

BRUNO NASCIMENTO

RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Ilex paraguariensis* St. Hil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Marcio Carlos Navroski

LAGES, SC

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Nascimento, Bruno
RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Ilex*
paraguariensis St. Hil. / Bruno Nascimento. - Lages
, 2018.
102 p.

Orientador: Marcio Carlos Navroski
Co-orientadora: Luciana Magda de Oliveira
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2018.

1. Revigoração vegetativo. 2. Anelamento
completo. 3. Estaquia. 4. AIB. I. Navroski, Marcio
Carlos. II. de Oliveira, Luciana Magda. , .III.
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal. IV. Título.

BRUNO NASCIMENTO

RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Ilex paraguariensis* St. Hil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Banca examinadora

Orientador:

Dr. Marcio Carlos Navroski
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:

Dr. Enéas Ricardo Konzen
Universidade do Estado de Santa Catarina

Dr. Ivar Wendling
Embrapa Florestas

Lages, 28 de fevereiro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Tenho muito a agradecer ao meu orientador, o professor Marcio Navroski, mais conhecido como “Psor” ou também como “Navro”, pela paciência em me nortear com a dissertação, principalmente na avaliação estatística dos experimentos, sempre estando disponível a qualquer momento.

Aos meus “amigos orientadores”, Mariane e Enéas, os quais sempre me ajudaram em assuntos não tão específicos, desde “Bruno, você tem que melhorar essa escrita rapaz!”, ou “onde mesmo que fica a pasta ‘users’ no computador?”, ou “Bruno, não precisa colocar crase em tudo!”. Agradeço muito pelas críticas construtivas e por toda ajuda, vocês têm grande participação neste trabalho, tão quanto no meu aprendizado.

Para a mulher que me aturou firmemente neste último semestre, suportou todas as minhas manhas, brabezas e brincadeiras sem graça. Aqui, minha sogra é minha segunda mãe, porque, além de me dar forças em todos os momentos difíceis, possui ainda a paciência de mãe, e possui muita mesmo!

Para o meu amor, eu agradeço por toda a paciência e ajuda em todos os momentos. Alexandra, não fosse por você, se não estivesse ao meu lado sempre, com toda certeza não haveria dissertação a ser apresentada. Você me acompanhou em todos os momentos, desde as idas para Urupema, para o viveiro coletar dados, para os congressos “chatos”, me ajudou até a encontrar aqueles trabalhos que falavam do mesmo assunto que o meu. Só você sabe o quanto que trabalhei para conseguir chegar até aqui, e é por isso que, por toda essa parceria, por sempre estar me ajudando em tudo, que você é tão importante para mim.

Em especial, agradeço ao homem que foi sempre o meu maior incentivador a estudar, a sempre continuar me aperfeiçoando, pois, como ele sempre dizia “estuda Bruno, porque isso ninguém tira de você!”. Ao “seu” Oswaldo Schmidt, famoso “Schmidtão”, sempre foi muito bem-humorado, foi pessoa mais humilde que já conheci em toda a minha vida, sempre preocupado com os detalhes de tudo sobre tudo. Meu avô, hoje não posso lhe contar pessoalmente como foi o término desta etapa em minha vida, mas sei que não preciso. Eu sei que você está aí de cima nos acompanhando, vendo com detalhe tudo o que fazemos e pensamos, você tem lugar privilegiado ai de cima! Este trabalho é seu, “seu” Schmidt!

RESUMO

A erva-mate é uma espécie nativa que possui forte vínculo econômico e cultural com o Brasil, principalmente na região Sul. Para garantia de sua produção, é necessária a constante manutenção dos ervaais que, por vezes, é realizada pela inserção, substituição de plantas matrizes ou estabelecimento de novos plantios. Problemas na germinação de sementes e a decorrente elevada heterogeneidade provinda da reprodução sexuada dificultam o estabelecimento de áreas produtivas superiores. A possível solução estaria no uso da propagação vegetativa. Para isto, é necessário determinar as melhores técnicas de sua realização, estabelecendo um protocolo de enraizamento para a espécie. Neste trabalho foram realizados três experimentos específicos: Influência da adubação da planta matriz na propagação vegetativa; Respostas de diferentes técnicas de indução de brotações epicórmicas e resgate de material vegetal, e; Enraizamento de estacas de diferentes genótipos, ambientes e com aplicação de AIB. A adubação de matrizes com N (250 g) e NPK (500 g) favoreceu tanto a sua brotação (63,0% e 59,3%) quanto o enraizamento de suas estacas (63,3% e 45,2%). O semianelamento promove brotações de maior comprimento (5,3 cm) em comparação ao anelamento completo (1,3 cm). Árvores aneladas a 90 cm possuem maior percentagem de brotação (53,3%) em relação a 30 cm (26,7%) e 60 cm (20,0%). Embora numerosas (4,7), brotações provenientes de galhos vivos destacados não atingiram tamanho suficiente (0,6 cm) para estaquia. Estacas de brotações epicórmicas apresentam maior número de raízes (2,3) em relação aos da copa (0,8). Há diferença significativa no enraizamento de estacas de acordo com o genótipo da planta matriz e ambiente de enraizamento (de 0 até 45,8%). Não foram obtidos resultados conclusivos quanto ao uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate. Recomenda-se o uso de 250 g de N na forma de ureia ou 500 g de NPK (5-20-10) para promover a brotação epicórmica por anelamento completo e na propagação vegetativa por estaquia. Para revigoramento e resgate, o uso da técnica de semianelamento (50%) é a mais recomendada por produzir brotações maiores. A seleção correta de genótipos adaptados é fator determinante para o sucesso da propagação vegetativa por estaquia de erva-mate.

Palavras-chave: Revigoramento vegetativo; anelamento completo; estaquia; AIB.

ABSTRACT

The yerba mate is a native species with a strong economic and cultural link with the Brazil, mainly in the South. To guarantee its production, it is necessary the constant maintenance of the mate plantation, which is sometimes carried out by the insertion, replacement of plants matrices or establishment of new plantations. Problems in seed germination and the resulting high genetic variability from sexual reproduction hinder the establishment of higher productive areas. The possible solution would be the use of vegetative propagation. For this, it is necessary to determine the best techniques of its accomplishment, establishing a protocol of rooting for the species. In this work, three specific experiments were carried out: Influence of the fertilization of the mother plant on vegetative propagation; Responses of different techniques of reinvigorated and rescue of vegetal material, and; Rooting of cuttings from different genotypes, environments and with application of IBA. The fertilization of plants with N (250 g) and NPK (500 g) favored both sprouting (63.0% and 59.3%) and rooting of their cuttings (63.3% and 45.2%). The semi-girdling promotes sprouts of longer length (5.3 cm) compared to complete girdling (1.3 cm). Trees ringed at 90 cm had a higher sprouting percentage (53.3%) than 30 cm (26.7%) and 60 cm (20.0%). Although numerous (4.7), sprouts from pruned branches did not reach sufficient size (0.6 cm) for cuttings. Reinvigorated cuttings have a higher number of roots (2,3) than the material of the year (0.8). There is significant difference in rooting of cuttings according to the genotype of the matrix plant and rooting environment (from 0 up to 45.8%). No conclusive results were obtained regarding the use of IBA in the rooting of cuttings of yerba mate. It is recommended to use 250 g of N in the form of urea or 500 g of NPK (5-20-10) to promote epicormic sprouting by complete girdling and vegetative propagation by cutting. For revitalization and rescue, the use of the semi-girdling technique (50%) is most recommended for producing larger shoots. The selection of superior genotypes is a determinant factor for the success of vegetative propagation by cuttings.

Keywords: Vegetative revitalization; complete annealing; cutting; IBA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação média (mm) no município de Urupema, Santa Catarina, no decorrer de um ano	41
Figura 2. Médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) e precipitação média (mm) no município de Urupema, Santa Catarina, para os períodos de agosto de 2016 a junho de 2017	41
Figura 3. Exemplos de plantas de erva-mate (a, b e c) selecionadas à campo e identificadas com diferentes cores de fitas para fácil distinção à campo no município de Urupema	43
Figura 4. Anelamento completo do caule de matrizes de erva-mate adubadas em Urupema	44
Figura 5. Exemplificação do processo estaquia desde a coleta de material (a) ao seccionamento dos brotos (b) em estacas (c) , usando-se de toda a porção da brotação	45
Figura 6. Dados de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) durante os meses de decorrência do experimento de estaquia, no viveiro da UDESC, em Lages	46
Figura 7. Matrizes aneladas de erva-mate com brotações pequenas (a) e grandes (b e c), na última avaliação, em Urupema	48
Figura 8. Número médio e total de estacas seccionadas provenientes de brotações de plantas matrizes de erva-mate adubadas	50
Figura 9. Estacas de erva-mate com somente calos (a), início de enraizamento (b), raízes mais desenvolvidas (c) e com raízes e brotação (d)	51
Figura 10. Detalhe da aplicação do anelamento completo (a), semianelamento (b), logo após a coleta de galhos vivos e o selamento de suas extremidades (c) e seu acondicionamento em estufim (d)	65
Figura 11. Dados de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) durante os meses de decorrência do experimento de brotação de galhos vivos, no viveiro da UDESC, em Lages	66
Figura 12. Detalhes do início da brotação epicórmica de galhos vivos, acondicionados em estufim no viveiro da UDESC, em Lages	70
Figura 13. Curva da média de brotação de galhos de erva-mate de acordo com os dias de avaliação	71
Figura 14. Brotação de galhos vivos podados de erva-mate de acordo com o início	

das avaliações (a – 60 dias), durante as avaliações intermediárias (b – 150 dias; c – 240 dias) e na avaliação final (d – 300 dias)	71
Figura 15. As seis plantas matrizes (genótipos) em que houve coleta de brotações do ano, em Urupema	87
Figura 16. Médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) e precipitação média (mm) no município de Lages, Santa Catarina, no decorrer de um ano	88
Figura 17. Médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) e precipitação média (mm) no município de Otacílio Costa, Santa Catarina, no decorrer de um ano	88
Figura 18. Dados semanais de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) do experimento de estaquia de acordo com o genótipo, para o estufim e CVNI	89
Figura 19. Dados de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) durante os meses de decorrência do experimento de estaquia com uso de AIB, no viveiro da UDESC, em Lages	90
Figura 20. Médias de novas brotações (%) e número de folhas de acordo com a estaquia de diferentes genótipos de erva-mate	93
Figura 21. Sobrevivência (%), formação de calos (%), enraizamento (%), número médio de raízes formadas e seu comprimento médio (cm) de estacas de erva-mate durante o período de avaliação (50 a 130 dias)	94
Figura 22. Sobrevivência (%), formação de calos (%) e enraizamento (%) de estacas de erva-mate de acordo com as doses de AIB durante o período de avaliação (50 a 130 dias)	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades químicas do solo na área experimental de resgate vegetativo de erva-mate, em Urupema, Santa Catarina	42
Tabela 2. Circunferência média (cm) e diâmetro médio (cm) de matrizes de erva-mate aneladas de acordo com os tratamentos de adubação	42
Tabela 3. Árvores de erva-mate com brotações (%), número médio e comprimento médio de brotos (cm) de acordo com cada adubação em três períodos de avaliação.	49
Tabela 4. Sobrevivência (%), enraizamento (%), formação de calos (%), número médio de raízes e comprimento médio de raízes (cm) de estacas de erva-mate em relação aos diferentes tratamentos de adubação nas árvores matrizes	51
Tabela 5. Árvores e galhos de erva-mate com brotações (%), número médio e comprimento médio de brotos (cm) de acordo com três técnicas de resgate em três períodos de avaliação	69
Tabela 6. Árvores de erva-mate com brotações (%), número médio e comprimento médio de brotos (cm) de acordo com três alturas de anelamento completo (100%) em três períodos de avaliação	72
Tabela 7. Sobrevivência (%), enraizamento (%), formação de calos (%), número de raízes e comprimento médio de raízes (cm) de estacas de erva-mate em comparação entre material revigorado e do ano	73
Tabela 8. Sobrevivência (%), formação de calos (%), enraizamento (%), número médio de raízes e comprimento médio das três maiores raízes (cm) em estacas de erva-mate em função do ambiente de enraizamento	92

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 A ESPÉCIE <i>Ilex paraguariensis</i>	19
2.2 PROPAGAÇÃO SEXUADA	21
2.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA	22
2.3.1 Estaquia	23
2.3.2 Resgate de material vegetal	25
2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
3 CAPÍTULO I – ADUBAÇÃO NA INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS E ESTAQUI DE ERVA-MATE	38
3.1 RESUMO	38
3.2 ABSTRACT	38
3.3 INTRODUÇÃO	39
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.4.1 Características da área de estudo	40
3.4.2 Experimento de adubação de matrizes	42
3.4.3 Enraizamento de estacas obtidas do experimento de adubação	45
3.4.4 Análise estatística	47
3.5 RESULTADOS	47
3.5.1 Efeito da adubação na brotação de matrizes de erva-mate	47
3.5.2 Enraizamento de estacas obtidas do experimento de adubação	50
3.6 DISCUSSÃO	52
3.6.1 Efeito da adubação na brotação de matrizes de erva-mate	52
3.6.2 Enraizamento de estacas obtidas do experimento de adubação	55
3.7 CONCLUSÕES	57
3.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
4 CAPÍTULO II – TÉCNICAS DE INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS EM MATRIZES DE ERVA-MATE E SUA ESTAQUIA	61
4.1 RESUMO	61
4.2 ABSTRACT	61
4.3 INTRODUÇÃO	62
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	64
4.4.1 Características da área de estudo	64
4.4.2 Técnicas de indução de brotações epicórmicas	64

4.4.3 Diferentes alturas de anelamento para brotação epicórmica.....	67
4.4.4 Enraizamento de estacas obtidas de brotações epicórmicas e da copa....	67
4.4.5 Análise estatística	68
4.5 RESULTADOS.....	68
4.5.1 Técnicas de indução de brotações epicórmicas	68
4.5.2 Diferentes alturas de anelamento para brotação epicórmica.....	72
4.5.3 Enraizamento de estacas obtidas de brotações epicórmicas e da copa....	73
4.6 DISCUSSÃO	73
4.6.1 Técnicas de indução de brotações epicórmicas	73
4.6.2 Diferentes alturas de anelamento para brotação epicórmica.....	76
4.6.3 Enraizamento de estacas obtidas de brotações epicórmicas e da copa....	77
4.7 CONCLUSÕES	79
4.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
5 CAPÍTULO III – ESTAQUIA DE ERVA-MATE DE ACORDO COM O GENÓTIPO, AMBIENTE DE ENRAIZAMENTO E USO DE AIB.....	83
5.1 RESUMO	83
5.2 ABSTRACT	83
5.3 INTRODUÇÃO	84
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	86
5.4.1 Características da área de estudo	86
5.4.2 Estaquia de diferentes genótipos de erva-mate em dois ambientes de enraizamento	86
5.4.3 Uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate.....	89
5.4.4 Análise estatística	91
5.5 RESULTADOS.....	91
5.5.1 Estaquia de diferentes genótipos de erva-mate em dois ambientes de enraizamento	91
5.5.2 Uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate.....	94
5.6 DISCUSSÃO	96
5.6.1 Estaquia de diferentes genótipos de erva-mate em dois ambientes de enraizamento	96
5.6.2 Uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate.....	98
5.7 CONCLUSÕES	99
5.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100

1 INTRODUÇÃO GERAL

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) é uma espécie nativa da América do Sul e com grande presença no Brasil, principalmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (CARVALHO, 1994; 2003). Suas folhas são amplamente utilizadas na produção de fármacos e na indústria alimentícia, sendo comumente maceradas para produção do “mate” (LORENZI e MATOS, 2002), um chá amplamente consumido no país e no exterior. Isto faz com que possua elevada importância econômica, cultural e ambiental para os participantes de sua cadeia produtiva (WENDLING e BRONDANI, 2015), movimentando aproximadamente 400 milhões de reais em 2015 (IBGE, 2015).

Todavia, devido à intensa exploração dos ervais nativos, houve o surgimento de ervais a partir de sementes sem qualquer critério de seleção, levando à intensificação do amargor de suas folhas (CANSIAN et al., 2003). Assim, é necessário o resgate de ervais nativos de boa qualidade que se encontram por muitas vezes degradados e envelhecidos (BITENCOURT, 2009b), a fim de produzir mudas e novos ervais de alto padrão produtivo, boa qualidade genética e fisiológica (WENDLING e BRONDANI, 2015).

A produção de mudas de erva-mate é comumente realizada pela via seminal, devido ao maior domínio da tecnologia e ao baixo custo para sua produção (CARVALHO, 2003; WENDLING e BRONDANI, 2015). Porém, a reprodução sexuada eleva a heterogeneidade, diminuindo a qualidade da matéria-prima produzida (STURION, 1988; CUQUEL et al., 1994). Suas sementes são de difícil obtenção devido a sua heterogeneidade na maturação (ZANON, 1988), além de possuir dormência de caráter morfológico (embrionário) (CUQUEL, 1994; FOWLER e STURION, 2000) e físico (tegumentar) (MEDEIROS, 1998; FOWLER e STURION, 2000).

A produção de mudas de erva-mate pela via sexuada apresenta certas dificuldades, contribuindo para o aumento no custo e limitando a continuidade de programas de melhoramento genético (WENDLING e BRONDANI, 2015). Alternativamente, a propagação vegetativa tem sido considerada uma estratégia de grande interesse para multiplicação de espécies florestais nativas (MENEGUZZI, 2017), possibilitando o resgate de árvores matrizes que se encontram degradadas, tanto em ervais como em áreas nativas.

