Vol = AS_1 + AS_2 / 2 \times L \quad (3.5)$$

Sendo:

AS1: área da seção calculada em (m²) considerando o diâmetro superior

AS2: área da seção calculada em (m²) considerando o diâmetro inferior

D: diâmetro em centímetro

L: comprimento da seção, fixado em 0,50 m

Vol: volume de Smalian

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, onde cada árvore matriz foi considerada como uma unidade amostral e cada segmento de galho uma repetição, perfazendo seis repetições por tratamento.

Figura 3 – Coleta e transporte de galhos de *Eremanthus erythropappus* para propagação vegetativa por meio de brotações epicórmicas.



Legenda: A- retirada de galhos de árvores no campo; B- padronização dos galhos em 0,50m; C- acondicionamento dos galhos; D- acomodação dos galhos em vasos com areia na casa de vegetação.

Fonte: Do autor (2019).

3.4 Análise estatística dos dados

Nos experimentos de resgate e propagação vegetativa os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$) e homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett ($P < 0,05$), sendo posteriormente transformados por Box-Cox, caso necessário. Procedeu-se as análises de variância (ANOVA, $P < 0,05$), comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) e análises de regressão com auxílio dos programas SOC (EMBRAPA, 1990) e R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

3.5 Análises anatômicas

Estudos anatômicos foram conduzidos para evidenciar a presença das gemas radiculares nas cepas de *E. erythropappus* e o local de diferenciação das células na raiz. Para tanto, segmentos radiculares (FIGURA 8A) foram fixados em FAA70 (JOHANSEN, 1940), por 150 dias, e tratado com bomba de vácuo na pressão de 160mm de Hg. Parte da amostra recolhida foi desidratada em série etílica 80, 90, 100%, em intervalos regulares de duas horas e, em seguida, o material pernitoou em resina de infiltração Leica Histoiresin® na mistura de 1:1 (resina:álcool). Na sequência, o material foi transferido para resina pura, por mais 30 dias, e então ser emblocado em historesina.

Os cortes transversais foram realizados em micrótomo de mesa regulado na espessura de 6µm. As seções foram desidratadas em álcool etílico, coradas com solução aquosa azul de toluidina – pH 4,7. Para a confecção das lâminas permanentes foi utilizado meio de montagem Acrilex®, misturado em glicerina 50% (PAIVA et al., 2006).

Para visualização de cristais de inulina, amostras de raiz foram recolhidas de árvores adultas, colocadas em álcool etílico 70% e levadas para o laboratório de anatomia e histologia vegetal. Após a confecção dos cortes transversais em micrótomo de mesa regulado na espessura de 7µm, as lâminas foram visualizadas em microscópio de luz polarizada. Na sequência, testes histoquímicos com thimol etílico 15% e ácido sulfúrico concentrado (JOHANSEN, 1940), foram conduzidos para confirmar a natureza dos cristais.

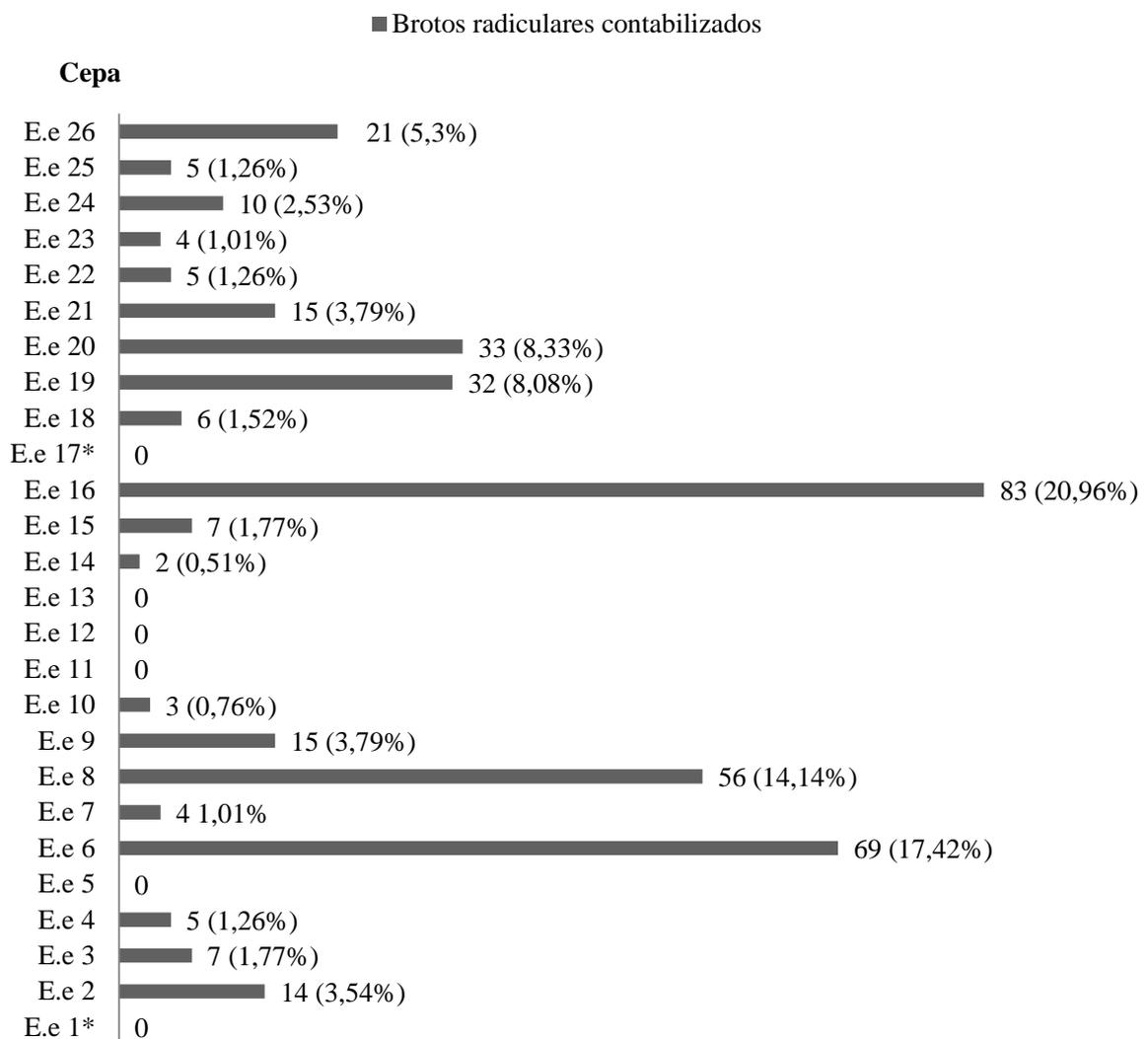
Também foram realizados cortes transversais na base de uma estaca enraizada, visando mostrar a conexão vascular existente entre a raiz adventícia formada e a região cambial do caule (FIGURA 8B). Assim, um exemplar foi amostrado da casa de sombra e, após redução da área, foi fixado em FAA70 (JOHANSEN, 1940) por 3 dias, sendo então transferido para o álcool 70% por doze horas. Em seguida, foi feito a desidratação em série etílica a 80, 90 e 100%, em intervalos de noventa minutos. Após 24h em resina 1:1 (resina: álcool), o material repousou por mais 30 dias em resina pura, para então ser emblocado em historesina.

Os cortes transversais foram realizados em micrótono de mesa regulado na espessura de 10 µm e as seções coradas com azul de toluidina – pH 4,7. Lâminas permanentes foram confeccionadas em meio de montagem verniz vitral Acrilex® (PAIVA et al., 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aos 189 dias após a indução (DAI) quatro matrizes não apresentavam emissão de brotos e outras duas foram perdidas em razão da queda de árvores sobre a área de raiz exposta. A técnica de aplicada promoveu a brotação de 76,92% das matrizes selecionadas, possibilitando a conservação genética dessas árvores. Ao final do período de acompanhamento, 396 brotos foram contabilizados (GRÁFICO 2) entre todas as matrizes, sendo a origem dos brotos, exclusivamente radicular.

Gráfico 2 – Número total de brotos emitidos e percentual contabilizados por matriz de *Eremanthus erythropappus*, aos 189 dias após a indução.



Legenda: * Matrizes perdidas em razão da queda de árvore sobre a área de raiz exposta.

Fonte: Do autor (2019).

A técnica de resgate revelou que a espécie *E. erythropappus*, mesmo em condições naturais, possui grande potencial para emissão de brotos a partir da raiz. Essa característica é particularmente importante para a conservação genética dos povoamentos naturais manejados, pois mecanismos assexuados de reprodução podem promover a propagação vegetativa espontânea dos regenerantes, garantindo a sobrevivência de uma espécie em determinado local (RODRIGUES et al. 2004; VACEK et al., 2011).

Os valores registrados nesse trabalho diferem dos encontrados por Melo et al. (2012) que, utilizando da mesma técnica e espécie, registraram 1.764 brotações em 24 matrizes plantadas com quatro anos de idade. Essa diferença pode ser devido ao genótipo, grau de juvenilidade das matrizes, às condições naturais do ambiente, às reservas nutricionais da cepa (toco e raiz) e ao tempo de avaliação da sobrevivência das brotações.

Considerando que o experimento foi realizado em um povoamento natural inequidâneo, caracterizado pela presença de árvores adultas, que ao longo do desenvolvimento não receberam nenhuma intervenção silvicultural a fim de favorecer o crescimento, os resultados registrados podem ser considerados promissores.

Estudos de campo que discorrem sobre a emissão de regenerantes clonais a partir da cepa (toco e raiz) são escassos na literatura. Todavia, trabalhando em condições controladas, Cunha et al. (2008) encontraram correlações positivas entre o teor de Nitrogênio (N), Potássio (K) e Cobre (Cu) presentes em minicepas de *Eucalyptus*, com o número de miniestacas produzidas em determinados genótipos. Os autores afirmaram haver forte influência genética na assimilação de nutrientes, o que resultaria na emissão diferenciada de brotações, tal como ocorreu com as matrizes Ee6, Ee8, Ee16, Ee19 e Ee20, que juntas, foram responsáveis por 68,93% dos regenerantes contabilizados aos 189 DAI.

Em razão dos sítios de ocorrência natural da candeia serem caracterizados pela baixa qualidade física e química, com solos rochosos, pouco férteis e ácidos (SCOLFORO et al., 2012), é possível que o vigor fisiológico de algumas das matrizes induzidas tenha sido um fator limitante para a emissão de brotos, uma vez que, tais árvores, não receberam nenhuma fertilização previamente ao tratamento.

Borges-Júnior et al. (2004) mostraram a influência da sazonalidade no percentual de brotação e no número de brotos por cepa, em um cultivo de *Acacia mearnsii* De Wild com 5 anos de idade, com melhores resultados na primavera, registrando aos 90 dias, para cepas com altura de 0,30 e 0,45m, uma média de 24 e 35 brotos por árvore, respectivamente. Em *E. erythropappus*, aos 189 dias após a indução, levando em conta somente os indivíduos que

brotaram, a média foi de 19,8 brotos por matriz, de modo que a emissão ocorreu a partir dos 90 DAI, intervalo em que a precipitação na região onde o experimento foi conduzido passa dos 135 mm para 258,4 mm, registrado aos 157 DIA e a temperatura média, dos 17,9° – 19,4°C, aos 157 DAI (GRÁFICO 1).

Jones e Raynal (1987) investigaram a formação de brotos radiculares em *Fagus grandifolia* e observaram, para todos os tratamentos, maior mortalidade dos brotos no outono em relação à primavera. Esses autores também verificaram que a formação de brotos foi precedida da formação de calo nas raízes e que a raspagem, como forma de injúria, proporcionou maior formação de calos em comparação ao corte das raízes, devido a maior área de raiz exposta. Melo et al. (2012) recomendaram expor a maior área possível de raiz, uma vez que houve uma correlação positiva entre esse parâmetro e o número de brotação.

Barros et al. (2017) observaram variação significativa no número de brotos emitidos por indivíduo de *Tectona grandis* em função da idade e do espaçamento de plantio, de modo que, em situação de maior adensamento foi verificado uma tendência decrescente de emissão de brotos ao longo do tempo. Os autores atribuíram o fato a maior competição intraespecífica por recursos ambientais, em condições de adensamento.

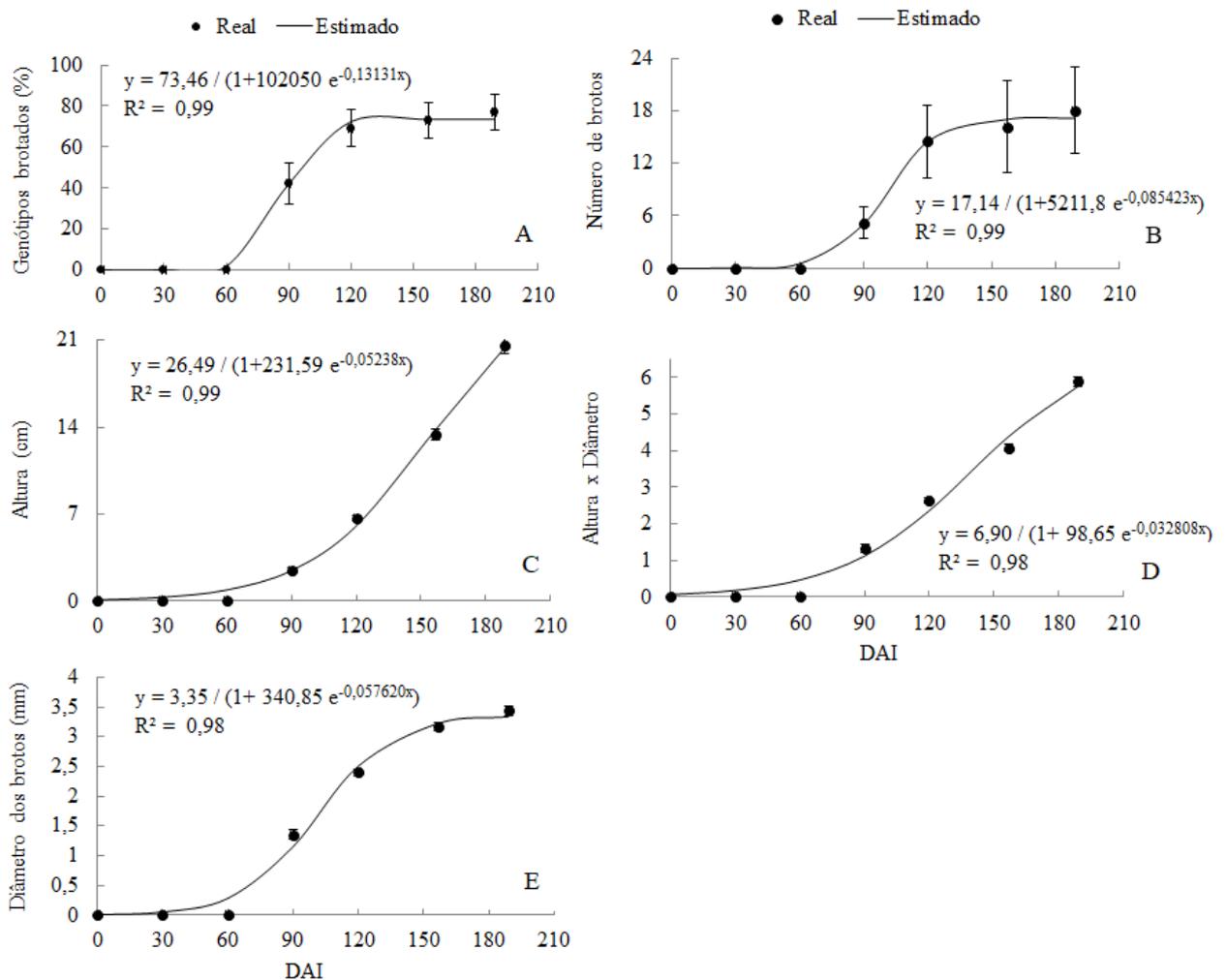
Nesse trabalho, a emissão de brotos de candeia e o crescimento em altura e diâmetro também apresentaram interação significativa com o tempo, como pode ser visto na Tabela 3 (APÊNDICE C) e Tabela 4 (APÊNDICE D) de análise de variância. As análises de regressão (FIGURA 4 A-E) mostram as tendências de incremento no percentual de matrizes brotadas, número de brotos por matriz, na altura, no diâmetro e na relação altura/diâmetro das brotações ao longo do período avaliado.

O incremento no crescimento dos brotos é uma informação importante para balizar futuros programas clonais com a candeia e também, para definir métodos silviculturais diferenciados para os povoamentos manejados, como por exemplo, a talhadia proposta por Melo et al. (2012). Além disso, os dados de altura, diâmetro e relação altura diâmetro mensurados em brotos ainda ligados à planta matriz, podem ser considerados pioneiros para a espécie *E. erythropappus* e utilizados como referência para comparar o crescimento de mudas produzidas em viveiro e o estabelecimento em condições naturais.

A média da altura e do diâmetro dos brotos de candeia, registrados aos 189 DAI foram de 21,09 cm e 3,52 mm, respectivamente (FIGURA 4 C e E). Esses valores estão próximos

aos registrados por Stuepp et al. (2016) para a espécie *Ilex paraguariensis* St. Hill, mensurados em matrizes com mais de 17 anos, aos 6 meses após a indução, sendo a média do comprimento dos brotos 19,95 cm e do diâmetro 3,7mm.

Figura 4 – Comportamento das matrizes de *Eremanthus erythropappus* quanto ao percentual de matrizes brotadas (A), número de brotos (B) e crescimento em altura (C), relação altura diâmetro (D) e diâmetro (E), em função do período avaliado.



Fonte: Do autor (2019)

A emissão de novos brotos ao longo do tempo resultou em grande variação nas médias da altura e do diâmetro (TABELA 4 – APÊNDICE D). Foi observado entre os intervalos de avaliação, que brotos novos coexistiam com aqueles mais desenvolvidos, e ainda, que houve mortalidade em algumas matrizes. Como as brotações não eram avaliadas individualmente, não foi possível estimar a mortalidade a cada intervalo, já que a tendência ao longo do tempo

foi de acréscimo no número de brotos. Essa diversificação no padrão dos brotos pode ser útil para a adoção de diferentes métodos de propagação vegetativa em povoamentos naturais, de modo a adequar o melhor método de propagação.

Oliveira et al. (2008) e Souza et al. (2016) sustentaram que o crescimento inicial de rebrotas em cepas de *Eucalyptus* se deve a contribuição das reservas de carboidrato das partes remanescente da árvore. Jones e Raynal (1987) argumentaram que a mortalidade precoce de brotações emitidas de segmentos radiculares separados da planta mãe, ocorre em razão da interrupção no suporte nutricional pelas reservas da planta. No entanto, Klimes e Klimesova (1999) não encontraram evidências de suporte nutricional entre brotos de *Rumex acetosella* (L.) ligados pela raiz e submetidos à diferentes condições nutricionais. Para esses autores o número de brotos emitidos foi influenciado pela biomassa das raízes, independente da qualidade do substrato em que se desenvolvem.

Nesse trabalho o menor número de brotos por matriz não refletiu, necessariamente, em maiores alturas e diâmetros das brotações. Ao compararmos matrizes com menores ocorrências de brotos com as que mais emitiram, pode-se perceber que, para um mesmo tempo de vida, as médias da altura e diâmetro foram maiores onde houve maior ocorrência de brotos (TABELA 5 – APÊNDICE E). Isso mostra que o crescimento dos brotos, no período avaliado, pode estar mais relacionado com a quantidade de reserva na planta do que com a competição por recursos, não descartando a predisposição genética de cada material.

O incremento das médias em altura e diâmetro de base ao longo do tempo (TABELA 6- APÊNDICE E) e, seus respectivos desvios, denotam o comportamento das matrizes com relação à emissão de novas brotações, as quais foram observadas mesmo após 189 dias da indução. No entanto, o incremento da mediana reporta ritmo de crescimento dos brotos ao longo do tempo, com classes centrais cada vez maiores.

Assim, considerando a obrigatoriedade de se conduzir a regeneração natural de candeia após a exploração do fragmento manejado (MINAS GERAIS, 2013), é possível afirmar que a reforma do povoamento por regenerantes clonais, considerados nesse trabalho como sendo as brotações radiculares, é uma alternativa para restabelecer a predominância dessa espécie, principalmente no primeiro ano após o corte, visto que as primeiras brotações foram contabilizadas aos 90 DAI (FIGURA 5 A-L).

Figura 5 – Emissão de brotos pelas raízes de *Eremanthus erythropappus* ao longo do tempo.
(Continua)

90 Dias após a indução



120 Dias após a indução



157 Dias após a indução



Figura 5 – Emissão de brotos pelas raízes de *Eremanthus erythropappus* ao longo do tempo.
(Conclusão)

189 Dias após a indução



Legenda: (A) e (G) - matriz Ee2; (B) - matriz Ee4; (C), (E) e (H) - matriz Ee6; (D) e (J) – matriz Ee8; (F) - matriz Ee16; (I) – matriz Ee20; (L) – matriz Ee9.

Fonte: Do autor (2019).

4.1 Propagação vegetativa de candeia

Após 70 dias em casa de vegetação, os galhos recolhidos para os testes com brotações epicórmicas não emitiram brotos. Possivelmente, os níveis endógenos de auxina e citocinina presentes nos galhos não foram favoráveis para a emissão de brotos, visto que, segundo Hartmann et al. (2011) o balanço hormonal entre esses fito-hormônios é um dos fatores preponderantes no processo.

Stuepp et al. (2016) verificaram que a aplicação da citocinina benzilamino purina (BAP), na concentração de 300 mg Kg⁻¹, resultou em maior formação de brotos quando comparado a concentração de 150 mg Kg⁻¹, em *Ilex paraguariensis* St. Hill, avaliado aos 12 meses. Para a mesma espécie, Santin et al. (2008) sugeriram que a espessura da casca pode ter influenciado negativamente na emissão de brotos epicórmicos em árvores adultas.