Utilizando-se da propagação vegetativa para produção de mudas, uma das técnicas comumente utilizadas é a estaquia (WENDLING e BRONDANI, 2015). A estaquia de erva-mate apresenta certas características que podem dificultar o seu enraizamento, como: o genótipo da planta matriz (WENDLING e DUTRA, 2010), variações nas condições climáticas (XAVIER et al., 2013), pela posição do propágulo na planta matriz e tamanho (BRONDANI et al., 2012; FERREIRA et al., 2012), pelo meio de enraizamento, aplicação de hormônios de crescimento e produtos químicos (DIAS et al., 2012; WENDLING et al., 2010; XAVIER et al., 2013), condição nutricional da planta matriz (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002; CUNHA et al., 2009a) e, fortemente, aos métodos de revigoramento de material adulto (WENDLING, 2004).

Diversos trabalhos com esta técnica foram realizados em erva-mate (WENDLING e SOUZA JÚNIOR., 2003; WENDLING et al., 2006; BITENCOURT et al., 2009a; BRONDANI et al., 2009), mostrando diferentes porcentagens de enraizamento, variando desde 0% até valores superiores a 80%, de acordo com genótipo, tipo de propágulo, uso de hormônios e idade ontogenética do material.

A técnica de estaquia da erva-mate tem se mostrado limitada para aplicação em escala comercial, por não haver um protocolo eficiente para seu enraizamento (WENDLING e BRONDANI, 2015). Os protocolos de enraizamento podem variar dentro de uma mesma espécie, em função da altitude, do ambiente, local da planta matriz e seu grau de maturação, do propágulo utilizado, ambiente de enraizamento, uso de reguladores de crescimento, além da própria adaptabilidade genética.

Embora a propagação vegetativa seja técnica eficiente no melhoramento vegetal, faltam ainda tecnologias que permitam sua aplicação com maior eficácia para a erva-mate nativa. Para tanto, este trabalho aborda questões já conhecidas, mas também, não comumente trabalhadas na propagação vegetativa da espécie. Os objetivos foram: i) determinar se há efeito positivo no uso de adubos nitrogenados na brotação epicórmica de plantas de erva-mate e se este é prolongado para a estaquia; ii) testar diferentes técnicas na produção de brotações epicórmicas de caráter juvenil em erva-mate, comparando também a estaquia entre material rejuvenescido e produzido no ano; iii) observar o enraizamento de estacas de erva-mate de acordo com o genótipo da planta matriz associado ao ambiente de enraizamento, e verificar a influência de diferentes concentrações de AIB na promoção de raízes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ESPÉCIE *Ilex paraguariensis*

A erva-mate, pertencente à família Aquifoliaceae, é uma espécie arbórea da América do Sul, podendo ser encontrada na Argentina, Paraguai e Brasil. No que tange à distribuição da espécie, o Brasil possui aproximadamente 80% de sua ocorrência. Está mais presente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, e em menor proporção nos estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo característica das Florestas Ombrófila Mista Montana e Estacional Semidecidual (CARVALHO, 1994, 2003; SAINT-HILAIRE, 1995; ESMELINDRO et al., 2002).

Sua distribuição geográfica abrange aproximadamente 540 mil km² no continente, em altitudes que variam de 500 a 1500 m, podendo ocorrer em pontos isolados. No Brasil, a espécie está distribuída em aproximadamente 450 mil km², correspondendo a 5% da área do país (OLIVEIRA e ROTA, 1985).

Pode atingir de 10 a 15 m de altura, possuindo tronco retilíneo com até 40 cm de diâmetro. Possui folhas alternadas, simples e geralmente estipuladas, sendo coriáceas, em diferentes níveis. Seu limbo é obovado com bordos irregulares serreados-crenados, chegando a 8 cm de comprimento por 4 cm de largura, enquanto seu pecíolo pode chegar a 1,5 cm (REITZ et al., 1979)

Por ser uma espécie dioica, e embora apresente inicialmente ambos os sexos, um acaba sendo abortivo, gerando indivíduos com flores pistiladas e outras com flores estaminadas (CATAPAN, 1998; CARVALHO, 2003), com uma proporção de aproximadamente sete indivíduos masculinos para cinco femininos (FERREIRA et al., 1983). O florescimento de erva-mate inicia-se em média aos cinco anos de idade, ocorrendo entre os meses de setembro a dezembro, tendo sua polinização do tipo entomófila (CARVALHO, 2003, 1994; LIEBSCH e MIKICH, 2009).

O início da maturação dos frutos está na mudança gradativa da sua coloração, passando de uma cor esverdeada para um violeta-escuro. Os frutos encontram-se maduros entre os meses de dezembro a abril (ZANON, 1988; CARVALHO, 1994). O fruto é o endocarpo onde está aderida internamente a semente, possuindo tegumento membranáceo de forma variável e coloração clara, sendo o embrião minúsculo e rudimentar (KUNIYOSHI, 1983). A dispersão de suas sementes é comumente realizada por pequenos pássaros, como sabiás (CARVALHO, 1994).

Tratando-se especificamente de suas sementes, estas possuem a dormência física, que impede a absorção de água devido ao tegumento rígido e lenhoso (MEDEIROS, 1998; FOWLER e STURION, 2000) e a dormência morfológica, causada pela não maturação do embrião mesmo após o fruto estar maduro, resultando em longos períodos de estratificação, podendo atingir meses de duração (CATAPAN, 1998; CUQUEL et al., 1994; FOWLER e STURION, 2000).

A erva-mate ocorre naturalmente em solos de baixa fertilidade, não tolerando solos excessivamente úmidos e pouco permeáveis. É uma espécie recomendada para arborização e jardinagem devido ao seu porte, também, para recuperação de ecossistemas degradados e restauração de mata ciliar (CARVALHO, 2003).

A utilização desta espécie iniciou antes do processo de colonização, sendo suas folhas consumidas na forma de chá pelos povos habitantes da América do Sul, principalmente os Guaranis (BURTNIK, 2006). Com o início da colonização do continente, houve o aprimoramento de tecnologias quanto à sua utilização, visando novos produtos, tendo as folhas como principal matéria-prima (BONDARIK et al., 2006). Atualmente, a cultivo desta espécie possui elevada importância econômica e cultural, especialmente na região Sul do Brasil (PASSINATO et al., 2003).

Os principais produtos de erva-mate consumidos passam por pouco processamento ou são utilizados na forma de extratos, como o chimarrão, chás e refrigerantes (CARVALHO, 2003). O “mate”, ou também conhecido como chimarrão, é um chá de grande vínculo cultural com o Rio Grande do Sul, sendo símbolo do estado (LORENZI e MATOS, 2002; BACKES e IRANG, 2002). Ainda, a espécie possui grande potencial para utilização na indústria farmacêutica, alimentícia, na construção civil e demais fins, como na produção de produtos de higiene, cosméticos, corantes, conservantes de alimento (MACCARI JUNIOR e MAZUCHOWSKI, 2000). Os resíduos de sua produção podem ser utilizados como painéis de aglomerado (GUIOTOKU et al., 2008), como cobertura morta (LOURENÇO et al., 2001) e até na produção de carvão vegetal (GONÇALVES et al., 2007).

Além disso, a erva-mate é importante para a permanência e fixação do homem na zona rural. A sua cultura, além de ser permanente, possui período de safra que ocorre no período de estagnação de outras culturas agrícolas, gerando assim trabalho e receita (LOURENÇO et al., 1997). A espécie se desenvolve juntamente com outras culturas, de maneira consorciada, em que a mão-de-obra responsável pela execução

das atividades relacionadas a ela é comumente do próprio produtor e seus familiares (VASCONCELLOS, 2012).

Possuindo forte vínculo com o extrativismo, a erva-mate não é normalmente considerada como fonte primária de renda por produtores, embora possua um dos melhores padrões tecnológicos entre os produtos florestais não madeireiros (BALZON et al., 2004). Em contrapartida, a produção de erva-mate no Brasil, em termos econômicos, movimentou aproximadamente 400 milhões de reais, produzindo aproximadamente 340 mil toneladas de matéria-prima. Em cinco anos, de 2010 a 2015, houve aumento superior a 330% em termos econômicos e 150% na produção de massa verde para comercialização (IBGE, 2016).

Embora a espécie apresente elevada importância econômica, diversos fatores podem levar a sua diminuição considerável de sua produtividade. Tais fatores consistem desde a competição por plantas invasoras, ataque de pragas, compactação do solo e esgotamento de seus nutrientes, podas malfeitas, sucessivas colheitas, adversidades climáticas, envelhecimento das plantas matrizes (MEDRADO et al., 2002), além da má seleção de sementes para produção de novas plantas (CANSIAN et al., 2003). No Brasil existem diversos ervais nestas condições, sendo recomendada desde a renovação das plantas matrizes pela poda de ramos ou até mesmo pela renovação total do erval, com inserção de novos indivíduos (MEDRADO, 2005). Para constituição de novos ervais, as plantas de erva-mate a serem inseridas devem ser selecionados de acordo com características desejáveis (WENDLING e BRONDANI, 2015).

Atualmente, não existem dados sobre a demanda de mudas para a cadeia produtiva de erva-mate, mas estima-se que a maioria das organizações Sul brasileiras produtoras estejam situadas próximas a estabelecimentos agropecuários e a ervateiras processadoras de matéria-prima (OLIVEIRA e WAQUIL, 2015). Por não produzirem as próprias mudas, os produtores por vezes recorrem a viveiros comerciais ou a outros produtores que possuam mudas de erva-mate (SCHUCHMANN, 2002).

2.2 PROPAGAÇÃO SEXUADA

A propagação sexuada objetiva a produção de mudas a partir do uso de sementes, em que determinadas características desejáveis da planta mãe sejam

herdadas (XAVIER et al., 2013). Além disto, é uma técnica comumente utilizada para a erva-mate por produtores devido à facilidade de produção e seu menor custo (CARVALHO, 2003; WENDLING, 2004; WENDLING e BRONDANI, 2015).

Todavia, existem certas desvantagens associadas a este tipo de propagação para erva-mate, que prejudicam o desenvolvimento tecnológico da espécie. Há baixa qualidade genética e fisiológica das sementes, seja pela escassez de matrizes com boa qualidade ou pelo baixo percentual de germinação (CUQUEL et al., 1994; STURION, 1988; MEDRADO et al., 2000). Pode-se citar a dormência morfológica (embrionária) como principal problema quanto a avaliação da qualidade de lotes de sementes e de suas mudas (WENDLING, 2004), sendo que, somente uma fração das sementes (entre 0,9% e 10%) apresentam embrião maduro após a colheita (CUQUEL et al., 1994; FOWLER e STURION, 2000).

Embora a propagação sexuada possa conferir maior amplitude adaptativa a determinados genótipos da nova geração, há a menor qualidade e uniformidade das mudas produzidas (XAVIER et al., 2013). Plantas de origem seminal podem produzir sementes com elevada heterogeneidade genética, além de dificuldades na superação das dormências e seu longo período de germinação (WENDLING e BRONDANI, 2015).

As plantas matrizes para a extração da erva-mate, de forma plantada ou natural, são comumente de origem seminal, dificultando o estabelecimento de padrões para o manejo da cultura e do processamento da matéria prima (WENDLING, 2004). Também, há a baixa disponibilidade de sementes de boa qualidade, levando em consideração a escassez de matrizes de boa qualidade ou pelo baixo percentual germinativo (MEDRADO et al., 2000).

2.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

Os problemas encontrados na propagação sexuada podem ser solucionados através da obtenção de mudas por meio da propagação vegetativa, utilizando indivíduos geneticamente superiores para determinadas características de interesse (WENDLING e BRONDANI, 2015). A principal vantagem da propagação vegetativa está na possibilidade de ganhos genéticos maiores do que a propagação sexuada e menor espaço de tempo (GRAÇA et al., 1990).

Porém, a necessidade de desenvolvimento de protocolos específicos para a propagação vegetativa de erva-mate ainda é grande, visando à melhoria na qualidade da propagação para formação de clones em função do melhoramento, visto que a variação de capacidade de propagação entre indivíduos é alta (PRAT KRIKUN et al., 1986; SAND, 1989; TAVARES et al., 1992). Para o melhoramento são selecionadas matrizes de erva-mate que possuam grande produção de massa verde e elevada resistência a pragas e doenças, porém, tais características são mais facilmente encontradas em indivíduos maduros, dificultando o resgate de material e sua propagação (COSTA et al., 2005; SANTIN et al., 2008b).

Assim, programas de melhoramento de erva-mate devem estar em sincronia com o desenvolvimento de protocolos de resgate e propagação vegetativa, específicos para cada clone selecionado (WENDLING e BRONDANI, 2015). Porém, não existem ainda protocolos eficientes desenvolvidos que possam ser aplicados comercialmente para a propagação vegetativa de erva-mate (WENDLING et al., 2005; WENDLING e BRONDANI, 2015).

2.3.1 Estaquia

A estaquia consiste na produção de mudas a partir de propágulos coletados de uma planta matriz, selecionada pelas suas características desejadas, como produtividade, qualidade da matéria-prima e adaptação ao ambiente (WENDLING e BRONDANI, 2015).

As vantagens desta técnica podem ser resumidas em (WENDLING, 2004; DIAS et al., 2012): elevado grau de homogeneização das plantas produzidas; transmissão direta das características da planta matriz; possibilidade de multiplicação de plantas híbridas, que tenham maior resistência a pragas e doenças, que possuam baixa capacidade de reprodução sexuada ou que possuam sementes muito caras, e; produção contínua de mudas durante todo o ano, de acordo com as condições estruturais e climáticas.

Todavia, o sucesso da estaquia é limitado a determinadas características, como: pela espécie utilizada ou clone (ELDRIDGE et al., 1994; THOMPSON, 1992; WENDLING e DUTRA, 2010); pelas condições climáticas e estações do ano, pelas condições fisiológicas da planta matriz (BRONDANI et al., 2012; XAVIER et al., 2013); pelo tipo de propágulo utilizado e hora de coleta, quanto ao seu tamanho, posição de

coleta e armazenamento (BRONDANI et al., 2012; FERREIRA et al., 2012; THOMPSON, 1992; PIRES et al., 2013); condição nutricional da planta matriz (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002; CUNHA et al., 2009b), e; dos métodos de revigoração de material adulto (WENDLING, 2004).

Sendo a estaquia uma das técnicas mais importantes para a propagação vegetativa, se tem como principal requisito para seu sucesso a formação de raízes adventícias. Porém, muitas espécies não apresentam boa capacidade de enraizamento (HARTMANN et al., 2011). Com erva-mate, os baixos índices de enraizamento comprometem o uso desta técnica em escala comercial (WENDLING e BRONDANI, 2015).

Reguladores de crescimento, como o ácido indolbutírico (AIB), têm por objetivo aumentar a concentração deste hormônio que estimula a divisão celular e o processo de indução do enraizamento (HARTMANN et al., 2011). O balanço existente entre auxinas e citocininas é o que determina a formação de brotações e de raízes em plantas, em que, o acúmulo do primeiro estimula a formação de raízes e do segundo as brotações (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Para a erva-mate, não há concentração recomendada de AIB capaz de promover o melhor enraizamento de estacas, sendo utilizadas concentrações elevadas, normalmente acima de 5.000 mg L⁻¹ para obtenção de resultados satisfatórios (WENDLING e BRONDANI, 2015). Diferentes concentrações de AIB foram observadas em trabalhos quanto ao enraizamento de estacas de erva-mate, variando de 5.000 mg L⁻¹ a 8.000 mg L⁻¹, com enraizamentos variando entre 17,5% a 63,6%, de acordo com a estação do ano, genótipo e maturidade da planta matriz (IRITANI e SOARES, 1981; GRAÇA et al., 1988; BRONDANI et al., 2009; SANTOS, 2011).

Além do uso de reguladores de crescimento, é importante levar em consideração para o sucesso da formação da muda a disponibilidade do local, seu custo de aquisição e a experiência do viveirista (SALVADOR et al., 2001; CORREIA et al., 2005). Para o ambiente inicial de enraizamento de estaquia de erva-mate, o sistema de nebulização se apresenta ser o mais adequado, pois mantém as folhas funcionais por maior tempo (WENDLING e BRONDANI, 2015). Embora trabalhos atuais não identifiquem diferenças significativas quanto ao enraizamento de estacas de erva-mate para ambientes mais controlados, com temperatura, umidade e irrigação, e menos controlados, com somente irrigação (BRONDANI et al., 2009).

A qualidade fisiológica e nutricional da planta matriz também influencia no sucesso da estaquia, sendo necessário uma boa concentração de carboidratos, substâncias nitrogenadas aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos, entre outras substâncias promotoras do enraizamento (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002; CUNHA et al., 2009a). O nitrogênio (N) é o nutriente mais demandado pelas plantas (SOUZA JÚNIOR e CARMELLO, 2008), sendo importante no enraizamento (CUNHA et al., 2009b), podendo o seu uso na planta matriz responder favoravelmente na regeneração das novas raízes (PICOLOTTO et al., 2015).

O grau de juvenilidade do propágulo utilizado também reflete no seu enraizamento. Estacas provenientes de material revigorado apresentam um maior índice de enraizamento, e o mesmo pode ocorrer ao utilizar plantas matrizes de erva-mate mais jovens (BITENCOURT, 2009b). Estacas de erva-mate com maior grau de juvenilidade sobrevivem por mais tempo no ambiente de enraizamento, formam menos calos e enraízam mais facilmente (BITENCOURT et al., 2009a).