Assim, considerando que não foram aplicados reguladores de crescimento nos galhos e que a espécie *E. erythropappus*, em crescimento secundário, apresenta uma casca com fissuras longitudinais profundas e súber espesso, é provável que barreiras físicas também possam ter contribuído para não emissão de brotos.

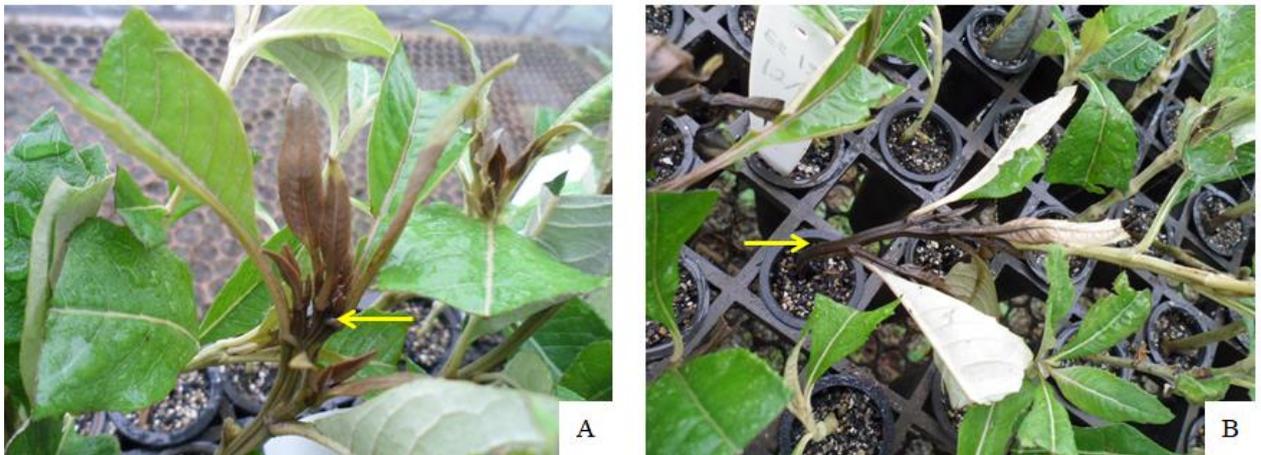
Na propagação via estaquia, somente 12,26% das estacas sobreviveram na saída da casa de vegetação, havendo diferença significativa entre as matrizes Ee15 e Ee18. De um

modo geral, a ausência de AIB resultou em maior porcentagem de sobrevivência quando comparada à concentração de 4g. L^{-1} (TABELA 7 – APÊNDICE F).

Das estacas sobreviventes, apenas 7,9% formaram raízes na saída da casa de sombra, considerando o tratamento com AIB e a testemunha (TABELA 8 – APÊNDICE G). As análises de variância revelaram interação significativa entre as matrizes propagadas, não havendo significância para a concentração de AIB aplicada.

A elevada mortalidade das estacas pode ter sido em função da oxidação de compostos fenólicos presente na planta (LATTUADA et al., 2011), o que foi verificado pelo escurecimento do ápice em direção à base da estaca (FIGURA 6 A e B). Cabe ressaltar que as folhas de candeia possuem tricomas tectores na parte abaxial, que secretam substâncias fenólicas responsáveis pela coloração esbranquiçada nessa região (DUTRA et al. 2010), dificultando a propagação via estaquia.

Figura 6 – Estacas de *E. erythropappus* em casa de vegetação.



Legenda: (A) Estaca de *E. erythropappus* no 4º dia em casa de vegetação; (B) Estaca de *E. erythropappus* no 8º dia em casa de vegetação.

Fonte: Do autor (2019).

Melo et al. (2012), trabalhando com a mesma espécie e método de propagação, registraram 100% de sobrevivência na saída da casa de vegetação e 35,15% de enraizamento na saída da casa de sombra, com estacas apicais coletadas de um povoamento de candeia com quatro anos de idade. A diferença de idade entre as matrizes utilizadas por Melo et al. (2012) e das árvores selecionadas nesse trabalho, pode ter contribuído para um menor vigor da planta mãe e, conseqüentemente das estacas (WENDLING et al., 2014a,b), o que justificaria a discrepância dos valores registrados.

A juvenilidade da planta matriz é uma característica diretamente relacionada com o potencial de regeneração celular e formação de raízes adventícias (IKEUCHI et al., 2016). Assim, com o avanço da maturidade os tecidos vão perdendo a capacidade meristemática e a propagação via estaquia é dificultada, principalmente por necessitar de formação de raízes adventícias.

Santos et al. (2011) testaram a propagação por estaquia em vinte espécies florestais, obtendo percentuais de enraizamento que variaram de 0,5% a 91,5% em função da espécie e das classes de diâmetro das estacas. No mesmo trabalho, em função da dose de AIB aplicada, o percentual de enraizamento entre as espécies variou entre 0,5% a 88%, de modo que, das vinte espécies florestais testadas, somente nove apresentaram formação de raízes adventícias. Isso demonstra que outros fatores, além da aplicação exógena de auxina, estão envolvidos na formação de raízes adventícias pelas plantas.

Mohammed e Karam (2001) sugeriram que a auxina na forma ácida é mais eficiente para a formação de raízes adventícias em *Arbutus andrachne* L., quando comparado a sua aplicação na forma de sal. Os autores também relataram que o tipo de ferimento na base da estaca influenciou significativamente no enraizamento.

Sossela et al. (2008) registraram para *Erythrina crista-galli* L. um percentual de enraizamento de 2,5%, quando realizado a propagação via estaquia no inverno. Para a mesma espécie e fonte de propágulo (árvores adultas no campo), mesmo quando realizado o experimento no verão, os autores registraram 100% de mortalidade das estacas, atribuindo o fato as elevadas temperaturas e a desidratação dos tecidos.

A influência da sazonalidade na propagação por estaquia é conhecida na literatura, onde, de um modo geral, menores taxas de sobrevivência e enraizamento são esperadas nas estações de outono e inverno (BETANIN; NIENOW, 2010; DENECA et al., 2007; NEVES et al., 2006; PIMENTA et al., 2005), em vista da redução do metabolismo, da fotossíntese e do aumento na produção de cofatores e outras substâncias inibidoras do enraizamento (HARTMANN et al., 2011; NEVES et al., 2006). Nesse trabalho, a estaquia foi conduzida entre os meses de março a junho, o que também pode ter contribuído para os baixos percentuais registrados.

A concentração de AIB aplicada na base da estaca também é relevante no processo de diferenciação, uma vez que a formação de raízes adventícias depende de um balanço

hormonal ideal entre os níveis, endógeno e exógeno, de auxina disponíveis para a planta, havendo, em casos de concentração excessiva, efeitos de fitotoxidez ou inibição para a formação de raízes adventícias (FOCHESATO et al., 2006; HUSEN; PAL, 2006; SOUSA et al., 2013). Como foi testado somente uma concentração de AIB nas estacas de candeia, é possível que a concentração ideal para essa espécie, nas condições desse experimento, esteja entre o gradiente de 0 e 4 g. L⁻¹ de AIB.

Rezende (2007) verificou a presença de barreiras anatômicas em estacas de candeia coletadas de árvores em diferentes fases de desenvolvimento. Os autores observaram diferença na deposição de esclerênquima ao redor das células do caule, de modo que, em árvores adultas, essa substância apresentava-se de forma mais espessa e contínua em comparação com árvores novas, sendo mínima em miniestacas.

Apesar da baixa porcentagem de sobrevivência das estacas, das 19 matrizes propagadas sete enraizaram e as mudas foram utilizadas para a formação do mini-jardim clonal, sendo as matrizes Ee3, Ee6, Ee8, Ee15, Ee18, Ee20 e Ee26. Dessa forma a estaquia pode ser uma opção para a formação de um minijardim clonal, buscando o rejuvenescimento da planta matriz por miniestaquia seriada, na qual, por meio de sucessivos cultivos, pode-se obter um propágulo com características mais juvenis e, portanto, com melhor capacidade de enraizamento (WENDLING et al. 2014a,b), contudo essa hipótese precisa ser testada. A Figura 7 mostra as estacas de candeia no minijardim clonal.

A demanda por óleo essencial de candeia e o manejo praticado por pequenos produtores rurais são premissas importantes para o cultivo comercial dessa espécie. Programas de melhoramento genético com *Eremanthus erythropappus* ainda não foram relatados na literatura e os resultados obtidos com esse trabalho podem contribuir para o desenvolvimento de linhas de pesquisa dessa natureza. Além disso, iniciativas independentes em pequenas propriedades rurais podem suprir uma eventual demanda por mudas de candeia e, ainda, servir de fonte de renda alternativa para o produtor durante o período em que a área estiver sobre regime de manejo florestal.

Figura 7 – Estacas de *Eremanthus erythropappus* recém transferidas para minijardim clonal, no sistema de canaletão fertirrigado.

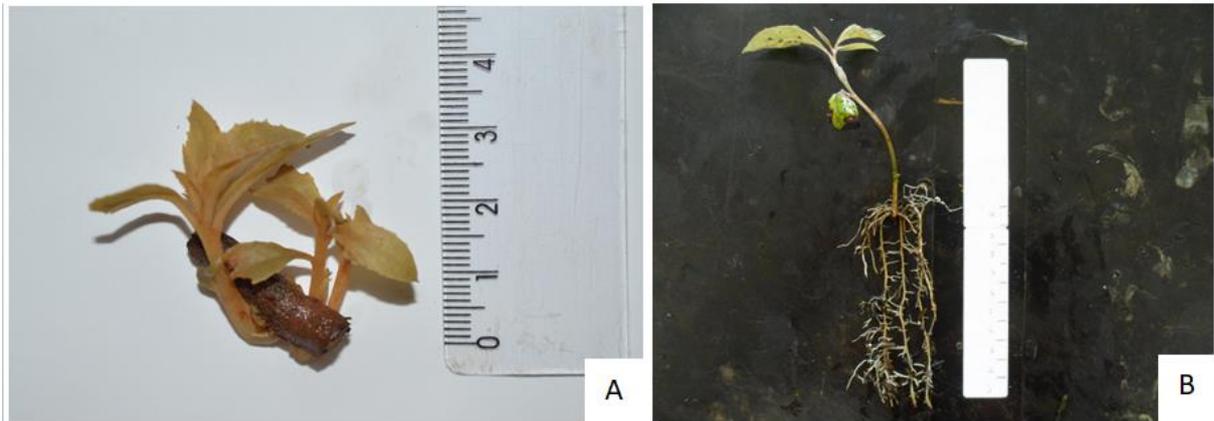


Fonte: Do autor (2019).

4.2 Análises anatômicas

O material recolhido para as análises anatômicas da raiz e do caule estão representados na Figura 8A e B. A região onde os cortes foram efetuados para a visualização da raiz de candeia é apresentado na Figura 9D.

Figura 8 – Segmentos radiculares e caulinares de *Eremanthus erythropappus* utilizados para as análises anatômicas.