2.3.2 Resgate de material vegetal

Podem haver dificuldades na propagação vegetativa de espécies arbóreas ao se utilizar material da copa (brotações apicais) e provenientes de plantas matrizes maduras, devido à baixa atividade fisiológica e menor divisão celular encontradas. Assim, é necessário aplicar determinadas técnicas que rejuvenesçam o material previamente a sua coleta, a fim de aumentar o sucesso de enraizamento (GRATTAPAGLIA e MACHADO, 1998). Uma das possíveis causas dos baixos índices de enraizamento de estacas de erva-mate está na utilização de propágulos de árvores adultas, sendo que as brotações que lhe deram origem possuem baixa juvenilidade. Portanto, a utilização de técnicas que produzam material jovem para a propagação vegetativa é de elevada importância (WENDLING e BRONDANI, 2015).

Em plantas lenhosas, há maior juvenilidade na sua região basal, e isto ocorre porque meristemas mais próximos a base acabam se formando em épocas mais próximas à germinação, assim, características associadas à juvenilidade de plântula são mantidas neste local (HACKETT, 1987; HARTMANN et al., 2011). Portanto, torna-se necessário para uma boa propagação assexuada, a aplicação de técnicas na região basal destas plantas que permitam a produção de brotações juvenis (MELO et al., 2012).

A aplicação de determinadas técnicas pode auxiliar na produção de brotações epicórmicas, podendo citar (ASSIS e TEIXEIRA, 1998): diferentes níveis de anelamento (podendo ser completo ou em outras proporções); injúrias causadas no caule ou nas raízes da planta; poda drástica ou decepa da árvore cortada.

2.3.2.1 Indução de brotações epicórmicas por técnicas de anelamento

A técnica de anelamento é eficiente para formação de brotações basais em plantas adultas de erva-mate, consistindo na retirada de um anel completo ou parcial de casca de galhos ou do caule, observando elevada capacidade de cicatrização da injúria aplicada (SANTIN et al., 2008b). A altura em que o anelamento é realizado pode afetar de forma direta a quantidade de brotações, sendo que para erva-mate constata-se que a brotação é proporcional ao aumento da altura do anelamento (STUEPP et al., 2016). Esta técnica pode ser utilizada para forçar a emissão de brotações próximas ao solo para esta espécie, permitindo um rebaixamento na altura das plantas, quando associada com a poda de recuperação (MEDRADO et al., 2002).

A aplicação da técnica de anelamento no caule de plantas tem o potencial de aumentar a concentração de auxina e carboidratos acima da região anelada, e citocinina abaixo (DANN et al., 1985; HARTMANN et al., 2011). Ocorrendo o desequilíbrio nas relações entre auxinas e citocininas, formam-se condições favoráveis à brotação de gemas dormentes (HARTMANN et al., 2011). As citocininas são hormônios vegetais que participam do processo de divisão celular, responsável por estimular o crescimento das plantas, promovendo o crescimento de gemas laterais e o desenvolvimento de brotações, sendo sintetizadas nas raízes e transportadas pelo xilema até as folhas (transporte acrópeto) (DAVIES, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2006).

Outra razão encontrada para a brotação após realizada esta técnica é o estresse à planta ocasionado por esta ação de remoção (SANTIN et al., 2008b), havendo a interrupção de transporte de metabólicos orgânicos e fotossintetizados das partes mais altas da planta (EPSTEIN e BLOOM, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004).

Mesmo devido à injúria ocasionada pela técnica de anelamento, não é comum o caso de mortalidade de plantas de erva-mate, que apresentam grande capacidade de cicatrização (SANTIN et al., 2008b). Dessa forma, esta técnica torna-se interessante para produção de brotações epicórmicas juvenis, pois, além da maior

qualidade do material vegetal produzido, a planta matriz é mantida viva e produtiva (WENDLING et al., 2013).

2.3.2.2 Indução de brotações epicórmicas a partir de galhos podados

Esta técnica baseia-se na coleta direta de galhos vivos das plantas matrizes, possuindo tamanho variável em diferentes posições da copa, sendo posteriormente acondicionados em casa de vegetação com irrigação por nebulização intermitente para indução de brotações (HARTMANN et al., 2011). As principais vantagens desta técnica estão na não necessidade de abate da árvore matriz, maior facilidade de transporte, qualidade de brotações produzidas superior, facilidade do manejo, preparo e coleta de brotos (WENDLING e BRONDANI, 2015).

É preciso ser criterioso para a obtenção de galhos em função de produção de brotos, uma vez que, dependendo de sua posição na árvore matriz, podem estar fisiologicamente maduros, comprometendo a juvenilidade do material (ALMEIDA et al., 2007). Assim, é importante a coleta de ramos e galhos mais baixos na planta matriz pois, há o mesmo princípio de diferenciação entre as concentrações de auxinas e citocininas, permitindo a brotação das gemas adormecidas (ALFENAS, 2004).

Há elevada qualidade nas brotações formadas por esta técnica, obtendo-se brotos em qualidade e quantidade para emprego da estaquia, sem necessidade inclusive da aplicação de promotores de enraizamento, permitindo uma estratégia alternativa para o resgate de matrizes adultas selecionadas (HARTMANN et al., 2011; WENDLING et al., 2013; WENDLING e BRONDANI, 2015).

2.3.2.3 Importância dos nutrientes na produção de brotações

A erva-mate é considerada tolerante a solos de baixa fertilidade e também à elevada acidez (CARVALHO, 2003), sendo estudado quanto a sua tolerância à presença de Al (BASTOS et al., 2008; REISSMANN et al., 1999) e ao Mn (REISSMANN e CARNEIRO, 2004). Há pouca informação na literatura que traga de forma pontual suas necessidades de micronutrientes e macronutrientes, especialmente em relação a produção de brotações (SANTIN et al., 2015).

Esta espécie possui forte relação com o N, em que na sua escassez pode haver diminuição significativa da produção de matéria seca pela planta, prejudicando significativamente seu crescimento (BELLOTTE e STURION, 1983; ZAMPIER, 2001). Adubações com somente N e K não exercem influência no desenvolvimento vegetativo da erva-mate, podendo inclusive ser prejudiciais (SANTIN et al., 2008a), porém, com a inserção do elemento P a formulação há resultados muito positivos (SANTIN et al., 2013). Além de ocorrer de forma natural em solos com deficiência de P, esta espécie é caracterizada como pouco exigente para este elemento (REISSMAN et al., 1983; RADOMSKI et al., 1992). Atualmente, foram poucos trabalhos realizados sobre a adubação de erva-mate com NPK, dificultando o entendimento entre as necessidades e produção de massa verde (SANTIN et al., 2015).

Quanto à relação entre hormônios e nutrientes, P e K influenciam na síntese hormonal, embora N demonstre ser o mais importante (HARTMANN et al., 2011). O N está ligado a síntese e transporte de citocininas, as quais são responsáveis por emitir novas brotações (TAIZ e ZEIGER, 2009; HARTMANN et al., 2011; KIBA et al., 2011). O seu uso aumenta a quantidade total de citocinina no xilema, raízes e parte aérea de vegetais (TAKEI et al., 2001), agindo como um sistema comunicador da presença e das quantidades de N, demonstrando haver comunicação entre raízes e parte aérea das plantas, a fim de dar o melhor uso para este elemento (SAKAKIBARA et al., 2006).

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Universidade Federal de Viçosa, 442 p. 2004
- ALMEIDA, F. D. et al. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Por estaquia. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.
- ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A., C.; CALDAS, L., S.; BUSO, J., A. (Ed.) **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Embrapa – SPI / Embrapa – CNPH, p. 261-296, 1998.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: guia de identificação & interesse ecológico: as principais espécies nativas sul-brasileiras**. Instituto Souza Cruz, p. 60-61, 2002.

BALZON, D. R. et al. Aspectos mercadológicos de produtos florestais não madeireiros - análise retrospectiva. **Revista Floresta**, v. 34, n. 3, p. 363-371, 2004.

BASTOS, M, C. et al. Alumínio: tóxico ou benéfico para araucária e erva-mate? In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 1.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., Londrina. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: anais**. Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR, UEL, 2008.

BELLOTTE, A. F. J.; STURION, J. A. Deficiências minerais em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.): resultados preliminares. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: **silvicultura da erva-mate, (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)**. EMBRAPA/CNPQ. p. 124-127. 10., 1983.

BITENCOUT, J. et al. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações revigoradas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009a.

BITENCOURT, J. Otimização do enraizamento de estacas de plantas adultas de erva-mate. **Tese** (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 162 p, 2009b.

BONDARIK, R. et al. A produção de erva-mate e o início da atividade industrial no estado do Paraná. In: **II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**. 2006.

BRONDANI, G. E. et al. Composições de substratos e ambiente de enraizamento na estaquia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Revista Floresta**, v. 39, n. 1, p. 41-49, 2009.

BRONDANI, G. E. et al. Low temperature, IBA concentration and optimal time for adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* mini-cuttings. **Journal of Forestry Research**, v. 23, n. 4, p. 583-592, 2012.

BURTNIK, O. J. **Yerba Mate: Manual de Producción**. INTA, AER Santo Tomé, 52 p. 2006.

CANSIAN, R. L. et al. Identificação de polinizadores na progênie da matriz de erva-mate Cambona-4, usando marcadores RAPD. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO

DA ERVA-MATE, Secção: Conservação, Melhoramento e Multiplicação. **Feira do Agronegócio da Erva-mate**, 1., 2003.

CARVALHO, P, E. R. Espécies arbóreas brasileiras (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras). Embrapa Informação Tecnológica. **Embrapa Florestas**, v.1, p. 457-466, 2003.

CARVALHO, P. E. R. *Ilex paraguariensis* Saint-Hilaire: erva-mate. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. EMBRAPA-CNPQ, EMBRAPA-SPI, p. 280-287. 1994.

CATAPAN, M. I. S. Influência da temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 109 p. 1998.

CORREIA, D. et al. Efeito de substratos na formação de portaenxertos de *Psidium guajava* L. CV. Ogawa em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 88-91, 2005.

COSTA, R. B. et al. Avaliação genética de indivíduos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) na região de Carapó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2005.

CUNHA, A. C. M. et al. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, p.607-615, 2009a.

CUNHA, A. C. M. et al. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 58:35-45. 2009b.

CUQUEL, F. L. et al. Avaliação de métodos de estratificação para a quebra de dormência de sementes de erva-mate. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 3, p. 415-421, 1994.

DANN, I. R. et al. Short term changes in cambial growth and endogenous IAA concentration relation to phloem girdling of peach, *Prunus persica* (L.) Batsch. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 12, p. 395-402, 1985.

DAVIES, P. J. **Plant Hormones: Physiology, biochemistry and molecular biology**. 2 ed. Kluwer Academic Publishers, 833p, 1995.

- DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.
- ELDRIDGE, K. et al. Eucalypt domestication and breeding. **Clrendon Press**, p. 228-246. 1994.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas**. Princípios e perspectivas, ed. 2. 403 p. 2004.
- ESMELINDRO, M. C. et al. Caracterização físico-química da erva mate: influência das etapas do processamento industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 199-204, 2002.
- FERREIRA, A. G. et al. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Brasil Florestal**, n. 53, p. 29-33, 1983.
- FERREIRA, D., A.; et al. Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 715-723, 2012.
- FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. **Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação da erva-mate**. EMBRAPA-CNPf, 5 p. 2000.
- GONÇALVES, M. et al. Produção de carvão a partir de resíduo de erva-mate para a remoção de contaminantes orgânicos de meio aquoso. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1386-1391, 2007.
- GRAÇA, M. E., C. et al. **Estaquia de erva-mate**. EMBRAPA-CNPf, 6 p. 1988.
- GRAÇA, M., E., C.; et al. Produção de mudas de erva-mate por estaquia. **Embrapa Florestas**, 20p. 1990.
- GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Embrapa-SPI/Embrapa-CNPH, v.1, p.43-76. 1998.
- GUIOTOKU, M. et al. Utilização de Palitos de Erva-Mate na Produção de Painéis de Aglomerado, Comunicado Técnico, 214. **Embrapa Florestas**, 6p, 2008.
- HACKETT, W. P. Juvenility and maturity. In: Cell and tissue culture in forestry. **Kuwer Academic Publishers**, p. 216-231, 1987.

HARTMANN, H. T. et al. **Hartmann and Kester's Plant propagation: principles and practices**. 8. ed, 915 p, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura de 2016**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2016> Acesso em: 24 de janeiro de 2018.

IRITANI, C.; SOARES, R. V. Ação de reguladores de crescimento em estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Revista Floresta**, v. 2, n. 12, p. 59-67. 1981.

KIBA, T. et al. Hormonal control of nitrogen acquisition: roles of auxin, abscisic acid, and cytokinin. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 4, p. 1399-1409, 2011.

KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com araucária. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 233 p. 1983.

LIEBSCH, D.; MIKICH, S. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 2, p. 375-391, 2009.

LÓPEZ-BUCIO, J. et al. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the *Arabidopsis* root system. **Plant Physiology**, v. 129, p. 244-256, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. 1 ed. Instituto Plantarum. 2002. p. 71-72.

LOURENÇO, R. S. et al. Avaliação de níveis de nitrogênio sobre a produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em Fernandes Pinheiro, PR, em Latossolo Vermelho escuro. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 34, p. 75-98, 1997.

LOURENÇO, R. S. et al. Influência da cobertura morta na produtividade da erva-mate. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.43, p.113-22, 2001.

MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, K. Z. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva e erva-mate**. Câmara Setorial Produtiva da Erva-Mate do Paraná, 160 p. 2000.

- MEDEIROS, A. C. S. **Dormência de sementes de erva-mate (*Ilex paraguayensis* St. Hil.)**. EMBRAPA-CNPQ, 24 p. 1998.
- MEDRADO, M. J. S. **Cultivo da Erva-Mate: Sistemas de Produção**, v. 1. 2005.
- MEDRADO, M. J. S. et al. Implantação de ervais. Embrapa Florestas, 26 p. 2000.
- MEDRADO, M. J. S. et al. Recuperação de ervais degradados. **Embrapa Florestas**, 6 p. 2002.
- MELO, L. A. et al. Methodology for stock plants rescue and cuttings rooting of *Eremanthus erythropappus*. **Revista Cerne**, v. 18, n. 4, 2012.
- MENEGUZZI, A. Resgate vegetativo e propagação in vitro de *Persea wilddenovii* Kosterm. **Dissertação** (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina. 83p. 2017.
- OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural da erva-mate. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE. EMBRAPA, **Centro Nacional de Pesquisa de Florestas**, p. 17-36. 1985.
- OLIVEIRA, S. V.; WAQUIL, P. D. Dinâmica de produção e comercialização da erva-mate no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 750-756, 2015.
- PASSINATO, R. Aspectos etnoentomológicos, socioeconômicos e ecológicos relacionados à cultura da erva-mate (*Ilex paraguayensis*) no município de Salto do Lontra, Paraná, Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 112 p. 2003.
- PICOLOTTO, L. et al. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 294-300, 2015.
- PIRES, P. P. et al. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia e de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 393-399, 2013.

PRAT KRIKUN, S. D. et al. **Yerba mate: informe sobre investigaciones realizadas, período 1984-1985**. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, 32 p. 1986.

RADOMSKI, M. I. et al. Avaliação dos teores de macro e micronutrientes em folhas jovens e velhas de erva-mate nativa. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, p. 453-456, 1992.

REISSMANN, C. B.; CARNEIRO, C. Crescimento e composição química da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), transcorrido oito anos de calagem. **Revista Floresta**, v. 34, n. 3, p. 281-386, 2004.

REISSMANN, C. B. et al. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) sobre cambisolos na região de Mandirituba – PR. **Revista Floresta**, v. 14, n. 2, p. 49-54, 1983.

REISSMAN, C. B. et al. Chemical composition of *Ilex paraguariensis* St. Hil. Under different management conditions in seven localities of Paraná State. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 2, p. 187-194, 1999.

REITZ, R. et al. **Madeiras do Brasil**. Lunardelli, 1979. 320p.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem pela comarca de Curitiba**. Tradução de Cassiana Lacerda Carollo. Fundação Cultural de Curitiba, 1995.

SAKAKIBARA, H. Cytokinins: activity, biosynthesis, and translocation. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 431-49, 2006.

SALVADOR, E. D. et al. Efeito de diferentes substratos no crescimento de samambaia-matogrossense (*Polypodium aureum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 1006-1111, 2001.

SAND, H. A. **Propagación agamica de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Misiones, 11 p. 1989.

SANSBERRO, P. et al. Plant regeneration of *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae) by in vitro culture of nodal segments. **Biocell**, v. 24, p. 53-63. 2000.

SANTIN, D. et al. Crescimento e nutrição de erva-mate influenciados pela adubação NPK. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 363-375, 2013.

SANTIN, D. et al. Nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento de mudas de erva-mate. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 59-66, 2008a.

SANTIN, D. et al. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para cultura da erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. EMBRAPA. 21 ed. 2015.

SANTIN, D. et al. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.97-104, 2008b.

SCHUCHMANN, C. E. Z. Ações para a formulação de um protocolo de rastreabilidade de erva-mate. **Dissertação** (Mestrado em Agronegócios) – Programa de Pós-graduação em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS. 94 p. 2002.

SOUZA JÚNIOR, J. O.; CARMELLO, Q. A. C. Formas de adubação e doses de ureia para mudas clonais de cacau cultivadas em substrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2367-2374. 2008.

STUEPP, C. A. et al. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepta em erva-mate. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 1009-1022, 2016.

STURION, J. A. **Produção de mudas e implantação de povoamentos com erva-mate**. EMBRAPA-CNPQ, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed, 2004. p.449-484.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Artmed, p. 622-624. 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., Publishers, 764p, 2006.