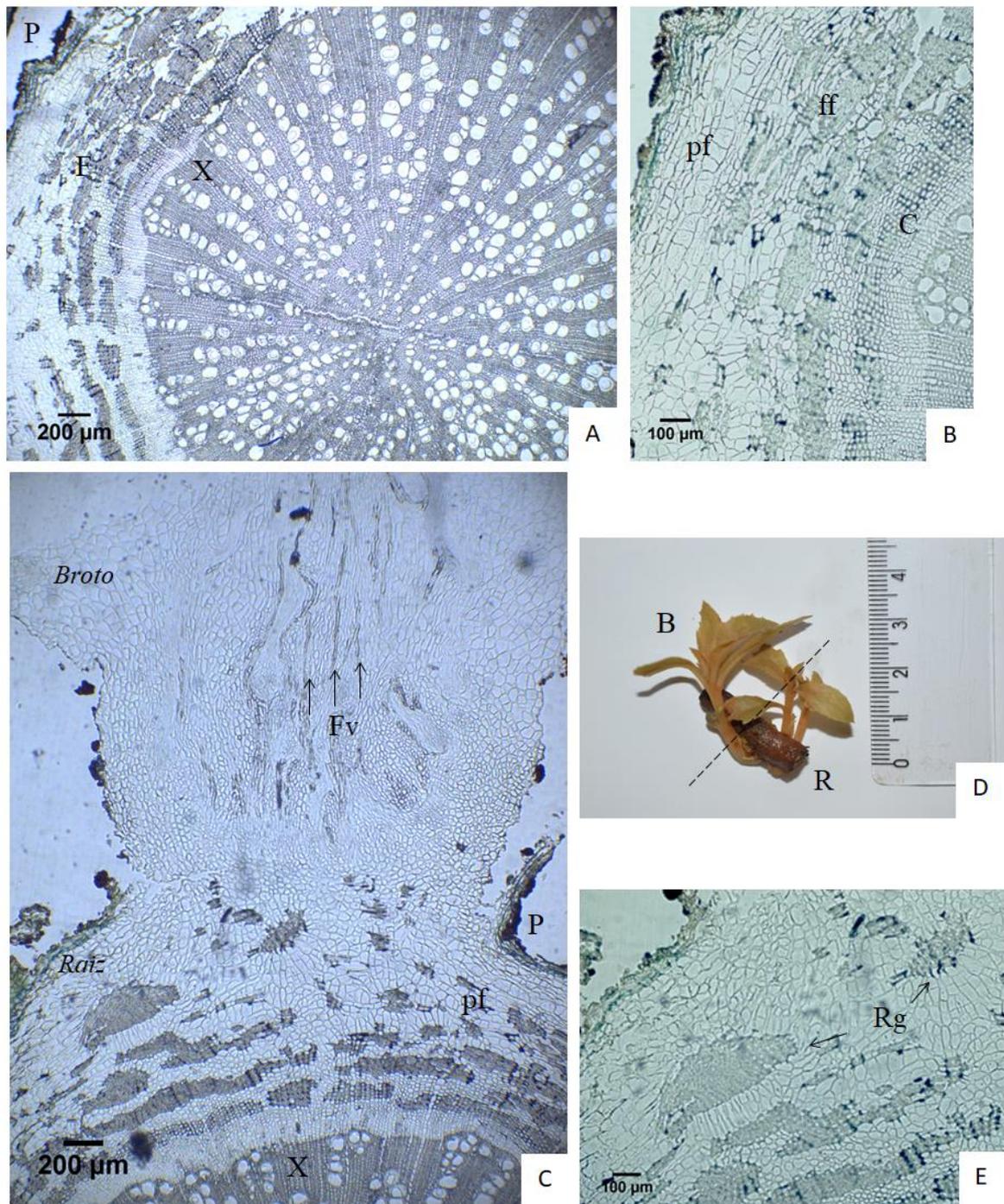
Legenda: (A) segmento de raiz com brotos de candeia; (B) estaca enraizada com 60 dias.
 Fonte: Do autor (2019).

A raiz de candeia em crescimento secundário é marcada pela presença de raios parenquimáticos unisseriados que dividem e organizam a disposição dos elementos de vaso do xilema (FIGURA 9A). Organizados radialmente em linha, os elementos de vasos são numerosos e ocorrem de forma adensada, conformação típica de plantas que crescem em ambientes com déficit hídrico (APPEZATTO-DA-GLÓRIA; GUERREIRO, 2006).

A distância do cambio em relação ao centro da raiz e a espessura do xilema secundário são características que retratam o estágio secundário de desenvolvimento no qual a planta se encontra. Nessa fase, estruturas como a endoderme, o cortéx e a epiderme foram eliminadas ou não estão visíveis, dando lugar a periderme, seguida do floema secundário, do cambio e do xilema secundário (FIGURA 9A).

O floema secundário na raiz de candeia é caracterizado pela presença de feixes de fibras entremeados com parênquima e elementos de tubo crivado que acompanham a direção dos raios xilemáticos (FIGURA 9B). A rediferenciação das células ocorre na região do parênquima floemático com alterações no padrão de organização, evidenciada pelo espessamento dos feixes de fibra nessa região (FIGURA 9C). A Figura 9E foca a região onde as divisões periclinais e anticlinais configuram células de forma e tamanho variados, rompendo com a normalidade e padrões observados na raiz sem rediferenciação de tecido.

Figura 9 – Anatomia da raiz de *Eremanthus erythropappus* em crescimento secundário.



Legenda: (A) Raiz de candeia em crescimento secundário (4x). (B) Região de floema secundário sem diferenciação de gema (10x). (C) Anatomia da raiz gemífera de candeia, com diferenciação da raiz em parte aérea (4x); (D) Segmento radicular de candeia (Linha tracejada: corte transversal). (E) Região de alteração das divisões periclinais e anticlinais das células do floema (10x). P: periderme; F: floema secundário; X: xilema secundário; pf: parênquima floemático; ff: feixes de fibras; C: cambio; Fv: feixes vasculares; Rg: região gemífera; B: broto; R: raiz.

Fonte: Do autor (2019).

O potencial para formação de gemas radiculares foi relatado por Appezatto-da-Glória et al. (2008) para outras espécies da família Asteraceae, típicas de cerrado. Diversos autores

também discorreram sobre raízes gemíferas nessa família botânica, relacionando a capacidade de rebrota com a presença de cristais de inulina do tipo frutano na raiz (ASSEGA; CARVALHO, 2004; ASSEGA et al., 2011; SANTOS et al., 2016; SILVA et al., 2015; VILHALVA; APPEZATTO-DA-GLÓRIA, 2006).

A visualização de lâminas sobre luz polarizada revelou a ocorrência de cristais nas paredes dos elementos de vasos do xilema secundário (FIGURA 10A-B). Os testes histoquímicos foram positivo para inulina, um tipo de frutano que, segundo Johansen (1940), ao reagir com solução etílica de thimol e ácido sulfúrico, confere coloração vermelho-carmim imediatamente após a reação (FIGURA 10C).

A ocorrência de cristais de inulina nos parênquimas de reserva, associados com tecidos vasculares de raízes em crescimento secundário foi descrita por Tertuliano e Figueiredo Ribeiro, (1993) em diferentes espécies da família Asteraceae. Outros locais de acúmulo foram relatados como o parênquima cortical, periciclo e parênquima axial do floema e do xilema em *Richterago* Kuntze (MELO-DE-PINNA; MENEZES, 2003), no parênquima xilemático de raízes de *Isostigma megapotamicum* (Spreng) Sherff (VILHALVA; APPEZATTO-DA-GLÓRIA, 2006a), no parênquima vascular de *Chresta sphaerocephala* DC. (APPEZATTO-DA-GLÓRIA et al., 2008) e em elementos de vasos secundários de raízes de *Dimerostemma vestitum* (Baker) SF Blake (SILVA et al., 2015).

Variações sazonais na quantidade e no local de deposição dos cristais foram relatadas por Santos et al. (2016) em *Chrysolaena simplex* (Less.) Dematt, de modo que nas estações mais secas do ano, os cristais preenchem o lúmen celular e ocorrem em maiores quantidades. Em contrapartida, nas épocas de chuva, os cristais foram visualizados junto à parede celular e em menores quantidades, o que foi relacionado com a rebrota das estruturas vegetativas nesse período.

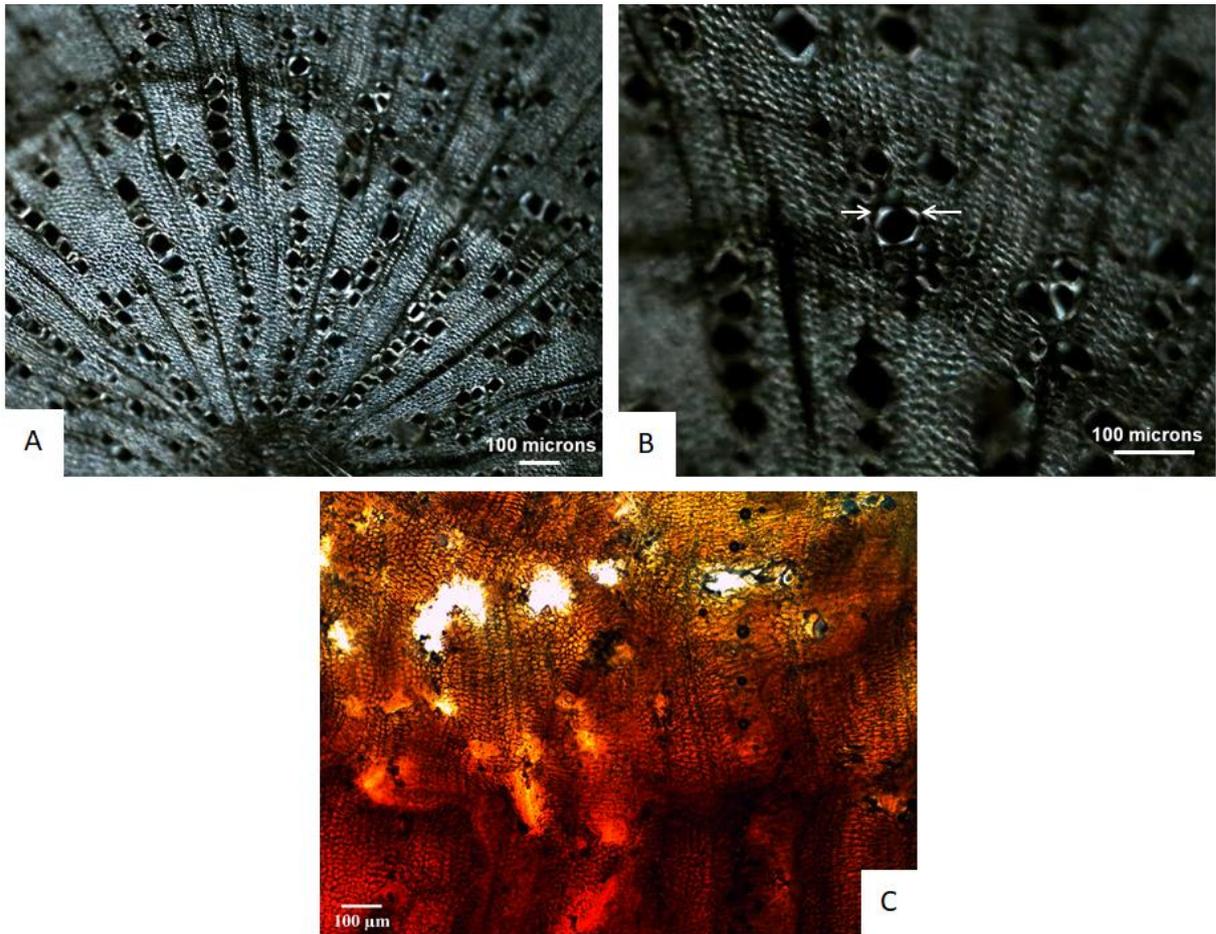
Rigui et al. (2015) também relataram o efeito da sazonalidade no conteúdo de frutano em plantas de *Chrysolaena obovata* (Less.) Dematt, onde no início da primavera, foi observado grande quantidade desse carboidrato e baixa concentração de ácido abscísico (ABA), favorecendo a formação de brotos. Os autores ainda relataram uma menor quantidade de frutano nos estágios mais avançados da primavera, o que foi acompanhado com aumento na concentração de ácido indolacético (IAA), promovendo o alongamento celular das brotações.