TAKEI, K. et al. Nitrogen-dependent accumulation of cytokinins in root and the translocation to leaf: implication of cytokinin species that induces gene expression of maize response regulator. **Plant and Cell Physiology**, v. 42, p. 85-93. 2001.

TAVARES, F. R. et al. Alguns fatores relacionados com a estaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7. 1992, Nova Prata. **Florestas: desenvolvimento e conservação: anais**. UFSM, v. 2, p. 626-640. 1992.

THOMPSON, D. G. Current state-of-the-art of rooting cuttings and a view to the future. In: SYMPOSIUM MASS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR GENETICALLY IMPROVED FAST GROWING FOREST TREE SPECIES, 1992, Bordeaux. Syntheses... Bordeaux: AFOCEL: IUFRO, p. 159-172. 1992.

VASCONCELLOS, F. C. F. Os impactos da criação do Mercosul no mercado de erva-mate no Rio Grande do Sul. **Monografia** (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS. 66f. 2012.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. EMBRAPA. 21 ed. 2015.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto. **Embrapa Florestas**, 184 p. 2010.

WENDLING, I. et al. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, n. 3, p. 343-353, 2010.

WENDLING, I. et al. Técnicas de produção de produção de mudas de plantas ornamentais. **Aprenda fácil**, v. 3, 223 p. 2005.

WENDLING, I. et al. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormics shoots. **Acta Scientiarum**, v.35, n.1, p.117-125, 2013.

WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. EMBRAPA. 21 ed. 2015.

WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. Embrapa Florestas-CNPQ, 2004. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3., 2003, Chapecó. **Anais**.

WENDLING, I. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras. **Embrapa Florestas**, 46 p. 2004.

WENDLING, I. et al. Estaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): efeito da planta matriz e da dioiccia. In: CONGRESSO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4.; REUNIÓN TÉCNICA DE LA YERBA MATE, 4., EXPOSICIÓN DE AGRONEGOCIOS DE LA YERBA MATE, 2., 2006, Posadas, Actas... Posadas: INTA, p. 156-160. 2006.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. UFV 2 ed. 279 p. 2013.

ZAMPIER, A. C. Avaliação dos níveis de nutrientes, cafeína e taninos após adubação mineral e orgânica, e sua relação com a produtividade na erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.). **Dissertação** (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 114p. 2001.

ZANON, A. **Produção de sementes de erva-mate**. Embrapa, ISSN 0101-1847, 1988.

3 CAPÍTULO I – ADUBAÇÃO NA INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS E ESTAQUI DE ERVA-MATE

3.1 RESUMO

Plantas com um bom fornecimento de nutrientes por parte do solo garantem um superior desenvolvimento da parte aérea e da sua raiz. O elemento N é o mais requerido neste sentido, favorecendo o desenvolvimento vegetativo em sua presença, e o impedindo em sua ausência. Objetivou-se neste trabalho avaliar a influência de diferentes adubações na brotação epicórmica de matrizes de erva-mate e o enraizamento de estacas de acordo com cada tratamento. Foram aplicados cinco tratamentos de adubação em matrizes de erva-mate previamente aneladas, em área experimental no município de Urupema, sendo: testemunha; 250 g de ureia (N); 250 g de NPK (5-20-10); 500 g de NPK, e; 250 g de NPK acrescentado de 30 g de micronutrientes à formulação. Foram realizadas três avaliações das árvores brotadas (%), número de brotos e comprimento médio de brotos (cm). Brotações foram coletadas aos 180 dias, de acordo com cada tratamento, sendo seccionadas em estacas. Para a estaquia, avaliou-se a sobrevivência (%), enraizamento (%), calogênese (%), número de raiz e comprimento médio de raiz (cm). O tratamento de N mostrou-se superior para maioria das variáveis de brotação (63%), mas não diferenciando dos tratamentos com 500 g (59,3%) e 250 g de NPK (40,7%). A mesma relação ocorreu para a estaquia. O enraizamento foi superior com N (63,3%) e 500 g de NPK (45,2%). Recomenda-se adubação de matrizes de erva-mate com 250 g de N ou 500 g de NPK para maior produção de brotos por anelamento completo e para aumentar o sucesso de enraizamento de suas estacas.

Palavras-chave: Resgate; anelamento completo; estaquia; enraizamento; ureia.

3.2 ABSTRACT

Plants with a good supply of nutrients by the soil guarantee a superior development of the aerial part and its root. The N element is the most required in this sense, favoring the vegetative development in its presence, and preventing it in its absence. The objective of this work was to evaluate the influence of nitrogen fertilizations on the epicormic sprouting of yerba mate mother trees and rooting of cuttings according to

each treatment. Five treatments of fertilization were applied in yerba mate mother trees, in the experimental area in the municipality of Urupema, being: witness; 250 g of urea (N); 250 g of NPK (5-20-10); 500 g of NPK, and; 250 g of NPK added 30 g of micronutrients to the formulation. Three evaluations were carried out about trees with sprouts (%), number of sprouts and sprouts average length (cm). Sprouts were collected 180 days later, according to each treatment, being sectioned in cuttings. For the cutting was evaluated survival (%), rooting (%), calogenesis (%), root number and roots average length (cm). The N treatment was superior for most budding variables (63%), but did not differentiate from 500 g (59.3%) and 250 g of NPK treatments (40.7%). The same relation happened to the cuttings. Rooting was superior with N (63.3%) and with 500 g of NPK (45.2%). It is recommended to fertilize yerba mate mother trees with 250 g of N or 500 g of NPK for greater shoot production by complete annealing and to increase the success of rooting of their cuttings.

Keywords: Rescue; complete girdling; cuttings; rooting; urea.

3.3 INTRODUÇÃO

Presente na América do Sul, e de maneira significativa nos estados do Sul do Brasil (ESMELINDRO et al., 2002), a erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) possui grande importância econômica nesta região, com amplo potencial de utilização, desde a indústria farmacêutica ao consumo na forma de chás (DARTORA et al., 2013). Em 2016, a produção de folhas de erva-mate movimentou aproximadamente 400 milhões de reais, considerando ambos mercados interno e externo (IBGE, 2016).

A fim de atender as perspectivas de mercado, é preciso garantir a sua contínua produtividade, o que pode requerer um maior controle sobre a nutrição da planta, embora ainda não estejam bem descritas as suas necessidades (SANTIN et al., 2015). O elemento N apresenta ser o mais importante para o crescimento vegetativo de erva-mate, para formação de brotações, folhas e raízes (GAIAD et al., 2006). A escassez deste elemento pode prejudicar diretamente a formação de hormônios reguladores de crescimento, comprometendo seu desenvolvimento vegetativo (KIBA et al., 2011; KOJIMA et al., 2009).

Ao se proporcionar um elevado aumento na nutrição da planta com N, há a maior formação de citocininas na planta (KOJIMA et al., 2009), que são responsáveis

por estimular o desenvolvimento de gemas laterais, novas brotações e folhas (FUKAKI e TASAKA, 2009; TAIZ e ZEIGER, 2009). Injúrias ocasionadas ao caule de plantas lenhosas de forma proposital, como técnicas de anelamento, promovem um acúmulo de citocinina abaixo da área afetada, podendo aumentar a sua brotação de maneira significativa (HARTMANN et al., 2011).

Alternativamente, a presença elevada de N para nutrição de plantas diminui a quantidade total de auxina na planta (KOJIMA et al., 2009). Esta classe de hormônio é responsável pela indução radicular, capaz de favorecer a diferenciação celular e promover novas raízes (FUKAKI e TASAKA, 2009). O processo de estaquia, na permanência da parte aérea, promove um desbalanço hormonal entre auxinas e citocininas, havendo acúmulo do primeiro na estaca, estimulando a formação de raízes a partir da injúria ocasionada na parte basal da estaca (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Além das características nutricionais da planta matriz, a aptidão à propagação vegetativa de espécies lenhosas está associada ao seu grau de maturação, ou seja, a sua idade ontogenética. Pode-se dizer que idade ontogenética é inversamente proporcional à altura da planta, em que, gemas mais próximas da sua base tendem a possuir maior vigor vegetativo (HARTMANN et al., 2011). As técnicas de anelamento mostram-se eficientes para a indução de brotações juvenis na base de plantas de erva-mate adultas decrépitas (SANTIN et al., 2008b).

Visto a possibilidade de se obter brotações mais vigorosas para a estaquia, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre diferentes adubações e a brotação epicórmica em erva-mate pela técnica de anelamento completo, e também, observar o enraizamento de suas estacas.

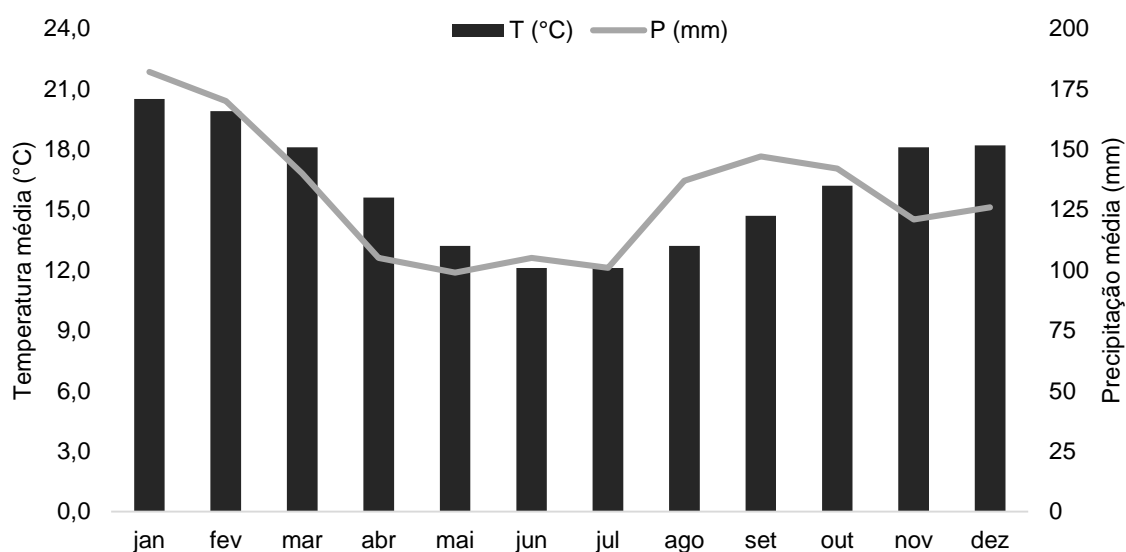
3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Características da área de estudo

O experimento a campo foi conduzido em área experimental no município de Urupema, em Santa Catarina. A área de estudo está situada a aproximadamente 1.400 metros do nível do mar, nas coordenadas 28°17'38"S; 49°55'54"W.

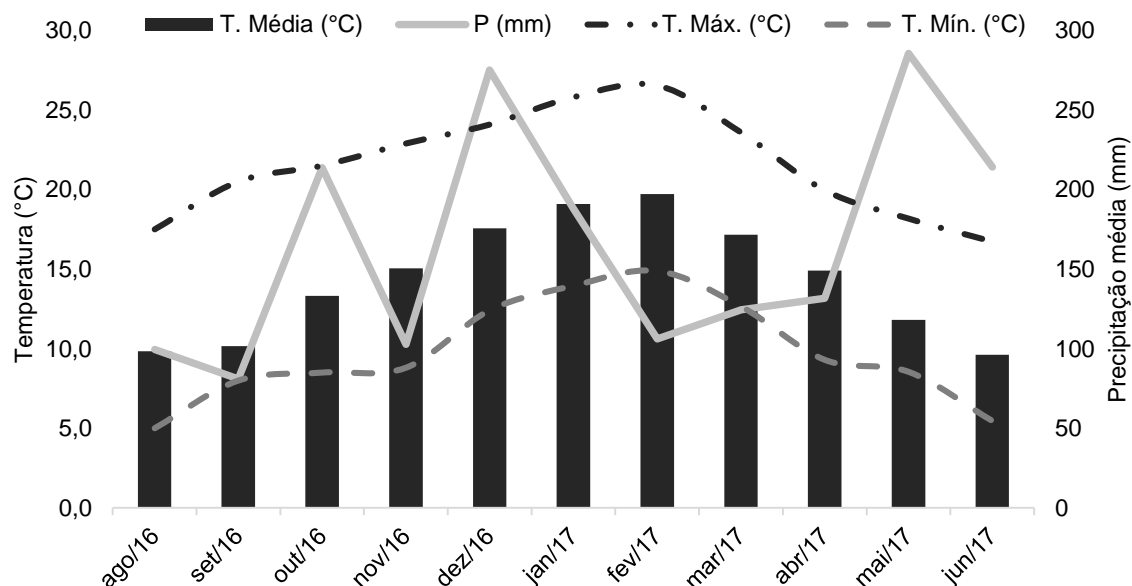
Esta região possui clima temperado úmido (*Cfb*), com precipitação média anual em torno de 1.650 mm (Figuras 1 e 2). Sendo característica da região, pode haver neve e temperaturas mínimas de até -14 °C (EMBRAPA, 1998).

Figura 1. Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação média (mm) no município de Urupema, Santa Catarina, no decorrer de um ano.



Fonte: climate-data.org.

Figura 2. Médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) e precipitação média (mm) no município de Urupema, Santa Catarina, para os períodos de agosto de 2016 a junho de 2017.



Fonte: Adaptado pelo autor, Epagri Ciram, 2017.

A região pertence a Floresta Ombrófila Mista Altomontana, sendo caracterizada pela presença da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, formando

agrupamentos em associação com outras espécies. O relevo é composto por Planalto de Lages, Planícies Fluviais e Serra Geral, com solos do tipo Cambissolo Álico, Litólico Álico, Litólico Distrófico e Terra Bruna Estruturada (MARTINS-RAMOS et al., 2011).

As características químicas do solo (Tabela 1) foram determinadas a partir de análise química, no laboratório de análise do solo da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) de Lages. Para tanto, três amostras de aproximadamente 20 cm de profundidade foram coletadas em diferentes pontos, produzindo uma média para a área experimental.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo na área experimental de resgate vegetativo de erva-mate, em Urupema, Santa Catarina.

pH	MO	Arg.	CTC pH 7,0	Al	H + Al	Ca + Mg	Ca	K	P	Fe	Mn	Cu	Zn
H ₂ O (1:1)	-- %	--	-----	cmol _c	dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	-----
4,3	11,6	8	49,6	6,3	48,6	2	0,2	138	12	154	0	0	1,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.4.2 Experimento de adubação de matrizes

As matrizes nativas de erva-mate se encontravam dispersas no local do experimento e com idade média entre 15 e 20 anos e diâmetro médio de 7,4 cm. A seleção de plantas para o experimento foi com base na qualidade fitossanitária e em características vegetativas, como quantidade de brotos, folhas e similaridade de diâmetros (Tabela 2).

Tabela 2. Circunferência média (cm) e diâmetro médio (cm) de matrizes de erva-mate aneladas de acordo com os tratamentos de adubação.

Tratamentos	Circunferência média (cm)	Diâmetro médio (cm)
Testemunha	24,4	7,8
250 g N	24,6	7,8
250 g NPK	21,9	7,0
500 g NPK	23,4	7,5
250 g NPK + 30 g micro	22,3	7,1
Médias	23,3	7,4

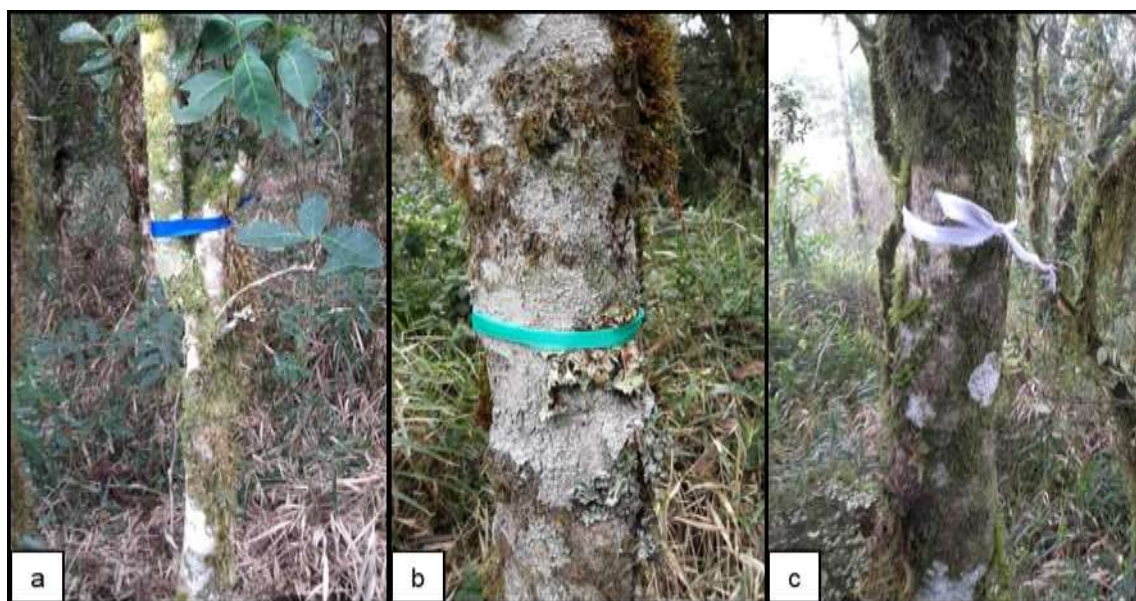
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Previamente à aplicação dos tratamentos, foi feita limpeza em torno das plantas selecionadas, realizando coroamento com 1 m de raio, retirando com o auxílio de enxadadas a vegetação espontânea presente e deixando à mostra a superfície do solo. A adubação foi realizada se espalhando e incorporando o fertilizante de maneira superficial no solo onde houve o prévio coroamento.