Valluru e Van de Ende (2008) afirmaram que a importância do frutano como reserva é suprir a demanda energética da planta entre períodos de disponibilidade e escassez de recursos. Bretand et al. (2001) relataram declínio no conteúdo desse carboidrato na base de folhas de *Lolium perene* L. em processo de alongamento, o que foi acompanhado de um pico na atividade da enzima frutano:exohidroxilase na zona de crescimento, logo após a desfolha. Esses autores sugerem que o frutano seria a fonte de carbono responsável por sustentar a retomada do crescimento, após a desfolha da planta e na retomada de crescimento.

A ocorrência de espécies que armazenam carbono na forma de frutano é considerada uma vantagem adaptativa de plantas a ambientes com restrições hídricas, clima sazonal e temperaturas baixas (ALBERDI, 2002; HENDRY, 1993; PUEBLA et al., 1997; VIJN; SMEEKENS, 1999). Estudos anatômicos e fisiológicos com a família Asteraceae apresentam um grande número de espécies que armazenam frutano em células parenquimáticas, o qual estaria relacionado ao controle da osmorregulação, evitando o stress hídrico (APEZATTO-DA-GLORIA et al., 2008; ASEGA; CARVALHO, 2004; SANTOS et al., 2016; TERTULIANO; FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1993; VIJN; SMEEKENS, 1999; VILHALVA; APEZATTO-DA-GLÓRIA, 2006a; VILHALVA et al., 2016).

Ressalta-se que na região de estudo é característico o clima sazonal, com chuvas concentrada no verão, seguido de um inverno seco, onde baixas temperaturas são registradas. Além disso, áreas de afloramento rochoso e relevos com declividade acentuada, comuns aos sítios de ocorrência natural da espécie, favorecem o escoamento da água, promovendo restrição hídrica no solo. Portanto, a presença de frutano nas células radiculares de *E. erythropappus* condiz com as limitações ambientais descritas para outras espécies de plantas e, ainda, o local de ocupação dos cristais de inulina está de acordo com os descritos por Tertuliano e Figueiredo-Ribeiro (1993) e Silva et al. (2015).

Figura 10 – Anatomia da raiz de *Eremanthus erythropappus* visualizada sobre luz polarizada.

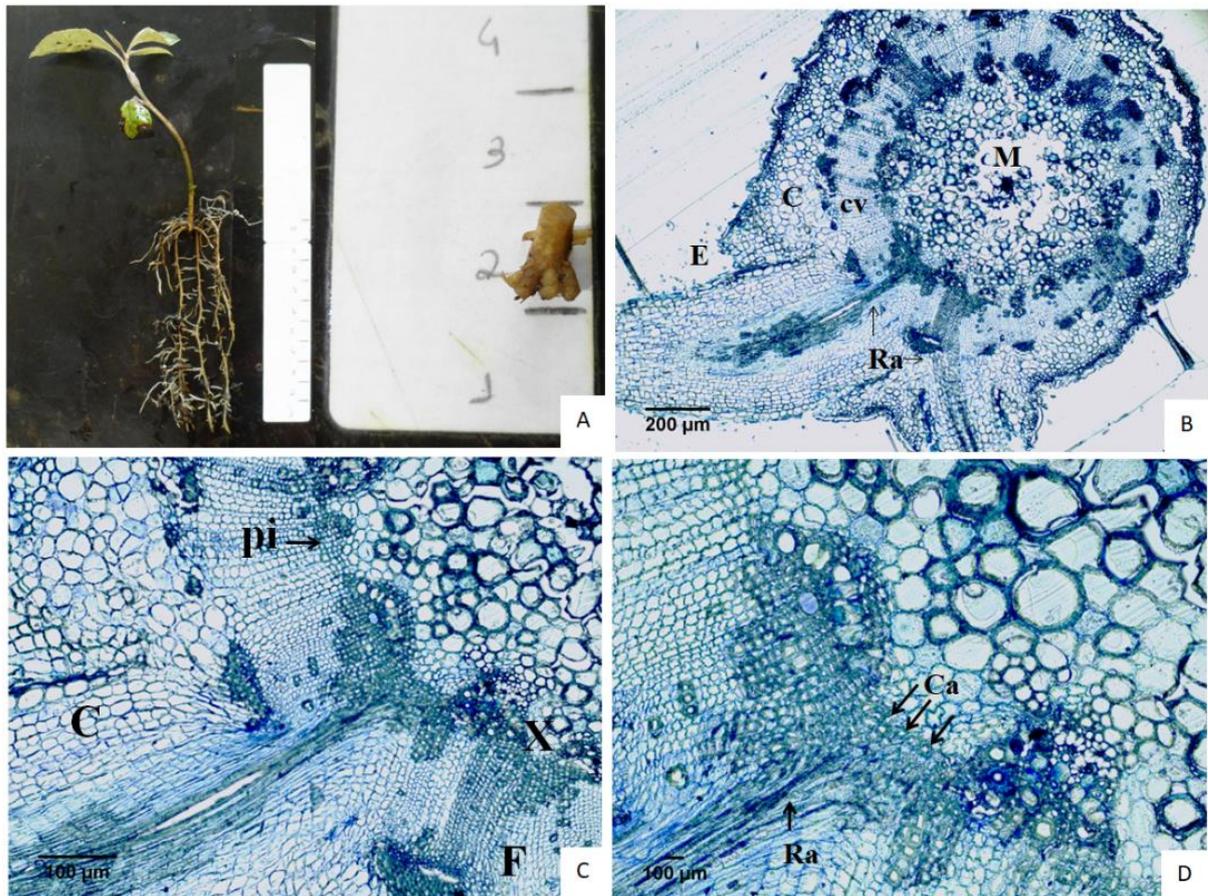


Legenda: (A) corte anatômico da raiz visualizado sobre luz polarizada (10x). (B) distribuição dos cristais junto aos elementos de vaso do xilema secundário (20x); (C) Resultado do teste histoquímico com solução etílica de thimol 15%.

Fonte: Do autor (2019).

Os cortes anatômicos realizados na região de inserção das raízes adventícias junto à estaca de candeia (FIGURA 11A) revela a distribuição dos feixes vasculares formando um anel cilíndrico ao redor do caule com presença de parênquima interfascicular na região do cilindro vascular (FIGURAS 11B-C). As Figuras 11C-D mostram a conexão vascular estabelecida entre a raiz adventícia e o câmbio do caule. Ressalta-se que, uma vez estabelecida essa conexão, a planta deixa de depender somente das reservas nutricionais da parte aérea e passa a ser suprida também pelos elementos químicos assimilados pela raiz.

Figura 11 – Anatomia da estaca de *Eremanthus erythropappus*.



Legenda: (A) Estaca retirada para análise anatômica e reduzida para emblocamento. (B) Distribuição dos feixes vasculares formando um anel cilíndrico em torno da medula (4x). (C) Cilindro vascular com parênquima interfascicular (10x). (D) Raiz adventícia estabelecendo ligação vascular com o cambio do caule (20x). E: epiderme; C: córtex; cv: cilindro vascular; pi: parênquima interfascicular ; Ra: raiz adventícia; M: medula; Ca: cambio do caule.

Fonte: Do autor (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a demanda por madeira de candeia e a distribuição natural da espécie na região sul de Minas Gerais, esse trabalho corrobora para a adoção de técnicas silviculturais que podem contribuir para o reestabelecimento dos fragmentos naturais de *E. erythropappus*, atualmente explorados sobre regime de manejo florestal sustentável. No entanto, caso adotado, deve-se ter cuidado com o número de cepas induzidas, já que a reocupação exclusivamente por regenerantes clonais, ou seja, brotos radiculares poderiam comprometer a diversidade genética do fragmento.

Para atestarmos que as brotações emitidas pelas raízes de candeia podem de fato vir a constituir um novo fragmento com árvores adultas, se faz necessário um tempo maior de monitoramento, com visitas periódicas até o momento em que a planta passe de um estágio vegetativo para reprodutivo no campo. O desenvolvimento de novas raízes ao redor das brotações também pode ser um bom parâmetro para prever o sucesso do resgate em condições de campo.

Análises nutricionais qualitativas e quantitativas nas matrizes induzidas podem ajudar a esclarecer possíveis implicações desses fatores com o número de brotos emitidos e/ou o ritmo crescimento em altura e diâmetro. Nesse aspecto, os cristais de inulina identificados na raiz de candeia é um tema promissor para futuras pesquisas, visando compreender melhor o papel dessas substâncias na brotação radicular em diferentes espécies da família Asteraceae.

Quanto aos métodos de propagação vegetativa testados, cabe ressaltar que os galhos levados para casa de vegetação visando à obtenção de brotos epicórmicos, não foram submetidos a nenhum tratamento hormonal ou físico para promoção de brotos. Trabalhos futuros podem considerar a aplicação de citocininas como a benzilamino purina (BAP) ou a retirada da casca, visando facilitar o rompimento de barreiras anatômicas.

A estaquia como forma de propagação se mostrou ineficiente quando as estacas foram coletadas de árvores adultas no campo e levadas para o viveiro. No entanto, uma vez estabelecidas em mini jardim clonal, pode-se testar o rejuvenescimento de alguns exemplares por meio de técnicas de miniestaquia seriada, com intuito de aumentar o potencial de rediferenciação celular para formação de raízes adventícias. Assim, diferentes concentrações de auxina podem ser testadas.

6 CONCLUSÃO

A metodologia de resgate é eficiente para induzir à brotação árvores adultas de candeia oriundas de um povoamento natural, pois aos 189 DAI possibilitou a brotação de 76,92% das matrizes selecionadas.

Na espécie *Eremanthus erythropappus* a rebrota ocorre prioritariamente pela raiz, sendo uma importante ferramenta para a conservação genética de povoamentos explorados e uma alternativa para o restabelecimento da predominância de candeia em áreas manejadas.

A estaquia como método de propagação vegetativa, mesmo resultando em baixos percentuais de sobrevivência, foi mais eficiente do que a propagação via brotação epicórmica para a multiplicação das matrizes.

A concentração de AIB aplicada na base das estacas não foi eficiente para formação de raízes adventícias, não diferindo do tratamento controle.

REFERÊNCIAS

- ALBERDI, M. et al. Ecophysiology of Antarctic vascular plants. **Physiologia Plantarum**, Denmark, v. 115, p. 479-486, fev. 2002.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p.445-453, 2007.
- ALMEIDA, G. S. S. **Asteraceae Dumort. nos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil**. Viçosa: UFV, 2008. 365f.
- ALTOÉ, T. F. **Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) na produção e qualidade de óleo essencial**. Lavras: UFLA, 2012. 153 f.
- ALVARES, C. A. et al. Koppen climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDREATA, R. H. P.; MENEZES, N. L. Morfoanatomia do embrião, desenvolvimento pós-seminal e origem do Rizóforo de *Smilax quinquenervia* Vell. (Smilacaceae). **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 18, p. 39-51, 1999.
- APPEZZATO-DA-GLORIA, B. e GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia Vegetal**. 2Ed: UFV, Viçosa-MG, 2006.
- APPEZZATO-DA-GLORIA, B. et al. Underground systems of Asteraceae species from Brazilian Cerrado. **The journal of the Torrey Botanical Society**, Torrey Botanical Society, v. 135, n. 1, p. 103-113, 2008.
- ARORA, R.; ROWLAND, L. J.; TANINO, K. Induction and release of Bud Dormancy in Woody Perennials: A Science Comes of Age. **HortScience**, v. 38, n. 5, p. 911-921, 2003.
- ASSEGA, A. F.; CARVALHO, M. A. M. Fructan metabolising enzymes in rhizophores of *Vernonia herbacea* upon excision of aerial organs. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 313-31, 2004.
- BACCARIN, F. J. B. et al. Vegetative rescue and cloning of *Eucalyptus benthamii* selected adult trees. **New Forest**, v. 46, p. 465-483, 2015.
- BADILLA, Y.; XAVIER, A.; MURILLO, O. Resgate vegetativo de *Tectona grandis* Linn F. pelo enraizamento de estacas. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 91-96, 2016.
- BARBOSA-FILHO J. et al. Propagation of *Kaya anthotheca*: interespecific grafting with *Swietenia macrohylla* and air layering. **Cerne**, v. 22, n. 4, p. 475-484, 2016.
- BARROS, K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N. Capacidade de Brotação de Teca sob Regime de Talhadia Composta. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e00134315, 2017.
- BETANIN, L. e NIENOW, A. A. Propagação vegetativa da corticeira da serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caulinar e foliar. **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 871-880, ou/dez, 2010.
- BOSELA, M. J.; EWERS, F. W. The mode of origin of root buds and root sprouts in the clonal tree *Sassafras albidum* (Lauraceae). **American Journal of Botany**, v. 84, n. 11, p. 1466-1481, 1997.
- BORGES-JUNIOR, N. et al. Rebrotas de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De wild). **Revista Árvore**, v. 4, p. 611-615, 2004.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. **Consulta Dados da Estação Automática: Maria da Fé (MG)**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTUzMQ>. Acesso em: 21 set. 2017.
- BRETAND, A. et al. Roles of the fructans from leaf sheaths and from the elongating leaf bases in the regrowth following defoliation of *Lolium perene* L. **Planta**, v. 2013, p. 109-120, 2001.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 1039 p., 2003.
- CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Levantamento da produção de xilopódio e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Ciência e Agrotécologia**, Lavras-MG, v. 26, n. 5, p. 927-942, set/out., 2002.
- CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 203-213, set., 2008.
- DENEGA, S. et al. Variação sazonal no enraizamento de estacas de cultivares de *Vitis rotundifolia*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 389-392, ago, 2007.
- DIAS, P. C. et al. Estaquia e Miniestaquia de espécies lenhosas no Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, out./dez. 2012.
- DUTRA, R. C. et al. Caracterização morfoanômica das folhas de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeisch, Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 20, n. 6, p. 818-824, dez. 2010.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Programa SOC - software científico: versão 2.1**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1990.
- ENGEL, M. L. **Resgate e propagação vegetativa por estaquia e mini estaquia de *Acacia mearnsii* De Wildeman (ACACIA NEGRA)**. Curitiba: UFPR, 2017. 130f.
- ESAU, K. e MORRETES, B. L. **Anatomia das plantas com semente**. 1ªEd: Blucher, 1974.
- EWEL, J. et al. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. **Ecology**, Ecological Society of America, v. 62, n. 3, p. 816-829, 1981.
- FACHINELLO, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005.
- FARIA, G. E. et al. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n. 5, p. 577-584, 2002.
- FEITOSA, S. S. et al. Estudos de viabilidade de sementes de Candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac Leish por meio de testes de germinação e raios x. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 393-399, abr/jun, 2009.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. Colombo: **Embrapa Florestas**, 22 p., 2004.
- FOCHESATO, M. L. et al. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 3, p. 72-77, 2006.

- FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras. **Embrapa Cerrados**, Planaltina-DF, 56 p., 2010.
- HAYASHI, A. H. e APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Resprouting from roots in four Brazilian tree species. **Revista Biologia Tropical**, v. 57, n. 3, p. 789-800, set, 2009.
- HAYASHI, A. H. et al. Anatomical studies of shoot bud-forming roots of Brazilian tree species. **Australian Journal of Botany**, v. 49, n. 6, p. 745-751, 2001.
- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8 Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.
- HATTORI, E. K. O. e NAKAJIMA, J. N. A família Asteraceae na Estação de Pesquisa e desenvolvimento Ambiental Galheiro, Perdizes, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n. 4, p. 687-749, 2008.
- HATTORI, E. K. O. e NAKAJIMA, J. N. A família Asteraceae na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Hoehnea**, v. 38, n. 2, p. 165-214, 2011.
- HENDRY, G. A. F. Evolutionary origins and natural functions of fructans—a climatological, biogeographic and mechanistic appraisal. **New phytologist**, v. 123, n. 1, p. 3-14, 1993.
- HERNANDEZ, W. et al. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, 2013.
- HUSEN, A. e PAL, M. Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem cuttings in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis* Linn. f.). **New Forests**, v. 31, p. 57-73, 2006.
- IKEUCHI, M. et al. Plant regeneration: celular origins and molecular mechanisms. **The company of biologists**, v. 143, p. 1442-1451, 2016.
- JACOMASSI, E.; MOSCHETA, I. S.; MACHADO, S. R. Morphoanatomy and histochemistry of the *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 575-597, 2007.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1940.
- JONES, R. H. e RAYNAL, D. J. Root sprouting in American Beech (*Fagus grandifolia*): Effects of root injury, roots exposure, and Season. **Forest Ecology and Management**, v. 25, p. 79-90, 1988.
- KAMATOU, G. P. P.; VILJOEN, A. M. A Review of the Application and Pharmacological Properties of a-Bisabolol and a-Bisabolol-Rich Oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 87, p. 1-7, 2010.
- KLIMEŠ, L. e KLIMEŠOVÁ, J. Root sprouting in *Rumex acetosella* L. under different nutrient levels. **Plant Ecology**, v. 141, n. 1-2, p. 33-39, 1999.
- KIM, S. et al. Inhibitory effects of (–)-a-bisabolol on LPS-induced inflammatory response in RAW264.7 macrophages. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, p. 2580-2585, 2011.
- LATTUADA, D. S.; SPIER, M.; SOUZA, P. V. D. Pré-tratamento com água e doses de ácido indolbutírico para estaquia herbácea de pitangueiras. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2073-2079, 2011.
- LI, C. e BANGERTH, F. Stimulatory effect of cytokinins and interaction with IAA on the release of lateral buds of pea plants from apical dominance. **Journal of plant physiology**, v. 160, n. 9, p. 1059-1063, 2003.

- LOEUILLE, B. 2015. *Eremanthus* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB5312>>. Acessado em: 28. nov. 2017
- MACHADO, S. R. et al. Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Smalanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Asteraceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 27, n. 1, p. 115-123, jan./mar, 2004.
- MANTOVANI, N. C. et al. Resgate vegetativo por alporquia de genótipos adultos de Urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 403-410, 2010.
- MELO-DE-PINNA, G. F. A. e MENEZES, N. L. Meristematic endodermis and secretory structures in adventitious roots of *Richterago* Kuntze (Mutisieae-Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 1-10, mar, 2003.
- MELO, L. A.; DAVIDE, A. C.; TEIXEIRA, L. A. F. Metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas de *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, v. 18, n. 4, p. 631-638, 2012.
- MENEZES, N. L. Rhizophores in *Rhizophora mangle* L: an alternative interpretation of so-called "aerial roots". **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 2, p. 213-226, 2006.
- MEUNIER, Q.; MORIN, A.; BELLEFONTAINE, R. Growth and rooting of *Solanecio mannii*: comparison of seedling and air layer on a 24-month trial in East Africa. **JAIED**, v. 110, n. 1, p. 27-41, 2016.
- MINAS GERAIS. Resolução Conjunta Semad/Ief nº1.804, de 11 de janeiro de 2013. **Termo de referência para elaboração e execução de projetos de plano de manejo florestal sustentável da candeia**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/regularizacao-ambiental/termos-de-referencia>>. Acessado em: 22 nov. 2017.
- MIELKE, M. S. et al. Comportamento fisiológico de goiabeira serrana quando multiplicada por mergulhia de cepa. **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 1, p. 21-27, jan/abr, 1994.
- MILANEZ, C. R. D.; MORAES-DALLAQUA, M. A. Ontogeny of the subterranean system of *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi (Fabaceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 26, n. 3, p. 415-427, jul.-set., 2003.
- MOHAMED, M. Al-S. e KARAN, N. S. Auxin, wounding, and propagation médium affect rooting response of stem cutting of *Arbustus andrachne* L. **Hort Science**, v. 36, n. 5, p. 976-978, 2001.
- MORI, C. L. S. O; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Caracterização anatômica, química e física da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) DC. Macleisch. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 451-456, out./dez., 2010.
- NAVROSKI, M. C. et al. Resgate e propagação vegetativa de *Sequoia sempervirens*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 383-392, 2015.
- NAKAJIMA, J. N. e SEMIR, J. Asteraceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 471-478, dez. 2001.
- NEVES, T. S. et al. Enraizamento de corticeira da serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1669-1705, dez, 2006.
- OFORI, D. A. et al. Addressing constraints in propagation of *Allanblackia* spp. through seed sectioning and air layering. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v. 3, n. 1, p. 90-96, 2015.