Os cinco tratamentos de adubação consistiram em: Testemunha (sem adubo); 250 g de nitrogênio na forma de ureia (45% N; 112,5 g de N); 250 g de NPK (5-20-10; 12,5 g de N; 50 g de P_2O_5 ; 25 g de K_2O); 500 g de NPK (5-20-10; 25 g de N; 100 g de P_2O_5 ; 50 g de K_2O), e; 250 g de NPK (5-20-10; 12,5 g de N; 50 g de P_2O_5 ; 25 g de K_2O) acrescentando 30 g de micronutrientes (Fetrilon®) à formulação. Quanto aos micronutrientes, para cada 30 g este apresentava: 4,0% de Mn (1,2 g), 4,0% de Fe (1,2 g), 1,5% de Cu (0,45 g), 1,5% de Zn (0,45 g), 0,5% de B (0,15 g), 0,1% de Mo (0,03 g), 1,9% de Mg (0,57 g) e 3,0% de S (0,9 g).

As plantas matrizes de erva-mate que passaram pela prévia limpeza e adubadas foram demarcadas com fitas de diferentes cores para cada tratamento, a fim de facilitar sua percepção à campo e agilizar nas avaliações a serem realizadas (Figura 3).

Figura 3. Exemplos de plantas de erva-mate (a, b e c) selecionadas à campo e identificadas com diferentes cores de fitas para fácil distinção à campo no município de Urupema.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O anelamento completo (100%) dos troncos das matrizes selecionadas foi realizado a uma altura de 20 cm do solo com um facão. Um anel com largura de 5 cm foi seccionado e retirado, sendo removida apenas a porção da casca exterior, não afetando o lenho (Figura 4).

Figura 4. Anelamento completo do caule de matrizes de erva-mate adubadas em Urupema.



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

A aplicação da técnica de resgate ocorreu ao final do mês de agosto de 2016, período que ocorre retorno da maior atividade vegetativa da planta, com o aumento inicial das temperaturas.

A partir dos 210 dias (março de 2017), avaliou-se as seguintes variáveis relacionadas à brotação das plantas matrizes de erva-mate: a presença ou não de brotações abaixo do anelamento (%); número médio de brotos formados e; comprimento médio de brotos (cm).

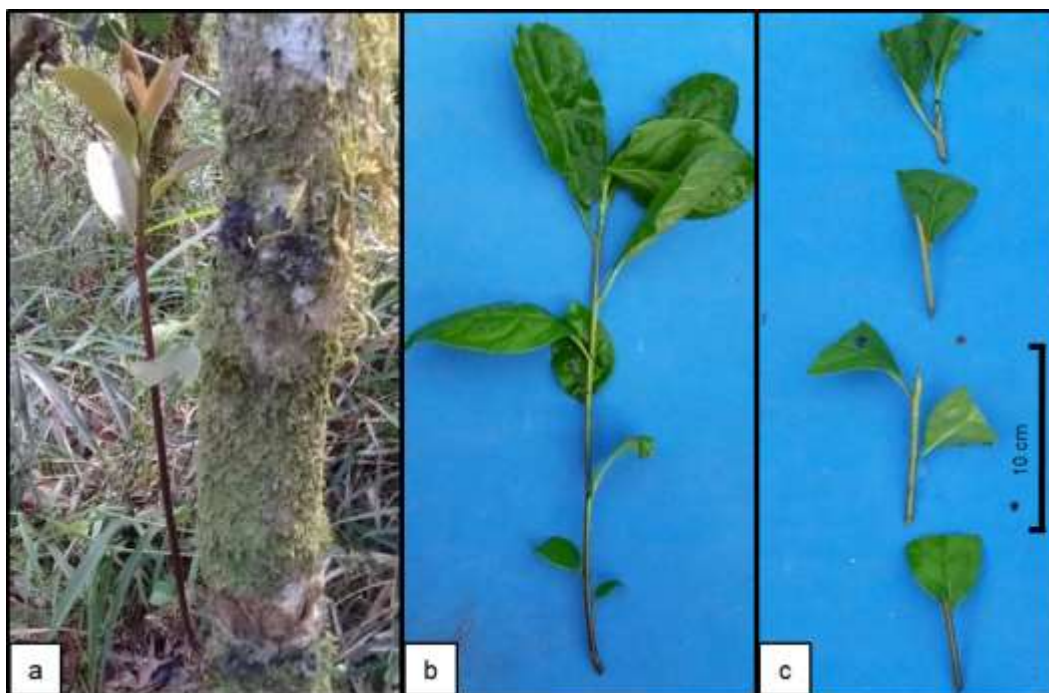
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 5x3, sendo o fator A constituído por 5 tratamentos de adubação, formados de três repetições de três plantas cada, e o fator B pelas três avaliações realizadas a cada 45 dias (março - 210 dias, metade de abril - 255 dias e junho - 300 dias).

3.4.3 Enraizamento de estacas obtidas do experimento de adubação

Os brotos provenientes dos experimentos de adubação foram coletados 180 dias após a aplicação da técnica de anelamento (fevereiro de 2017), sendo dispostos em caixa de isopor com água para reduzir a transpiração e transportados para o Viveiro Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, no município de Lages.

As brotações foram seccionadas em estacas, cortadas com tesoura de poda em bisel, com aproximadamente 7 cm de comprimento, mantendo-se ao menos uma folha cortada em 50% de sua área (Figura 5). Devido à pouca disponibilidade de material, utilizou-se toda a porção do broto, desde a porção basal (lignificada) a apical (herbácea).

Figura 5. Exemplificação do processo estaquia desde a coleta de material (a) ao seccionamento dos brotos (b) em estacas (c), usando-se de toda a porção da brotação.

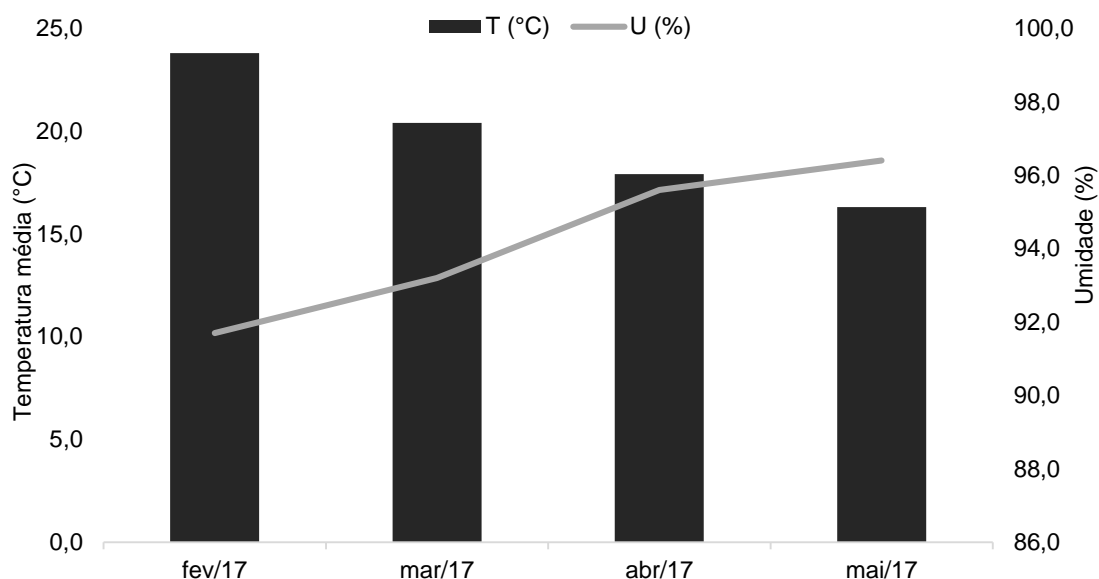


Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

As estacas foram postas para enraizar em tubetes de 180 cm³ com mistura de substrato comercial (mistura de casca de *Pinus* compostada e turfa, pH de 5,4) e vermiculita fina na proporção 1:1, com acréscimo de 6 g L⁻¹ de adubo de liberação

lenta (Osmocote® 15-9-12). As bandejas, contendo os tubetes e estacas, foram alocadas em estufim, com irrigação por microaspersão composta de quatro irrigações diárias de cinco minutos cada (Figura 6).

Figura 6. Dados de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) durante os meses de decorrência do experimento de estaquia, no viveiro da UDESC, em Lages.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Após 90 dias (maio de 2017) do estaqueamento (270 dias após anelamento completo e adubação das plantas matrizes de erva-mate) foram avaliadas as variáveis: sobrevivência (%); formação de calos (%); enraizamento (%); número médio de raízes e; comprimento médio das três maiores raízes (cm).

Para os experimentos de estaquia, considerou-se o número total de estacas para todas as variáveis. As estacas eram consideradas vivas se não estivessem secas, mesmo se esta não apresentasse mais folhas. Estacas eram consideradas com calos, raízes ou ambos se estas apresentassem qualquer grau destas formações. O número de raízes era contado manualmente, considerando que esta saísse diretamente do calo ou da estaca, não levando em consideração suas bifurcações. O comprimento de raízes foi obtido utilizando-se uma régua milimétrica simples, esticando a raiz em sua extensão sobre a régua, feito para as três maiores raízes de cada estaca enraizada.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições de pelo menos três estacas. Houve diferença no número de

estacas por repetição devido às quantidades distintas de brotações produzidas pelas matrizes adubadas.

3.4.4 Análise estatística

Foi avaliada a normalidade dos dados de ambos os experimentos (3.4.2 e 3.4.3) que, se normal, foi aplicado teste de médias Duncan, e se não normal, aplicado Kruskal-Wallis, ambos à 5% de probabilidade de erro. A estatística dos experimentos foi realizada pelo software ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016). Ainda, foi verificada a acurácia seletiva (%) para os tratamentos significativos pela análise de variância pela fórmula:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{1}{F_{cal}} \right)}$$

Sendo: *Fcal*: Valor de F obtido na razão dos quadrados médios do tratamento (*QMtrat*) e do resíduo (*QMres*), da análise de variância (ANOVA).

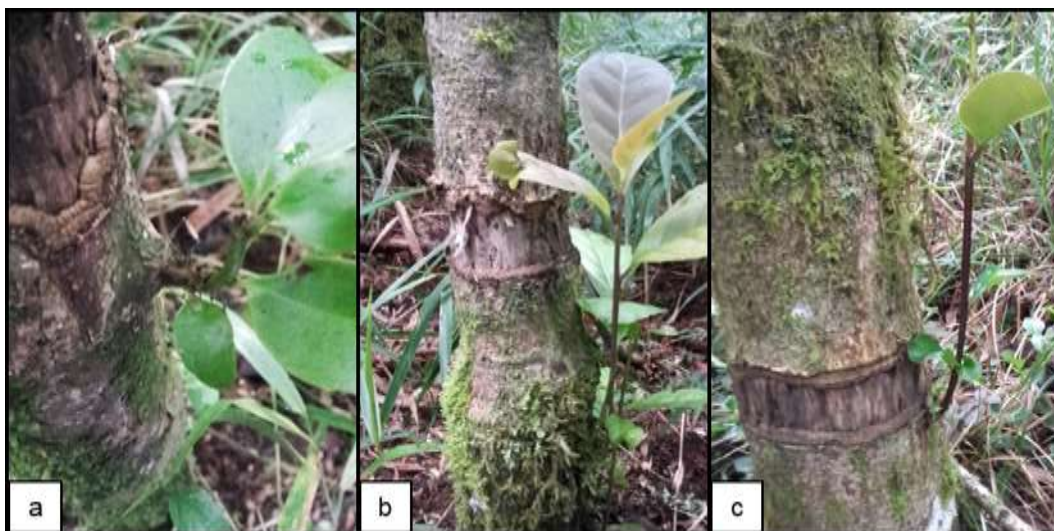
3.5 RESULTADOS

3.5.1 Efeito da adubação na brotação de matrizes de erva-mate

Inicialmente, a precisão dos experimentos foi adequada pelos resultados obtidos de acurácia seletiva. Esta tem por objetivo avaliar o grau de confiança no experimento, observando valores para fins de seleção, considerando as faixas: menor ou igual a 50% baixa; entre 50% e 70% moderada; entre 70% e 90% alta e; maior que 90% muito alta. Foram obtidas percentagens elevadas para a acurácia seletiva quanto as variáveis do experimento, considerada muito alta para a brotação (92,7%) e alta, para número médio de brotos formados (87,4%) e seu comprimento médio (88,9%).

Aos 150 dias (janeiro de 2017) observou-se o início das primeiras brotações. Os períodos de avaliação não foram significativos pela análise de variância ($P < 0.05$) para nenhuma das variáveis. A média de brotação das matrizes se manteve entre 40% e 42,2%, o número médio de brotos formados entre 1,3 e 1,5 e o comprimento médio de brotos entre 1,2 cm e 1,5 cm, para os três períodos (Figura 7).

Figura 7. Matrizes aneladas de erva-mate com brotações pequenas (a) e grandes (b e c), na última avaliação, em Urupema.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O tratamento com N foi mais que quatro vezes superior quanto a brotação epicórmica (63,0%) em comparação a não adubação (14,8%) (Tabela 3). Os tratamentos com somente NPK não se diferenciaram estatisticamente (59,3% e 40,7%) ao tratamento N. Testemunha (14,8%) e 250 g de NPK com micronutrientes (25,9%) foram os tratamentos de menor eficiência na promoção de brotações epicórmicas, porém, este último não se diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos com NPK.

Semelhantemente à presença de brotações, os tratamentos com a maior dosagem de NPK e N apresentaram superioridade no número médio de brotos produzidos (2,8 e 1,7) (Tabela 3). O tratamento com micronutrientes demonstrou ser até quatro vezes inferior (0,7) ao tratamento de maior média, enquanto a não adubação 14 vezes (0,2).

O uso de N como adubo proporcionou melhor desenvolvimento das brotações epicórmicas quanto ao seu comprimento médio (2,9 cm), embora o tratamento na maior dose de NPK tenha sido estatisticamente igual (1,8 cm). Os demais tratamentos com NPK apresentaram ser intermediários (0,9 cm e 0,7 cm), enquanto a não adubação chegou a ser aproximadamente dez vezes menos eficiente (0,3 cm) do que o melhor tratamento.

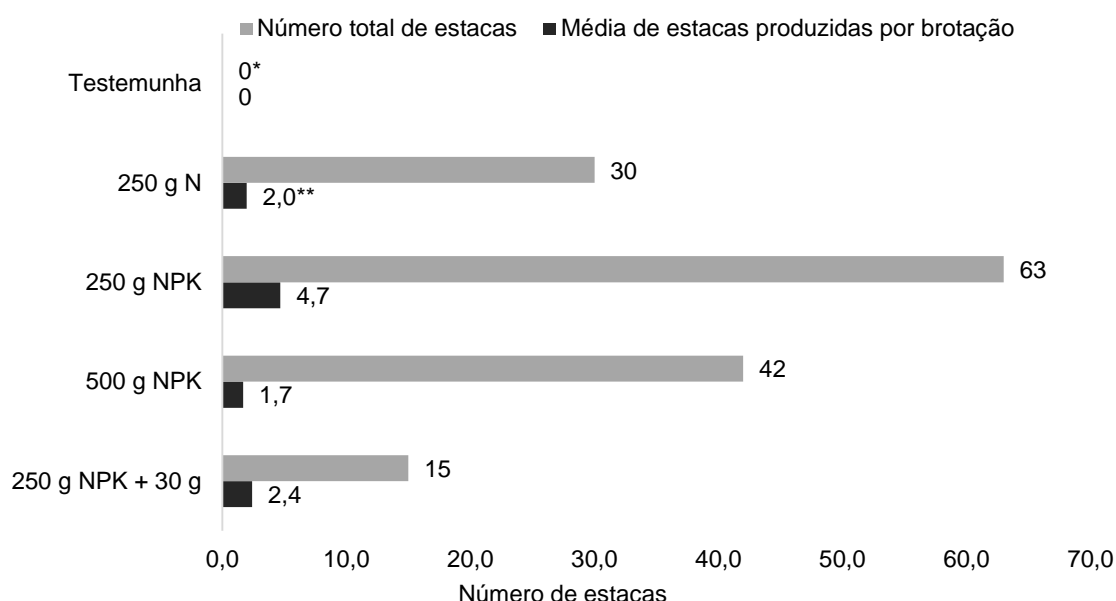
Tabela 3. Árvores de erva-mate com brotações (%), número médio e comprimento médio de brotos (cm) de acordo com cada adubação em três períodos de avaliação.

Árvores com brotações (%)				
Trat. de adubação	Avaliações (dias)			Médias
	210	255	300	
Testemunha	11,1	11,1	22,2	14,8 c*
250 g N	66,7	66,7	55,6	63,0 a
250 g NPK	44,4	44,4	33,3	40,7 abc
500 g NPK	55,6	55,6	66,7	59,3 ab
250 g NPK + 30 g micro	22,2	22,2	33,3	25,9 bc
Médias	40,0 a	40,0 a	42,2 a	-
Número médio de brotos formados				
Trat. de adubação	Avaliações (dias)			Médias
	210	255	300	
Testemunha	0,2	0,2	0,3	0,2 b
250 g N	1,9	1,9	1,4	1,7 a
250 g NPK	2	1,4	1,3	1,5 ab
500 g NPK	2,7	2,4	3,2	2,8 a
250 g NPK + 30 g micro	0,8	0,5	0,8	0,7 b
Médias	1,5 a	1,3 a	1,4 a	-
Comprimento médio de brotos (cm)				
Trat. de adubação	Avaliações (dias)			Médias
	210	255	300	
Testemunha	0,3	0,3	0,3	0,3 c
250 g N	2,9	3,3	2,6	2,9 a
250 g NPK	0,5	1,5	0,6	0,9 bc
500 g NPK	2	1,9	1,5	1,8 ab
250 g NPK + 30 g micro	0,5	0,6	0,9	0,7 bc
Médias	1,2 a	1,5 a	1,2 a	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ($P < 0.05$).