- OLIVEIRA, C. H. R. et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de Eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 59-68, 2008.
- OLIVEIRA, P. A. et al. Resgate e propagação de *Lagenocarpus rigidus* NEES. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 629, 2017.
- PÁDUA, J. A. R.; BRANDÃO, M. M.; CARVALHO, D. Spatial genetic structure in natural populations of the overexploited tree *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish (Asteraceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 66, p. 307-311, 2016.
- PAIVA, J. G. A. et al. Vernix vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 02, p. 257-264, 2006.
- PANSARINI, E. R. Biologia reprodutiva e polinização em *Epidendrum paniculatum* Ruíz e Pavón (Orchidaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 2, p. 203-211, 2003.
- PAVIANE, T. I. Anatomia do desenvolvimento do xilopódio de *Brasília sckii* GM Barroso. **Estágio inicial. Ci e Cut**, v. 39, p. 399-405, 1987.
- PENHA, A. S. **Influência da propagação vegetativa a partir de raízes gemíferas nas características populacionais de espécies arbóreas em fragmentos de Florestas Estacionais Semidecíduais**. Campinas: UNICAMP, 2004. 135f.
- PEREIRA, M. O. et al. Resgate vegetativo e propagação de Cedro australiano por estaquia. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 50, n. 4, p. 282-289, 2015.
- PÉREZ, J. F. M. et al. Sistema de manejo para a candeia – *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac Leish – a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 257-273, 2004.
- PIMENTA et al. Interações entre reguladores vegetais, épocas do ano e tipos de substrato no enraizamento de estacas caulinares de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. (Pau de leite). **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 50, p.53-67, 2005.
- PUEBLA, A. F.; SALERNO, G. L.; PONTIS, H. G. Fructan metabolism in two species of *Bromus* subjected to chilling and water stress. **New Phytologist**, v. 136, n. 1, p. 123-129, 1997.
- R Development Core Team. **An introduction to R. Notes on R: a programming environment for data analysis and graphics**. Version 2.15.1.R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-12-7, 2012. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 jun. 2016.
- REIS, G. G. e REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997.
- REZENDE, A. A. **Enraizamento de estacas de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish**. Lavras: UFLA. 2007, 75f.
- RIGUI, A. P. et al. Endogenous hormone concentrations correlate with fructan metabolism throughout the phenological cycle in *Chrysolaena obovata*. **Annals of Botany**, v. 115, p. 1163-1175, 2015.
- RINNE, P. L. H.; KAIKURANTA, P. M.; VAN DER SCHOOT, C. The shoot apical meristem restores its symplasmic organization during chilling-induced release from dormancy. **The Plant Journal**, v. 26, n. 3, p. 249-264, 2001.
- RIZZINI, C.T; HERINGER, E.P. Studies on the underground organs of trees and shrubs from some southern Brazilian savannas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.34, n.2, p.235-247, 1962.

- RODRIGUES, R. R. et al. Tree species sprouting from root buds in a Semideciduous Forests affected by fires. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 127-133, 2004.
- ROESLER, P. V. S. O. et al. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 30, n. 1, p. 117-122, 2008.
- ROSA, L. S.; WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Brotações epicórmicas no resgate vegetativo de árvores selecionadas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3., 2003, Chapecó. Anais.[Chapecó]: EPAGRI, 2003. s. 3-2., 2003.
- SANDBERG, D. **The regeneration of quaking aspen by root suckering**. St. Paul: University of Minnesota. 1951. 172f.
- SANTIN, D. et al. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 97, 2008.
- SANTOS, J. P. et al. Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 293-301, 2011.
- SANTOS, V. S. et al. Morpho-anatomy and ontogeny of the underground system of *Chrysolea simplex* (Less.) Dematt.(Asteraceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 1, p. 269-280, 2016.
- SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; DANNER, M. A. Propagação de Jaboticabeira por enxertia e alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 32, n. 2, p. 571-576, 2010.
- SCARANO, F. R. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 561-568, 2007.
- SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. **O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2012.
- SILVA, A. C. et al. Variação genética entre e dentro de populações de candeia (*Eremanthus erythropappus*) DC. MacLeisch. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 271-277, 2007.
- SILVA, C. P. de C.; SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas aptas para o Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, cap. 3, p.193-229, 2008.
- SILVA, T. M. et al. Anatomy and fructan distribution in vegetative organs of *Dimerostemma vestitum* (Asteraceae) from the campos rupestres. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 797-812, 2015.
- SILVA, N. F. **Produtividade, demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e talhadia**. Viçosa: UFV, 2013, 52f.
- SIMÃO, E.; NAKAMURA, A. T.; TAKAKI, M. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 67-73, 2007.
- SIMÕES, J. W. e COTO, N. A. S. Efeito do número de brotos e da fertilização mineral sobre o crescimento da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith, em segunda rotação. **IPEF**, v. 31, p. 23-32, dez. 1985.

- SOSSELLA, A. G.; PETRY, C.; NIENOW, A. A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (Fabaceae) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, 2008.
- SOUSA, C. M. et al. Effects of auxin and misting on the rooting of herbaceous and hardwood cuttings from the fig tree. **Revista Ciência Agranômica**, v. 44, n. 2, p. 334-338, abr/jun, 2013.
- SOUZA, F. C. et al. Growth of intact plants and coppice in short rotation eucalyptus plantations. **New forest**, v. 47, p. 195-208, 2016.
- SOUZA, O. V. et al. Estudo comparativo da composição química e da atividade biológica dos óleos essenciais das folhas de *Eremanthus erythropappus* (DC) McLeisch. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 89, n. 2, p. 113-116, 2008.
- STUEPP, C. A. et al. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em Ervamate. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 1009-1022, 2016.
- TERTULIANO, M. F. e FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Distribution of fructose polymers in herbaceous species of Asteraceae from the cerrado. **New Phytologist**, v. 123, n. 4, p. 741-749, 1993.
- VACEK, S.; HEJCMANOVÁ, P.; HEJCMAN, M. Vegetative reproduction of *Picea abies* by artificial layering at the ecotone of the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mountains, Czech Republic. **Forest Ecology and Management**, v. 263, p. 199-207, 2012.
- VALLURU, R.; VAN DEN ENDE, W. Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects. **Journal of experimental botany**, v. 59, n. 11, p. 2905-2916, 2008.
- VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CARVALHO, D. Biologia reprodutiva de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (Asteraceae). In: CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2., 2009, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: [s. n.], 2009. 1 ONLINE. Disponível em: <http://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/2009017210f653196025a670e008612a/BIOLOGIA_REPRODU_TIVA_DE_Eremanthus_erythropappus_DC_MacLeish.pdf> Acesso em: 30 nov. 2017.
- VIJN, I. e SMEEKENS, S. Fructan: more than a reserve carbohydrate?. **Plant Physiology**, American Society of Plant Physiologist, v. 120, n. 2, p. 351-359, 1999.
- VILA, R. et al. Composition and biological activity of the essential oil from leaves of *Plinia cerrocampanensis*, a new source of α -bisabolol. **Bioresource Technology**, New York, v. 101, n. 7, p. 2510-2514, 2010.
- VILHALVA, D. A. A. e APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Morpho-anatomy of the subterranean system of *Calea verticillata* (Klatt) Pruski and *Isostigma megapotamicum* (Spreng.) Sherff-Asteraceae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 1, p. 39-47, jan./mar. 2006a.
- VILHALVA, D. A. A. e APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Morfoanatomia da raiz tuberosa de *Vernonia oxylepis* Sch. Bip. in Mart. ex Baker-Asteraceae. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 591-598, 2006b.
- VILHALVA, D. A. A.; CORTELAZZO, A. L.; GOMES, S. M. Morfo-anatomia do xilopódio do geoarbusto *Galianthe grandifolia* el cabral (Rubiaceae) e a ocorrência incomum de coléteres subterrâneos. **Heringeriana**, v. 10, n. 1, p. 35-58, 2016.
- WENDLING, I. et al. Propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry – Part I: concepts, regulation and consequences of phase change. **New Forests**, v. 45, p. 449-471, mar., 2014a.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry – Part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 45, p. 473-486, mar., 2014b.

XAVIER, A. e SANTOS G. A. **Clonagem em espécies florestais nativas**. In: ROCHA, M. G. B. Melhoria de espécies arbóreas nativas. Belo Horizonte – MG, IEF, 2002.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Ed. UFV, Viçosa-MG, 2013.

XIONG, L. e ZHU, J. K. Regulation of abscisic acid biosynthesis. **Plant physiology**, v. 133, n. 1, p. 29-36, 2003.

YUSTE, M. M. et al. Activity of(-) α -bisabolol against *Leishmania infantum* promastigotes. **Phytomedicine**, v. 17, n. 3-4, p. 279-281, 2010.

APÊNDICE A – Tabela de matrizes selecionadas no campo para os teste de indução a brotação.

Tabela 1 – Altura, diâmetro, fenologia e coordenadas geográficas das matrizes de *Eremanthus erythropappus* selecionadas para indução à brotação, em campo.

| Matriz | H total (m) | DAP | Fenologia | Coordenadas geográficas (UTM) |
|--------|-------------|------|-----------|-------------------------------|
| E.e 1 | 8,5 | 35,3 | F | 461888.333, 7553288.633 |
| E.e 2 | 8 | 30,9 | F | 461907.843, 7553266.401 |
| E.e 3 | 7,2 | 25,5 | F | 461907.843, 7553266.401 |
| E.e 4 | 9 | 40,7 | F | 461886.845, 7553263.693 |
| E.e 5 | 7 | 27,1 | F | 461888.182, 7553247.673 |
| E.e 6 | 7,7 | 29,9 | F | 461906.997, 7553237.034 |
| E.e 7 | 5,5 | 28,5 | F | 461903.413, 7553239.532 |
| E.e 8 | 5 | 36,0 | F | 461939.484, 7553218.787 |
| E.e 9 | 6,3 | 39,3 | F | 461906.953, 7553221.311 |
| E.e 10 | 6,7 | 29,0 | F | 461901.811, 7553219.162 |
| E.e 11 | 4,8 | 36,8 | F | 461902.185, 7553215.796 |
| E.e 12 | 4,8 | 40,4 | F | 461895.768, 7553215.957 |
| E.e 13 | 8 | 33,8 | F | 461884.489, 7553211.081 |
| E.e 14 | 5,15 | 29,6 | F | 461889.226, 7553223.854 |
| E.e 15 | 7,4 | 24,2 | F | 461868.793, 7553204.744 |
| E.e 16 | 6,6 | 36,7 | F | 461846.731, 7553194.246 |
| E.e 17 | 5 | 22,2 | F | 461827.674, 7553197.842 |
| E.e 18 | 7 | 40,4 | F | 461816.812, 7553188.288 |
| E.e 19 | 5,5 | 29,0 | F | 461808.758, 7553180.150 |
| E.e 20 | 6,2 | 32,8 | F | 461798.372, 7553175.370 |
| E.e 21 | 5 | 30,6 | F | 461775.558, 7553176.871 |
| E.e 22 | 7,7 | 45,8 | F | 461746.898, 7553187.702 |
| E.e 23 | 7,15 | 35,0 | F | 461743.265, 7553201.401 |
| E.e 24 | 8 | 43,3 | F | 461747.056, 7553207.214 |
| E.e 25 | 8 | 30,9 | F | 461727.039, 7553215.790 |
| E.e 26 | 8,1 | 25,8 | F | 461731.992, 7553228.050 |

E.e: *Eremanthus erythropappus*; H: altura total; f: floração

Fonte: Do autor (2019).

APÊNDICE B – Tabela de dimensões dos galhos submetidos ao teste com brotação epicórmica.

Tabela 2 – Área e volume dos galhos submetidos à brotação epicórmica, calculado pela fórmula de Smalian, por indivíduo.

| Matriz | Área seção (m ²) | Galho 1 | Galho 2 | Galho 3 | Galho 4 | Galho 5 | Galho 6 | Volume (m ³) |
|----------------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|
| I ₁ | A ₁ | 0,0013 | 0,0040 | 0,0037 | 0,0019 | 0,0050 | 0,0064 | 0,00109 |
| | A ₂ | 0,0018 | 0,0051 | 0,0040 | 0,0035 | 0,0060 | 0,0058 | |
| I ₂ | A ₁ | 0,0017 | 0,0026 | 0,0021 | 0,0035 | 0,0032 | 0,0030 | 0,00153 |
| | A ₂ | 0,0027 | 0,0030 | 0,0021 | 0,0035 | 0,0035 | 0,0032 | |
| I ₃ | A ₁ | 0,0023 | 0,0018 | 0,0020 | 0,0017 | 0,0018 | 0,0022 | 0,00163 |
| | A ₂ | 0,0020 | 0,0028 | 0,0019 | 0,0017 | 0,0025 | 0,0016 | |
| I ₄ | A ₁ | 0,0010 | 0,0039 | 0,0028 | 0,0033 | 0,0022 | 0,0045 | 0,00083 |
| | A ₂ | 0,0013 | 0,0046 | 0,0028 | 0,0047 | 0,0037 | 0,0053 | |
| I ₅ | A ₁ | 0,0039 | 0,0043 | 0,0014 | 0,0031 | 0,0040 | 0,0013 | 0,00304 |
| | A ₂ | 0,0044 | 0,0076 | 0,0017 | 0,0034 | 0,0038 | 0,0013 | |

I: indivíduo arbóreo (matriz).

Fonte: Do autor (2019).

APÊNDICE C – Tabela de análise de variância dos parâmetros de brotação

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para o percentual de brotações e número de brotos de *Eremanthus erythropappus*, contabilizados ao longo do tempo (0, 30, 60, 90, 120, 157 e 189 dias após a indução) em função da origem das brotações (cepa e raiz).

| Percentual ⁽¹⁾ de matrizes com brotos | | |
|--|-----|--------------------|
| Causas da variação | GL | Quadrado médio |
| Tempo | 6 | 22,10** |
| Repetição | 175 | 0,78 ^{ns} |
| Parcela | 181 | - |
| Origem | 1 | 160,59** |
| Origem x Tempo | 6 | 22,10** |
| Resíduo | 175 | 0,78 |
| Subparcela | 363 | - |
| Média (%) | - | 18,68 |
| CVt (%) | - | 26,48 |
| Número ⁽²⁾ de brotos por matriz | | |
| Tempo | 6 | 32,59** |
| Repetição | 147 | 0,70 ^{ns} |
| Parcela | 153 | - |
| Origem | 1 | 236,62** |
| Origem x Tempo | 6 | 32,59** |
| Resíduo | 147 | 0,70 |
| Subparcela | 307 | - |
| Média (%) | - | 3,84 |
| CVt (%) | - | 26,89 |

** Valor significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade do teste F. GL: graus de liberdade. CVt (%): coeficiente de variação transformado. ⁽¹⁾ Dados transformados por $1/((\text{brot}+0,5)^2)$, onde brot = dado amostrado. ⁽²⁾ Dados transformados por $1/((\text{nb}+0,5)^2)$, onde nb = dado amostrado.

Fonte: Do autor (2019).

APÊNDICE D – Tabela de análise de variância dos parâmetros de crescimento

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para o diâmetro, altura e relação altura/diâmetro dos brotos de *Eremanthus erythropappus*, mensurados ao longo do tempo (0, 30, 60, 90, 120, 157, 189) em função da origem (cepa e raiz).

| Diâmetro ⁽¹⁾ dos brotos | | |
|--|------|----------------|
| Causa de variação | GL | Quadrado médio |
| Tempo | 6 | 635,50** |
| Repetição | 98 | 23,56** |
| Parcela | 104 | - |
| Origem | 1 | 1008,70** |
| Origem x tempo | 6 | 138,32** |
| Resíduo | 2271 | 0,44 |
| Subparcela | 2382 | - |
| Média ⁽²⁾ | - | 1,51 |
| CV _t (%) | - | 32,29 |
| Altura ⁽¹⁾ dos brotos | | |
| Tempo | 6 | 666,16** |
| Repetição | 98 | 24,62** |
| Parcela | 104 | - |
| Origem | 1 | 1058,09** |
| Origem x tempo | 6 | 145,25** |
| Resíduo | 2271 | 0,46 |
| Subparcela | 2382 | - |
| Média ⁽²⁾ | - | 6,71 |
| CV _t (%) | - | 33,68 |
| Relação altura/diâmetro ⁽¹⁾ | | |
| Tempo | 6 | 647,75** |
| Repetição | 98 | 23,77** |
| Parcela | 104 | - |
| Origem | 1 | 1007,18** |
| Origem x tempo | 6 | 139,82** |
| Resíduo | 2271 | 0,44 |
| Subparcela | 2382 | - |
| Média ⁽²⁾ | - | 2,10 |
| CV _t (%) | - | 32,14 |

** Valor significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F. GL: graus de liberdade. CV_t (%): coeficiente de variação transformado. ⁽¹⁾ Dados transformados por $1/((x+0,5)^2)$, onde x = variável amostrada. ⁽²⁾ Média real.

Fonte: Do autor (2019).

APÊNDICE E – Tabelas de brotação das matrizes e crescimento dos brotos

Tabela 5 – Média da altura e do diâmetro das brotações entre as matrizes de *Eremanthus erythropappus* com as maiores e menores ocorrências registradas desde os 90 dias após a indução.

| Matriz com NB emitidos a partir dos 90DAI | Matriz | Σ NB (189 DAI) | Média H (cm) | Média DB (mm) |
|---|--------------|----------------|------------------|----------------|
| 3< ocorrências | (4) (7) (15) | 16 | 21,54 (+/-9,77) | 3,44 (+/-1,49) |
| 3> ocorrências | (6) (8) (16) | 208 | 24,24 (+/-11,96) | 3,73 (+/-1,67) |

Σ NB: somatória do número de brotos das matrizes; DAI: dias após a indução. H: altura. DB: diâmetro de base. Entre parênteses o valor do desvio padrão.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 6 – Percentual de matrizes de *Eremanthus erythropappus* brotadas, número de brotos contabilizados, média e mediana da altura e do diâmetro dos brotos, por intervalo de avaliação.

| DAI | (%) Matrizes brotadas | NB | Média H (cm) | Me H (cm) | Média DB (mm) | Me DB (mm) |
|-----|-----------------------|-----|--------------------|-----------|--------------------|------------|
| 90 | 42,3 | 114 | 3,70 (+/-2,26) | 3,0 | 2,01 (+/-0,51) | 1,9 |
| 120 | 69,2 | 318 | 7,12 (+/-4,19) | 6,0 | 2,55 (+/- 0,93) | 2,4 |
| 157 | 73,1 | 355 | 13,98 (+/-8,03) | 12,0 | 3,30 (+/-1,31) | 3,1 |
| 189 | 76,9 | 396 | 21,09 (+/-12,6) | 19,0 | 3,52 (+/-1,65) | 3,2 |

DAI: dias após a indução; NB: número de brotos; Me: mediana; H: altura; DB: diâmetro de base; Desvio padrão entre parênteses.

Fonte: Do autor (2019).

APÊNDICE F – Tabela de sobrevivência das estacas

Tabela 7 – Percentual médio de sobrevivência das estacas de *Eremanthus erythropappus* na saída da casa de vegetação, em função da matriz.

| Matriz | Dose de AIB (g. L ⁻¹) | | Média |
|--------|-----------------------------------|-------------|----------------------------|
| | 0 | 4 | |
| 2 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^C |
| 3 | 25,00±25,00 | 25,00±25,00 | 25,00±16,36 ^{ABC} |
| 4 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^C |
| 6 | 45,83±10,38 | 20,83±8,46 | 33,33±6,87 ^{ABC} |
| 7 | 25,00±25,00 | 0,00±0,00 | 14,28±14,28 ^{ABC} |
| 8 | 34,78±10,15 | 13,63±7,48 | 24,44±6,47 ^{ABC} |
| 9 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^C |
| 10 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^C |
| 14 | 0,00±0,00 | 50,00±50,00 | 25,00±25,00 ^{ABC} |
| 15 | 0,00±0,00 | 66,66±33,33 | 40,00±24,49 ^A |
| 16 | 2,00±2,00 | 2,04±2,04 | 2,02±1,42 ^{BC} |
| 18 | 50,00±28,86 | 25,00±25,00 | 37,50±18,29 ^{AB} |
| 19 | 7,14±7,14 | 7,14±7,14 | 7,14±4,95 ^{ABC} |
| 20 | 6,25±6,25 | 12,50±8,53 | 9,37±5,23 ^{ABC} |
| 21 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^C |
| 22 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^C |
| 23 | 0,00±0,00 | 50,00±50,00 | 25,00±25,00 ^{ABC} |
| 24 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^C |
| 26 | 25,00±25,00 | 0,00±0,00 | 12,50±12,50 ^{ABC} |
| Média | 14,75±2,62 | 9,78±2,19 | 12,26 |

Nas colunas valores médios seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: Média± erro padrão.

Fonte: Do autor (2019).

APÊNDICE G – Tabela de enraizamento das estacas

Tabela 8 – Percentual médio de enraizamento das estacas de *Eremanthus erythropappus* na saída da casa de sombra, em função da matriz.

| Matriz | Dose de AIB (g.L ⁻¹) | | Média |
|--------|----------------------------------|-------------|----------------------------|
| | 0 | 4 | |
| 2 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 3 | 25,00±25,00 | 25,00±25,00 | 25,00±16,36 ^{A B} |
| 4 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 6 | 33,33±9,82 | 20,83±8,46 | 27,08±6,48 ^{A B} |
| 7 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 8 | 17,39±8,08 | 9,09±6,27 | 13,33±5,12 ^{A B} |
| 9 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 10 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 14 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 15 | 0,00±0,00 | 66,66±33,33 | 40,00±24,49 ^A |
| 16 | 2,00±2,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 18 | 25,00±25,00 | 25,00±25,00 | 25,00±16,36 ^{A B} |
| 19 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 20 | 0,00±0,00 | 12,50±8,53 | 6,25±4,34 ^B |
| 21 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 22 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 23 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 24 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 ^B |
| 26 | 25,00±25,00 | 0,00±0,00 | 12,50±12,50 ^{A B} |
| Média | 8,74±2,09 | 7,06±1,89 | 7,90 |

Nas colunas valores médios seguidos por letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: Média± erro padrão.

Fonte: Do autor (2019).