Somente de maneira numérica, o tratamento com 250 g de NPK promoveu a maior média do número de estacas (4,7) (Figura 8). Isto demonstra que, embora suas brotações possuíssem menor número médio (1,5) e comprimento médio (0,9 cm), estes possuíam uma menor distância entre gemas foliares, proporcionando o maior número de estacas por brotação. Inversamente, o tratamento com 250 g de N possuía o maior comprimento médio de brotos (2,9 cm), que, associado ao número intermediário de brotos produzidos (1,7), obteve uma maior distância entre gemas foliares, diminuindo o número médio de estacas produzidas por brotação (2,0).

Figura 8. Número médio e total de estacas seccionadas provenientes de brotações de plantas matrizes de erva-mate adubadas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017; *Não houve coleta de brotações do tratamento de adubação Testemunha, portanto, não foram produzidas estacas; **O número médio de estacas produzidas foi obtido pela divisão do seu número total pelo número médio de brotações de cada tratamento multiplicado pelo número de plantas matrizes adubadas de acordo com cada tratamento.

3.5.2 Enraizamento de estacas obtidas do experimento de adubação

Para experimentos que tratam de propagação vegetativa, principalmente quanto a estaquia, é necessário a obtenção de valores reais sobre a quantidade final de mudas em relação ao de estacas. Para esta finalidade, levou-se em consideração a relação de todas as estacas utilizadas, independente da sobrevivência, para todas variáveis.

Não foi realizada comparação com o tratamento testemunha devido ao número insuficiente de brotações para produção de estacas. Não foi detectada diferença estatística somente para o número médio de raízes, variando de 1,6 a 3,4 raízes por estaca enraizada (Tabela 4).

O tratamento com 250 g de N apresentou ser o melhor para a sobrevivência de estacas (80,0%), sem diferença significativa de 500 g de NPK (64,3%). Os demais tratamentos com NPK demonstraram somente metade da sobrevivência (30,2% e 40,0%).

Tabela 4. Sobrevivência (%), enraizamento (%), formação de calos (%), número médio de raízes e comprimento médio de raízes (cm) de estacas de erva-mate em relação aos diferentes tratamentos de adubação nas árvores matrizes.

Tratamento	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	Calos (%)	Nº de raízes	Comp. de raiz (cm)
250 g N	80,0 a**	63,3 a	23,3 a	3,4 a	2,2 ab
250 g NPK	30,2 b	22,2 b	7,8 b	1,6 a	3,0 a
500 g NPK	64,3 ab	45,2 ab	33,4 a	2,7 a	1,9 ab
250 g NPK*	40,0 b	26,7 b	33,3 a	1,6 a	0,8 b

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Tratamento de 250 g de NPK + 30 g de micronutrientes; **Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de médias Duncan ($P < 0.05$).

O mesmo ocorreu para o enraizamento, em que o tratamento com N foi superior aos demais (63,3%), mas não diferenciando estatisticamente do maior uso de NPK (45,2%). Os outros tratamentos com a utilização de NPK apresentaram inferioridade no enraizamento de estacas totais (22,2% e 26,7%) (Figura 9).

Figura 9. Estacas de erva-mate com somente calos (a), início de enraizamento (b), raízes mais desenvolvidas (c) e com raízes e brotação (d).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quanto à formação de calos, os tratamentos N (23,3%), 500 g de NPK (33,4%) e 250 g com micronutrientes (33,3%) foram estatisticamente iguais e superiores. Somente o tratamento em menor quantidade e somente NPK apresentou a menor média (7,8%).

Não houve diferença significativa para o número de raízes de acordo com os tratamentos. Embora a maior média tenha sido para 250 g de N (3,4), esta não se

diferenciou de 500 g de NPK (2,7), 250 g de NPK e 250 g de NPK com micronutrientes (1,6).

O uso de 250 g de NPK apresentou-se superior para o comprimento médio de raízes (3,0 cm), seguido dos tratamentos com N (2,2 cm) e de maior quantidade de NPK (1,9 cm). O tratamento com micronutrientes chegou a ser aproximadamente quatro vezes inferior (0,8 cm) ao melhor tratamento.

3.6 DISCUSSÃO

3.6.1 Efeito da adubação na brotação de matrizes de erva-mate

As elevadas percentagens obtidas pela análise de acurácia seletiva para as variáveis relacionadas à brotação demonstram elevada confiança nas avaliações realizadas e na sua estatística aplicada (NAVROSKI et al., 2013). Ainda, indicam a possibilidade de seleção com enfoque para a produção de brotos epicórmicos.

A brotação epicórmica pode ser afetada devido ao grau de maturação da planta anelada, embora a poda de colheita possa favorecer a sua formação mesmo em plantas mais envelhecidas (STUEPP et al., 2016). Considerando todos os tratamentos inclusive em que não foi realizada a adubação, houve um baixíssimo número de árvores com brotações, o que poderia estar relacionado a uma idade avançada das plantas matrizes. É importante demonstrar que, mesmo aplicando-se técnicas que visam reverter o grau de maturação do material vegetal a ser utilizado (WENDLING, 2004), este não seria o suficiente a fim de se obter brotações em maior quantidade para o material deste trabalho. Todavia, as plantas matrizes de erva-mate deste estudo apresentam somente 15 anos de idade, demonstrando características de plantas envelhecidas quanto as variáveis relacionadas à brotação (BITENCOURT, 2009b; FERREIRA et al., 2010; WENDLING et al., 2014). Isto pode indicar a presença de algum outro fator de caráter vegetativo, além do nutritivo, que afeta a formação de brotos e seu desenvolvimento.

O fator tempo, dentre os períodos estudados, aparenta não influenciar no desenvolvimento das brotações epicórmicas em plantas de erva-mate aneladas e adubadas. Esta característica pode ainda estar relacionada ao grau de maturação das plantas matrizes, podendo apresentar um pequeno aumento no número de árvores brotadas, não alterando o número de brotações, havendo somente aumento do seu

comprimento médio (STUEPP et al., 2016). Isto não foi detectado por completo neste trabalho, em que houve um pequeno aumento no número de árvores com brotações (2,2%), o número médio de brotos não se alterou significativamente (-0,1) e o seu comprimento médio foi menor na avaliação final em relação à segunda avaliação (-0,3 cm). Outra possível razão do maior período de produção de brotações seria o clima local, visto que, além da ocorrência de temperaturas mais baixas nas estações frias, há grande amplitude térmica entre o dia e a noite. O desenvolvimento vegetativo pode ser afetado pelas diferenças abruptas de temperatura, visto que a diferenciação celular é sensível à esta característica (CUNHA et al., 2009).

Embora praticamente não detectados na análise do solo, a inserção de 30 g micronutrientes juntamente com NPK pode ter causado algum nível de toxidez nas plantas, afetando a brotação. Em espécies agrícolas, o desenvolvimento vegetativo pode ser prejudicado pelo excesso de Fe (MACARENHAS et al., 2014), de Mn (MINGOTTE et al., 2011), de Zn (DORNELES et al., 2017), e Cu (LIMA FILHO, 2016).

Foi constatado um alto teor de matéria orgânica no solo da área experimental (11,6% ou 116 g kg^{-1}), considerada elevada quando acima de 5%. A capacidade de troca de cátions está diretamente relacionada a quantidade de matéria orgânica do solo. Implica-se que, quanto maior a quantidade de matéria orgânica há a maior liberação dos nutrientes S, P e B, e menor risco de deficiência em solos de pH elevado (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2016). Todavia, o pH do solo analisado foi determinado de alta acidez (4,3), o que pode explicar os baixos níveis de alguns nutrientes obtidos da análise do solo deste experimento.

Plantas de erva-mate são comumente encontradas de forma natural em solos de baixíssimo pH, (SANTIN et al., 2013), possuindo forte tolerância a solos com elevada acidez e Al, sendo possível seu cultivo nestas condições (CARVALHO, 1994; SANTIN et al., 2013). Esta espécie aparenta possuir algum mecanismo ainda não evidenciado de tolerância a condições elevadas de acidez (SANTIN et al., 2015), capaz de apresentar um bom desenvolvimento vegetativo nestas condições adversas.

A diferença entre os comprimentos das brotações de acordo com as adubações foi possivelmente ocasionada porque os tratamentos de 250 g de N de 500 g de NPK favoreceram fortemente o seu desenvolvimento, principalmente em comprimento, resultando em uma maior distância entre as gemas foliares. Enquanto 250 g de NPK não acelerou o crescimento das brotações, e com uma velocidade menor de desenvolvimento houve a menor distância entre gemas foliares, possibilitando o maior

número de estacas. O elemento N está diretamente relacionado com a síntese e transporte de citocininas responsáveis pela emissão de novas brotações, favorecendo também seu alongamento (TAIZ e ZEIGER, 2009; HARTMANN et al., 2011). Embora evidenciado a superioridade do tratamento com N e o com a maior dosagem de NPK neste trabalho, desconhece-se a proporcionalidade das quantidades mínimas destes adubos a fim de atingir resultados semelhantes. Doses menores de ureia (75 g) podem alcançar até 89,0% da produção de massa verde obtida pela maior dose (225 g) em erva-mate (LOURENÇO et al., 1997).

O uso de doses elevadas de N e K (superiores a 100 mg dm⁻³) em plantas de erva-mate afeta negativamente o seu desenvolvimento vegetativo (SANTIN et al., 2008a). Porém, quando incorporado P à formulação, seja em mesma dosagem ou superior, o desenvolvimento apresenta ser muito positivo (SANTIN et al., 2013). Embora a teórica necessidade de inserção de P no solo analisado deste trabalho, considerado baixo (12,0 mg dm⁻³) em relação a argila presente (8,0%), estas apresentaram um desenvolvimento independente das quantidades de P acrescentadas ou até mesmo de sua inserção. Até o momento, foram realizados poucos trabalhos com adubação com NPK em erva-mate, o que dificulta o entendimento das necessidades nutricionais da cultura (SANTIN et al., 2015).

A percentagem elevada de matéria orgânica pode ter sido mecanismo importante na fixação de N, incrementando as atividades de degradação por bactérias e liberando nutrientes. Embora os elementos P e K influenciem na síntese hormonal, N apresenta ser o mais importante (HARTMANN et al., 2011). Ainda, existe uma forte relação entre os níveis de citocinina e o N disponível para as plantas (KIBA et al., 2011). A utilização de N para suplementação aumenta a quantidade de citocinina no xilema, raízes e parte aérea em espécies agrícolas (TAKEI et al., 2001), indicando que as citocininas podem funcionar como um comunicador da presença de N, passando esta informação das raízes para a parte aérea da planta (SAKAKIBARA et al., 2006).

Concentrações altas (10 mM) e baixas (0,1 mM) de N alteraram significativamente as quantidades de citocininas, tanto na parte aérea (17,13 pmol gFW⁻¹ comparado com 2,78 pmol gFW⁻¹) e nas raízes (45,79 pmol gFW⁻¹ comparado com 10,78 pmol gFW⁻¹) em mudas de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh (KOJIMA et al., 2009). Isto demonstra que a citocinina é capaz de identificar não somente a presença de N, mas também a sua quantidade (KIBA et al., 2011). Supõe-se que adubos com

a maior presença de N promoveram eficientemente a síntese e acumulação de citocininas, aumentando significativamente as variáveis relacionadas à brotação.

A relação entre a adubação nitrogenada, sua possível superior produção hormonal a partir deste nutriente (TAIZ e ZEIGER, 2009; KOJIMA et al., 2009), a injúria ocasionada na parte basal das plantas matrizes (HARTMANN et al., 2011) e o acúmulo de hormônios, em específico a citocinina (TAIZ e ZEIGER, 2009), pode ter sido principal fator para produção de brotações mais vigorosas (SANTIN et al., 2008b). Todavia, o principal fator que pode ter ocasionado na lentidão da formação e no baixo número de brotações epicórmicas seria o clima da região do estudo. A adaptação desta população de erva-mate a este diferencial pode ter desfavorecido a velocidade do seu desenvolvimento vegetativo, levando maior tempo para sua formação e desenvolvimento.

3.6.2 Enraizamento de estacas obtidas do experimento de adubação

Sendo uma técnica comum na propagação vegetativa de espécies florestais, selecionando material vegetal a partir da planta matriz de interesse (WENDLING e BRONDANI, 2015), a estaquia é dependente de diversos fatores, que vão desde o clone a ser utilizado (WENDLING e DUTRA, 2010), o seu grau de juvenilidade e ambiente de enraizamento (BITENCOURT et al., 2009a), até as condições climáticas e estações do ano (XAVIER et al., 2013).

Para estacas de erva-mate, o seu enraizamento pode variar com a época de implantação, aproximando-se de 80,0% para estacas de características jovens produzidas no inverno, mas não chegando a 2,0% para estacas de um material mais envelhecido (STUEPP et al., 2017). Alternativamente, o sucesso do enraizamento de estacas pode estar fortemente ligado ao “status” nutricional da planta matriz, sendo dependente tanto de macro quanto micronutrientes (CUNHA et al., 2009b).

O elemento N é utilizado tanto para a síntese quanto para o transporte de hormônios vegetais, principalmente os reguladores de crescimento (TAIZ e ZEIGER, 2009), demonstrando-se importante fator no desenvolvimento de raízes em estacas de erva-mate. A presença única de N e K pode estagnar ou prejudicar o desenvolvimento da parte aérea e raiz das mudas de origem seminal, mas ao se inserir P à formulação há um desenvolvimento superior (SANTIN et al., 2008b; 2013). Isto não foi detectado neste trabalho, em que os melhores índices de sobrevivência e

enraizamento foram observados no tratamento com somente N, e pode indicar que as estacas possuem quantidades suficientes de P para seu desenvolvimento.

A adubação prévia de matrizes de guaranazeiro com NPK demonstrou influenciar positivamente a sobrevivência de estacas (71,1%) e o sucesso de enraizamento (66,3%), em comparação com a não adubação (60,0% e 56,2%) (ALBERTINO et al., 2012). O positivo enraizamento de estacas de amoreira-preta se mostra diretamente relacionado com a adubação de suas matrizes com N (71,6%) em comparação a não adubação (52,5%) (PICOLLOTO et al., 2015). No presente estudo, esta relação positiva foi observada para estacas de erva-mate provenientes de matrizes adubadas com N e NPK.

A adubação de plantas matrizes para a estaquia pode aumentar o percentual de enraizamento, reduzir a mortalidade das estacas (ALBERTINO et al., 2012), auxiliar o processo inicial da formação de radículas e da parte aérea (PICOLOTTO et al., 2015). Uma percentagem de enraizamento consideravelmente boa pode indicar que a relação carbono e nitrogênio, o balanço hormonal e a umidade do substrato estavam adequados para o processo de formação de raízes (MOREIRA et al., 2010).

O elemento N pode influenciar positivamente o desenvolvimento de raízes por estar diretamente ligado a funções hormonais (TAIZ e ZEIGER, 2009) e ao metabolismo de carboidratos, fornecendo energia para seu desenvolvimento inicial (HARTMANN et al., 2011). A adubação das matrizes pode ser considerada fator importante para a predisposição ao enraizamento de estacas, promovendo alterações morfológicas nas plantas, como na formação de raízes adventícias, determinando também sua quantidade e comprimento (CUNHA et al., 2009a). É possível que a adubação das matrizes de erva-mate tenha aumentado previamente os níveis de auxinas e, associado ao desbalanço hormonal ocasionado pelo seccionamento das brotações, tenha favorecido o enraizamento das estacas.

Ainda, o uso de brotações mais revigoradas (HARTMANN et al., 2011; XAVIER, 2013) associado ao favorecimento nutricional ocasionado pelas diferentes adubações (SANTIN et al., 2013) podem ter sido os fatores mais importantes para o sucesso de enraizamento de estacas de erva-mate deste estudo.

3.7 CONCLUSÕES

- Constatou-se a influência positiva dos adubos para a brotação de árvores de erva-mate;
- Recomenda-se o uso de 250 g de N ou 500 g de NPK (5-20-10) para favorecer a brotação epicórmica de erva-mate;
- A adubação prévia das matrizes com 250 g de N e 500 g de NPK (5-20-10) demonstrou ser fator importante no sucesso da sobrevivência e enraizamento de estacas de erva-mate.

3.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINO, S. M. F. et al. Enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro com adubação de plantas matrizes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n.10, p.1449-1454, 2012.

BITENCOURT, J. et al. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações revigoradas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009a.

BITENCOURT, J. Otimização do enraizamento de estacas de plantas adultas de erva-mate. **Tese** (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 162p. 2009b.

CARVALHO, P. E. R. *Ilex paraguariensis* Saint-Hilaire: erva-mate. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 280-287.

CUNHA, A. C. M. et al. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, p.607-615, 2009a.

CUNHA, A., C., M.; et al. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 58:35-45. 2009b.

DARTORA, N. et al. Rhamnogalacturonan from *Ilex paraguariensis*: A potential adjuvant in sepsis treatment. **PubMed**. Carbohydrate Polymers, v. 92, p. 1776-1782, 2013.

DORNELES, A. O. S. et al. Plantas de *Phaseolus vulgaris* L. cultivadas sob concentrações crescentes de zinco. **Revista Científica Rural**, v. 19, n.1, 2017.

EMBRAPA. Mapa Convenção cartográfica: escala 1:250.000. Rio de Janeiro. 2 p. 1998.

ESMELINDRO, M. C. et al. Caracterização físico-química da erva mate: influência das etapas do processamento industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 22, n. 2, p. 199-204, 2002.

FERREIRA, B. G. A. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (vell.) pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, v.20, n.1, p.19-31, 2010.

FUKAKI, H., TASAKA, M. Hormone interactions during lateral root formation. **Plant Molecular Biology**. v. 69, p. 437-449, 2009.

GAIAD, S. et al. Sources affect growth, nutrient content, and net photosynthesis in maté (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 49, n. 5, p. 689-697, 2006.

HARTMANN, H. T. et al. **Hartmann and Kester's Plant propagation**: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall, 8 ed. 2011, 915 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura de 2016**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2016> Acesso em: 24 de janeiro de 2018.

KIBA, T. et al. Hormonal control of nitrogen acquisition: roles of auxin, abscisic acid, and cytokinin. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 4, p. 1399-1409, 2011.

KOJIMA, M. et al. Highly sensitive and high-throughput analysis of plant hormones using MS-probe modification and liquid chromatography-tandem mass spectrometry: an application for hormone profiling in *Oryza sativa*. **Plant and Cell Physiology**. v. 50, p. 1201-1214. 2009.

LIMA FILHO, O. F. Toxicidade de Micronutrientes em Sorgo-Sacarino: Diagnose Visual. **Embrapa**. ISSN 1679-0464, 2016.

LOURENÇO, R. S. et al. Avaliação de níveis de nitrogênio sobre a produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em Fernandes Pinheiro-PR, em latossolo vermelho escuro. **Boletim de Pesquisa Florestal**. n. 34, p. 75-98, 1997.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v.11, n.1, 2014.

MARTINS-RAMOS, D. et al. Florística de Floresta Ombrófila Mista Altomontana e de Campos em Urupema, Santa Catarina, Brasil. **Revista brasileira Biociências**, v. 9, n. 2, p. 156-166, 2011.

MINGOTTE, F. K. C. et al. Manganês na nutrição e na produção de massa seca do capim-mombaça. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 879-887, 2011.

MOREIRA, R. A. et al. Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. **Revista Agrarian**. v. 3, p. 133-139. 2010.

NAVROSKI, M. C. et al. Alongamento in vitro de genótipos de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **CERNE**. v. 19, n. 4, p. 545-550, 2013.

PICOLOTTO, L. et al. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 294-300, 2015.

SAKAKIBARA, H. Cytokinins: activity, biosynthesis, and translocation. **Annual Review of Plant Biology**. v. 57, p. 431-49, 2006.

SANTIN, D. et al. Crescimento e nutrição de erva-mate influenciados pela adubação NPK. **Ciência Florestal**. v. 23, n. 2, p. 363-375, 2013.

SANTIN, D. et al. Nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento de mudas de erva-mate. **Scientia Agraria**. v. 9, n. 1, p. 59-66, 2008a.

SANTIN, D. et al. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para cultura da erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. EMBRAPA. 21 ed. 2015.

SANTIN, D. et al. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.97-104, 2008b.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre, RS: SBRS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 376 p. 2016.

STUEPP, C. A. et al. Age of stock plants, seasons and iba effect on vegetative propagation of *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**. 41(2):e410204. 2017.

STUEPP, C. A. et al. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em erva-mate. **Ciência Florestal**, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 622-624.

TAKEI, K. et al. Nitrogen-dependent accumulation of cytokinins in root and the translocation to leaf: implication of cytokinin species that induces gene expression of maize response regulator. **Plant and Cell Physiology**, v. 42, p. 85-93. 2001.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto. **Embrapa Florestas**, 184 p. 2010.

WENDLING, I. et al. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, revitalization and juvenility maintenance. **New Forests**, v.1, p.1-14, 2014.

WENDLING, I. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras. **Embrapa Florestas**, 46 p. 2004.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. EMBRAPA. 21 ed. 2015.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. UFV 2 ed. 279 p. 2013.

4 CAPÍTULO II – TÉCNICAS DE INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS EM MATRIZES DE ERVA-MATE E SUA ESTAQUIA

4.1 RESUMO

A indução de brotações epicórmicas é muito importante para o sucesso da propagação vegetativa em espécies florestais, visto o melhor potencial de enraizamento do material revigorado. Todavia, é necessário determinar a técnica mais adequada para esta finalidade, visando a maior produtividade e melhor revigoramento. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes técnicas de indução para produção de brotações epicórmicas em erva-mate no município de Urupema, separando-os em dois experimentos: 1) Avaliação de quatro técnicas de revigoramento: anelamento completo (100%); semianelamento (50%); coleta de galhos; brotações da copa. 2) Alturas de anelamento completo: 30 cm do solo; 60 cm; 90 cm. Foram realizadas três avaliações quanto a: árvores brotadas (%), número de brotos e seu comprimento médio (cm). Brotos foram coletados aos 180 dias após (fevereiro 2017) a aplicação do experimento (agosto 2016), separando em: brotos revigorados, e; do ano. Estes foram seccionados em estacas, acondicionadas no Viveiro Florestal da UDESC, e, aos 90 dias foram avaliados: sobrevivência (%), enraizamento (%), calogênese (%), número de raízes e o comprimento médio das três maiores (cm). O semianelamento foi superior para comprimento de brotos (5,3 cm), e galhos podados para quantidade média de brotos (4,7). O anelamento a 60 cm promoveu a maior brotação (53,3%). Para estaquia, somente houve diferença para o número de raízes formadas, sendo que o material revigorado foi superior (2,3). Recomenda-se o uso de técnica de semianelamento para maior produção de brotos juvenis e utilizar estacas revigoradas para propagação vegetativa, visto o maior número de raízes formadas.

Palavras-chave: Resgate; alturas de anelamento; brotação de galhos vivos; estaquia.

4.2 ABSTRACT

The induction of epicormic shoots is very important for the success of vegetative propagation in forestry species, due to the high rooting capacity of the reinvigorated material. However, it is necessary to determine the most appropriate technique for this purpose, aiming for greater productivity and better reinvigoration. The objective of this

work was to evaluate different induction techniques for the production of epicormic shoots in yerba mate in the municipality of Urupema, separating them in two experiments: 1) Evaluation of four rescue techniques: complete girdling (100%); semi-girdling (50%); collection of branches; sprouts of the year. 2) Complete girdling heights: 30 cm from the ground; 60 cm; 90 cm. Three evaluations were made for: sprouting (%), number of shoots and their mean length (cm). Sprouts were collected at 180 days after (February 2017) the application of the experiment (August 2016), separating in: rejuvenated shoots, and; of the year. These were sectioned in cuttings, conditioned in the UDESC Forest Greenhouse, and at 90 days were evaluated: rooting (%), calogenesis (%), root number and their mean length (cm). The semi-girdling was superior to shoot length (5.3 cm), and branches pruned for average number of shoots (4.7). The girdling at 60 cm promoted the highest sprouting (53.3%). For cutting, there was only difference for the number of roots formed, and the rejuvenated material was superior (2,3). It is recommended the use of semi-girdling technique for greater production of juvenile shoots and use reinvigorated cuttings for vegetative propagation, considering the greater number of roots formed.

Keywords: Rescue; annealing heights; sprouting of live branches; cutting.

4.3 INTRODUÇÃO

A erva-mate é uma espécie nativa que possui forte vínculo cultural e econômico com o Sul do Brasil (PASSINATO et al., 2003). Os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul são responsáveis pela quase totalidade da produção de erva-mate no país, que, em 2015, produziu aproximadamente 340 mil toneladas de matéria-prima (IBGE, 2015).

As árvores produtoras de erva-mate, de forma plantada ou natural, possuem comumente origem seminal, o que dificulta o estabelecimento de padrões para o manejo da cultura e do processamento da matéria prima (WENDLING, 2004). Plantios de erva-mate de origem seminal dificilmente possuem critérios de seleção, apresentando alto grau de heterogeneidade, refletindo negativamente na produtividade e qualidade final do produto (WENDLING e BRONDANI, 2015).

Associado ao elevado de heterogeneidade genética, há a degradação natural de ervais por podas malfeitas, sucessivas colheitas, esgotamento dos nutrientes,

competição por plantas invasoras e até o próprio envelhecimento da planta matriz (MEDRADO et al., 2002). Por vezes é necessária a inserção de novos indivíduos ou até mesmo de substituição de matrizes envelhecidas para manutenção da produção (MEDRADO, 2005).

Estes problemas podem ser solucionados através da obtenção de mudas por propagação vegetativa, como a técnica de estaquia, selecionando indivíduos geneticamente superiores. Esta técnica consiste na produção de mudas a partir de propágulos coletados de uma planta matriz, selecionada pelas suas características desejadas, como produtividade e qualidade, tendo como cada estaca sendo um clone (WENDLING e BRONDANI, 2015). Por também possuir mercado quanto produção de medicamentos, cosméticos e alimentos (BONDARIK et al., 2006; LORENZI e MATOS, 2002), a seleção de genótipos superiores de erva-mate é diversificada, indo além da produção de somente massa verde.

Um dos principais problemas para o sucesso da estaquia está fortemente relacionado à idade ontogenética do material vegetal, em que, quanto mais velho, menor é a percentagem de enraizamento de estacas (WENDLING, 2004). Para tanto, é necessária a utilização de técnicas que objetivem rejuvenescer o material vegetal a ser usado na propagação vegetativa (WENDLING e BRONDANI, 2015).

As gemas adormecidas que se encontram mais próximas ao nível do solo da planta possuem elevada juvenilidade, pois, neste local, são mantidas as características de plântula, capaz de produzir brotações mais vigorosas (HARTMANN et al., 2011). Uma técnica de revigoração, a fim de promover brotações de gemas dormente na base da planta é o anelamento do seu caule (SANTIN et al., 2008). A retirada da casca da planta causa um desbalanço hormonal entre citocininas e auxinas, sendo que o acúmulo do primeiro abaixo do anelamento favorece a brotação de gemas dormentes (HARTMANN et al., 2011).

Alternativamente, a fim de produzir material vegetal para a propagação vegetativa, pode ser utilizada a técnica de coleta de galhos podados. Esta técnica consiste na coleta de galhos vivos, mantidos em casa de vegetação para indução de brotações epicórmicas (HARTMANN et al., 2011). Porém, estes também estão diretamente relacionados à idade ontogenética da planta matriz, precisando ser criterioso no momento de coleta do material (ALMEIDA et al., 2007).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as diferenças na produção de brotações em erva-mate de acordo com a proporcionalidade de anelamento, sua

altura, e pelo uso de galhos vivos destacados, testando o enraizamento de estacas provenientes de material revigorado.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Características da área de estudo

Os experimentos de aplicação de tratamentos de resgate em plantas matrizes de erva-mate ocorreram em mesmo local e condições ao capítulo anterior (Capítulo I).

4.4.2 Técnicas de indução de brotações epicórmicas

As matrizes de erva-mate se encontravam dispersas no local do experimento e idade média entre 15 e 20 anos, com diâmetro médio de 9,5 cm (média de 9,8 para plantas destinadas ao anelamento completo e 9,2 para o semianelamento), sendo selecionadas com base na sua qualidade sanitária, em agosto de 2016. As plantas foram identificadas à campo com fitas de diferentes cores para fácil visualização de acordo com cada tratamento de resgate aplicado.

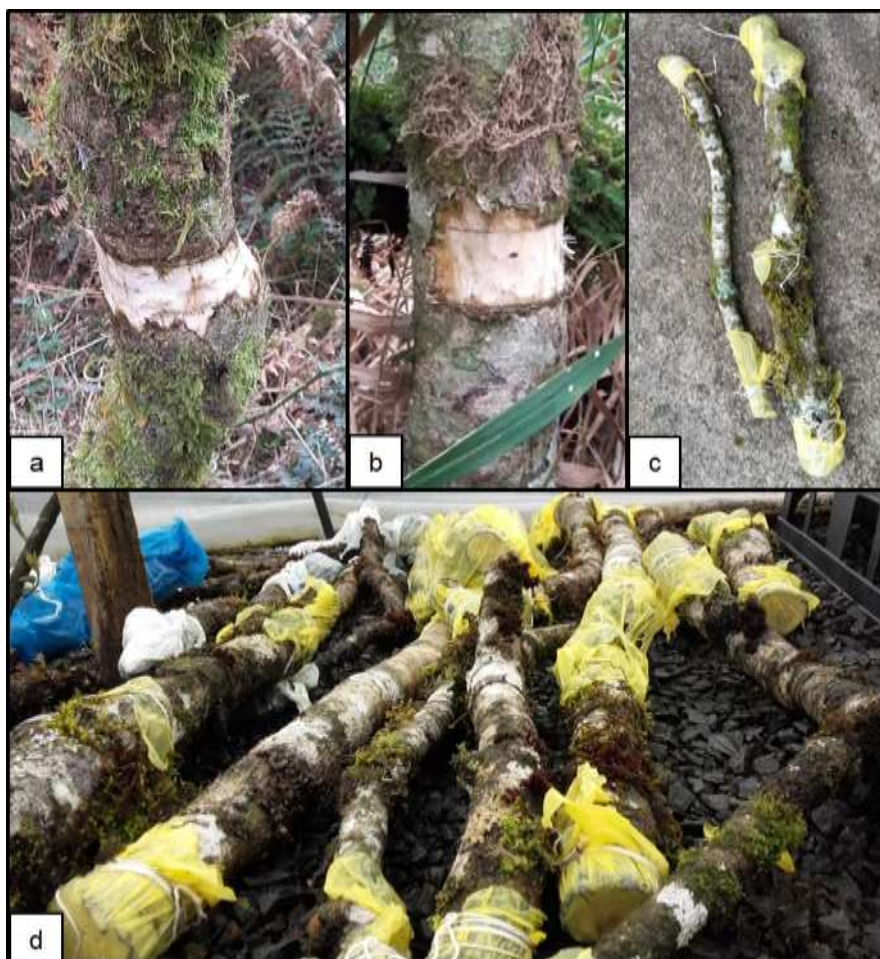
As quatro técnicas de revigoramento e resgate de material vegetal consistiram em: anelamento completo (100%); semianelamento (50%); coleta de galhos vivos destacados; coleta de brotações da copa. O tratamento de brotações da copa foi considerado como controle no enraizamento de estacas, devido a sua elevada disponibilidade de material. Portanto, para avaliação estatística deste experimento foram considerados somente os três primeiros tratamentos.

As técnicas de anelamento foram aplicadas a uma altura de 20 cm do solo. Um anel com largura de 5 cm foi retirado com um facão, sendo removida apenas a porção da casca exterior, não afetando o lenho. Este procedimento foi aplicado em agosto de 2016, momento em que há o retorno da maior atividade metabólica vegetativa das plantas.

Para o tratamento de coleta de galhos vivos destacados, estes foram obtidos de outras plantas de erva-mate a fim de não alterar a atividade fisiológica das plantas matrizes dos demais tratamentos. O corte dos galhos foi realizado com um motosserra, eliminando galhos secundários e brotações já presentes. Os galhos

tiveram suas extremidades seladas com plástico e barbante para evitar a perda excessiva de umidade (Figura 10). Em seguida, foram transportados para o Viveiro Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages, sendo armazenados em estufim, com quatro irrigações diárias de cinco minutos cada. Considerou-se o galho vivo aquele pertencente a uma planta de erva-mate viva e com presença de folhas, representando estar fisiologicamente ativa.

Figura 10. Detalhe da aplicação do anelamento completo (a), semianelamento (b), logo após a coleta de galhos vivos e o selamento de suas extremidades (c) e seu acondicionamento em estufim (d).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

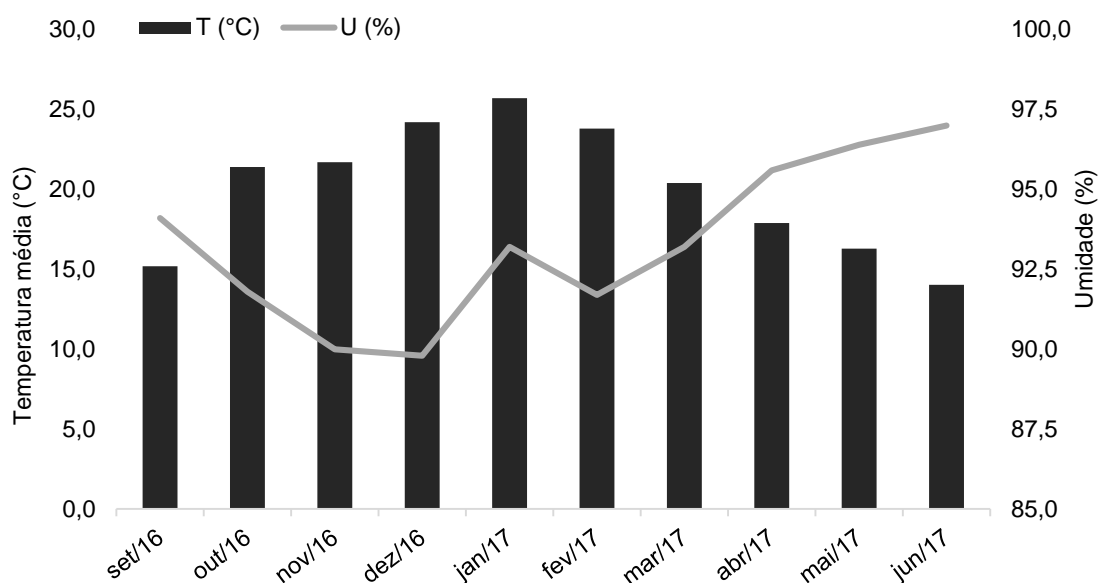
Aos 210 dias após a aplicação das técnicas (março de 2017) teve início a avaliação da brotação das plantas de erva-mate que foram aneladas à campo. Foram avaliadas as seguintes variáveis: a presença ou não de brotações abaixo do anelamento (%); número médio de brotos formados e; comprimento médio de brotos

(cm). Paralelamente, foram avaliadas as mesmas variáveis para os galhos vivos, no mesmo período.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 3x3, sendo o fator A constituído pelas 3 técnicas de resgate, formados de três repetições de três plantas cada, e B as 3 avaliações realizadas, a cada 45 dias (março - 210 dias, metade de abril - 255 dias e junho - 300 dias).

Paralelamente, os galhos vivos destacados obtidos para o resgate foram constantemente avaliados a fim de determinar a sua velocidade de brotação. Este experimento foi instalado em mesmo momento de acondicionamento dos galhos no Viveiro Florestal da Universidade (agosto de 2016) (Figura 11).

Figura 11. Dados de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) durante os meses de decorrência do experimento de brotação de galhos vivos, no viveiro da UDESC, em Lages.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017. *Dados referentes ao mês de agosto de 2016 não foram obtidos.

Para tanto, os diâmetros da região central de 12 galhos foram determinados com uma régua, sendo devidamente identificados e ordenados para facilitar as avaliações. Os diâmetros dos galhos variaram de, no mínimo 3,4 cm, a, no máximo 6,1 cm, com comprimentos próximos a 70 cm.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 6 repetições de um galho para cada tratamento. Os tratamentos foram determinados em: galhos menores ou com diâmetro igual a 5 cm, e; galhos com

diâmetro maior que 5 cm. O desenvolvimento de brotações nos galhos foi avaliada na forma de regressão, relacionando os períodos de avaliação e o diâmetro de galhos. As avaliações se iniciaram aos 30 dias após a implantação, ocorrendo a cada 30 dias, com 10 avaliações, de setembro de 2016 a junho de 2017 (300 dias).

4.4.3 Diferentes alturas de anelamento para brotação epicórmica

As três alturas de anelamento completo em plantas de erva-mate foram: 30 cm do solo; 60 cm, e; 90 cm. A seleção das plantas matrizes foi mesma aplicada às plantas matrizes do capítulo anterior (4.4.2), com diâmetro médio de 8,5 cm. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 3x3, sendo o fator A constituído pelas 3 alturas de anelamento completo, formados de cinco repetições de uma planta cada, e B as 3 avaliações realizadas, a cada 45 dias (metade de fevereiro - 165 dias, março - 210 dias e metade de abril - 255 dias).

4.4.4 Enraizamento de estacas obtidas de brotações epicórmicas e da copa

Semelhantemente ao item anterior, os brotos provenientes das técnicas de indução de brotações epicórmicas (4.4.2 e 4.4.3) e brotações da copa (brotações produzidas no ano pela copa das árvores) foram coletados em mesma área experimental 180 dias após a sua aplicação (fevereiro de 2017). As brotações foram transportadas em caixa de isopor com água para o Viveiro Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, no município de Lages.

As brotações foram seccionadas em estacas, cortadas com tesoura de poda em bisel, com aproximadamente 7 cm de comprimento, mantendo-se ao menos uma folha cortada em 50% de sua área. Devido à pouca disponibilidade de material, utilizou-se toda a porção do broto, desde a porção basal (lignificada) até a apical (herbácea). A fim de determinar as diferenças de enraizamento por estaquia, os tratamentos foram: estacas provenientes de brotações epicórmicas, e; estacas provenientes de material da copa.

As estacas foram postas para enraizar em tubetes de 180 cm³ com mistura de substrato comercial (mistura de casca de *Pinus* compostada e turfa, pH de 5,4) e vermiculita fina na proporção 1:1, com acréscimo de 6 g L⁻¹ de adubo de liberação

lenta (Osmocote® 15-9-12). As bandejas, contendo os tubetes e estacas, foram alocadas em estufim, com irrigação por microaspersão composta de quatro irrigações diárias de cinco minutos cada.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 15 repetições de 10 estacas para cada tratamento. Aos 90 dias foram avaliadas: sobrevivência de estacas (%); formação de calos (%); enraizamento (%); número médio de raízes, e; comprimento médio das 3 maiores raízes (cm).

4.4.5 Análise estatística

Foi avaliada a normalidade dos dados de todos os experimentos, que, com a normalidade, aplicou-se teste de médias Tukey, e sem normalidade, aplicado Kruskal-Wallis, ambos à 5% de probabilidade de erro. A análise estatística dos experimentos foi realizada pelo software ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016). Ainda, foi verificada a acurácia seletiva (%) para os tratamentos significativos pela análise de variância pela fórmula:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{1}{F_{cal}} \right)}$$

Sendo: *Fcal*: Valor de F obtido na razão dos quadrados médios do tratamento (*QMtrat*) e do resíduo (*QMres*), da análise de variância (ANOVA).

4.5 RESULTADOS

4.5.1 Técnicas de indução de brotações epicórmicas

Não houve significância para a variável de árvores com brotações pela análise de variância ($P < 0,05$), não sendo apresentado seu valor para acurácia seletiva. Para número de brotos formados e comprimento médio de brotos, os quais foram significativos, os valores foram considerados muito altos (92,7% e 96,4%).

Os períodos de avaliação não se mostraram significativos, ou seja, os resultados das variáveis não estão relacionados as épocas de avaliação. A percentagem de árvores brotadas se manteve entre 37% e 51,9%, o número médio

de brotos formados entre 1,4 e 2,9, e o comprimento médio de brotos entre 1,4 cm e 3,1 cm.

A técnica de galhos vivos produziu em média quase quatro vezes mais brotações (4,7) epicórmicas do que a técnica de anelamento completo (1,2) e mais que sete vezes para o semianelamento (0,6). Ambos os tratamentos de anelamento não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 5).

Tabela 5. Árvores e galhos de erva-mate com brotações (%), número médio e comprimento médio de brotos (cm) de acordo com três técnicas de resgate em três períodos de avaliação.

Árvores com brotações (%)				
Tec. de indução	Avaliações (dias)			Médias
	210	255	300	
Anelamento 100%	66,7	22,2	55,6	48,2 a*
Anelamento 50%	33,3	44,4	44,4	40,7 a
Galhos vivos destacados	55,6	44,4	33,3	44,4 a
Médias	51,9 a	37,0 a	44,4 a	-
Número médio de brotos formados				
Tec. de indução	Avaliações (dias)			Médias
	210	255	300	
Anelamento 100%	1,2	1	1,3	1,2 b
Anelamento 50%	0,5	0,5	0,7	0,6 b
Galhos vivos destacados	7,1	4,7	2,2	4,7 a
Médias	2,9 a	2,1 a	1,4 a	-
Comprimento médio de brotos (cm)				
Tec. de indução	Avaliações (dias)			Médias
	210	255	300	
Anelamento 100%	0,8	1,3	1,9	1,3 b
Anelamento 50%	2,9	6,7	6,4	5,3 a
Galhos vivos destacados	0,5	0,3	0,9	0,6 b
Médias	1,4 a	2,8 a	3,1 a	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ($P < 0.05$).

Plantas matrizes de erva-mate sob a condição de semianelamento produziram brotações mais do que quatro vezes maiores (5,3 cm) do que as sob anelamento completo (1,3 cm) e quase nove vezes aos galhos vivos (0,6 cm). Os tratamentos de anelamento completo e galhos vivos foram estatisticamente iguais para o comprimento de médio de suas brotações.

Para o tratamento de galhos vivos, foi observado uma elevada produção de brotações epicórmicas. Todavia, estas possuíam pequeno comprimento e elevado número de gemas. (Figura 12).

Figura 12. Detalhes do início da brotação epicórmica de galhos vivos, acondicionados em estufim no viveiro da UDESC, em Lages.



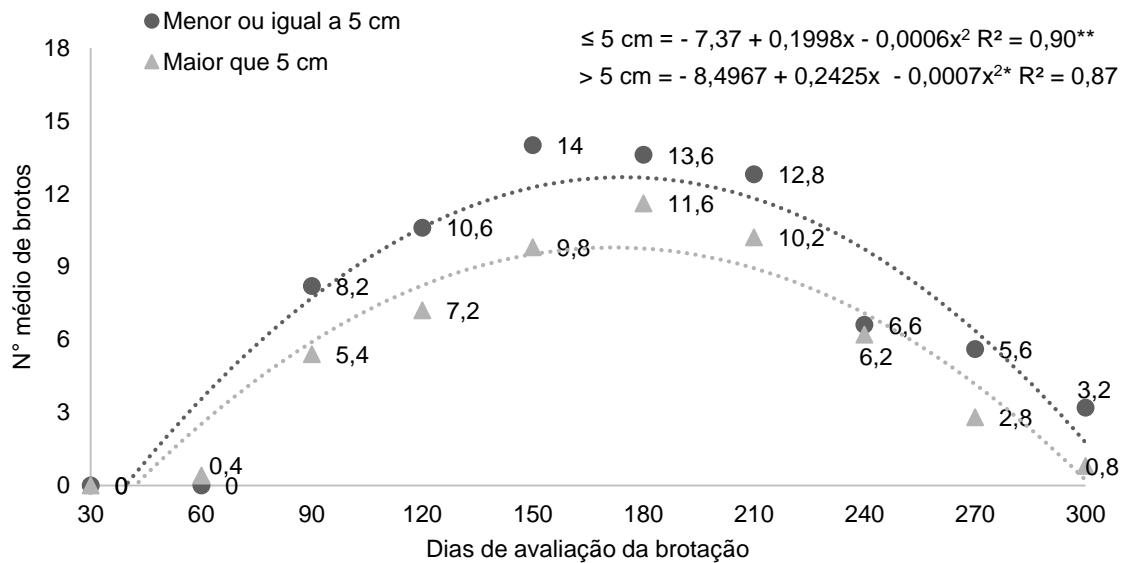
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Quanto ao desenvolvimento dos galhos vivos destacados, não foi detectada diferença estatística entre as duas classes de diâmetro de galhos na formação de brotações, porém, foi constatada interação significativa ($P < 0.05$) entre o diâmetro de galhos e a brotação.

Os valores altos de R^2 obtidos tanto para galhos de tamanho maior que 5 cm (0,87) e menor ou igual a 5 cm (0,89) demonstram alta confiabilidade na estatística de regressão aplicada.

O início da formação de brotos foi constatado a partir da segunda avaliação (60 dias), apresentando duas brotações em um mesmo galho. A partir da terceira avaliação (90 dias) houve um significativo aumento das brotações, passando de dois brotos para mais de 60, distribuídos em 80,0% dos galhos vivos. Esta brotação perdurou até a sexta avaliação (180 dias), com mais de 120 brotos presentes em até 90,0% dos galhos (Figura 13).

Figura 13. Curva da média de brotação de galhos de erva-mate de acordo com os dias de avaliação.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Cálculo de regressão determinado pelo software estatístico ($P < 0,05$); **Valor de R ajustado.

Entre a sexta e a sétima avaliação (entre 180 e 210 dias) houve início do decréscimo nas brotações em todos os galhos. Ao final das avaliações (300 dias), restaram apenas 30% dos galhos com brotações presentes, com aproximadamente 20 brotos restantes. (Figura 14).

Figura 14. Brotação de galhos vivos podados de erva-mate de acordo com o início das avaliações (a – 60 dias), durante as avaliações intermediárias (b – 150 dias; c – 240 dias) e na avaliação final (d – 300 dias).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

4.5.2 Diferentes alturas de anelamento para brotação epicórmica

A acurácia seletiva foi considerada alta para a brotação (72,4%), sendo avaliada somente para esta variável, pois, as demais não apresentam ser significativas pela análise de variância.

Os períodos de avaliação não diferiram pela análise de variância ($P < 0.05$) para nenhuma das variáveis. De acordo com os períodos, a percentagem de árvores com brotações variou de 20,0% a 40,0%, o número médio de brotos de 0,3 a 1,1, e o seu comprimento médio de 0,5 cm a 1,6 cm.

O anelamento realizado a 90 cm do solo apresentou ser o mais favorável para indução de brotações (53,3%), quase o dobro quando comparado com o tratamento de 30 cm (26,7%) e três vezes mais que 60 cm (20,0%). Não houve significância para as demais variáveis (Tabela 6).

Tabela 6. Árvores de erva-mate com brotações (%), número médio e comprimento médio de brotos (cm) de acordo com três alturas de anelamento completo (100%) em três períodos de avaliação.

Árvores com brotações (%)				
Alt. de anelamento	Avaliações (dias)			Médias
	165	210	255	
30 cm	20,0	20,0	40,0	26,7 b*
60 cm	20,0	20,0	40,0	26,7 b
90 cm	80,0	40,0	40,0	53,3 a
Médias	40,0 a	26,7 a	40,0 a	-
Número médio de brotos formados				
Alt. de anelamento	Avaliações (dias)			Médias
	165	210	255	
30 cm	0,2	0,2	0,6	0,3 a
60 cm	0,2	0,2	1,2	0,5 a
90 cm	2,4	0,8	1,6	1,6 a
Médias	0,9 a	0,4 a	1,1 a	-
Comprimento médio de brotos (cm)				
Alt. de anelamento	Avaliações (dias)			Médias
	165	210	255	
30 cm	0,2	0,4	0,5	0,4 a
60 cm	1,5	0,8	0,3	0,9 a
90 cm	3,1	1,0	0,8	1,6 a
Médias	1,6 a	0,7 a	0,5 a	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ($P < 0.05$).

4.5.3 Enraizamento de estacas obtidas de brotações epicórmicas e da copa

Comparando o enraizamento de estacas de brotações epicórmicas e da copa, não foram detectadas diferenças estatísticas para as variáveis de sobrevivência, enraizamento, formação de calos e comprimento médio de raiz. Somente foi constatada diferença entre os tratamentos para o número médio de raízes formadas (Tabela 7).

Tabela 7. Sobrevivência (%), enraizamento (%), formação de calos (%), número de raízes e comprimento médio de raízes (cm) de estacas de erva-mate em comparação entre material revigorado e do ano.

Tratamento	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	Calos (%)	Nº de raízes	Comp. de raiz (cm)
Brot. epicórmicos	50,7 a*	37,3 a	20,7 a	2,3 a	0,9 a
Brot. da copa	56,7 a	26,7 a	28,7 a	0,8 b	0,7 a

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de médias Tukey ($P < 0.05$).

Embora sem diferença significativa, houve um maior enraizamento (aproximadamente 10,0%) de estacas feitas das brotações epicórmicas (37,3%) do que estacas da copa (26,7%). Estacas de plantas erva-mate provenientes de brotações epicórmicas apresentaram quase três vezes mais raízes (2,3) em relação ao material vegetal da copa das árvores (0,8).

4.6 DISCUSSÃO

4.6.1 Técnicas de indução de brotações epicórmicas

Não foi detectada a mortalidade de plantas matrizes de erva-mate que tiveram sua casca retirada pelas técnicas de anelamento. Mesmo devido à injúria ocasionada pela retirada de um anel completo do caule, não é comum o caso de mortalidade em erva-mate (SANTIN et al., 2008).

A indução de brotações basais geralmente é realizada por decepa, anelamento ou alguma outra técnica que promova a brotação basal. As técnicas de anelamento promovem menor quantidade de brotações epicórmicas quando comparado com a técnica de decepa (PEREIRA, 2014). Todavia, as técnicas de anelamento se tornam

interessantes, pois, além de manter a planta viva e produtiva, é capaz de fornecer um material de qualidade superior para a propagação vegetativa (WENDLING et al., 2013). Por tratar-se de uma área nativa de extração de erva-mate, as plantas matrizes deste trabalho não são comumente cortadas.

Por pertencer a uma área de coleta periódica de massa verde, a menor área fotossintetizante das plantas de erva-mate pode ter favorecido a brotação pelas técnicas de anelamento. A associação entre poda e anelamento do caule é capaz de promover um elevado percentual de brotação (83,3%), com grande número de brotos (4,3) e comprimento (16,4 cm) em erva-mate (SANTIN et al., 2008). Todavia, no presente trabalho foram obtidos baixos percentuais de brotação, podendo ser causada devido a algum grau de maturação avançado das plantas matrizes, ou a fatores intrínsecos da espécie adaptada ao ambiente em que está inserida.

Em experimento semelhante realizado por Bitencourt (2009b), a técnica de anelamento completo em plantas matrizes envelhecidas de erva-mate promoveu uma menor percentagem de brotação (44,4%), mas produziu igualmente uma maior quantidade de brotos (4,2) e de igual comprimento (15,0 cm). O percentual de árvores com brotações do presente trabalho (44,5%) corrobora com a literatura, porém, o número de brotos ainda é inferior (0,9). Matrizes com elevado grau de maturação tendem a ter baixo vigor vegetativo, sendo processo característico da sua maturação (FERREIRA et al., 2010; WENDLING et al., 2014). Porém, as plantas matrizes utilizadas neste trabalho são consideradas ainda jovens (15 anos de idade), corroborando com a hipótese da adaptação desta população de erva-mate às condições adversas de temperatura local.

Embora a técnica de galhos vivos seja capaz de produzir uma grande quantidade de brotações (5,5), sua grande maioria possui tamanho reduzido (menor que 4 cm), dificultando sua estaquia (WENDLING et al., 2013). Isto foi observado neste trabalho, em que muitas brotações não atingiam tamanho suficiente para coleta. Ainda é necessário desenvolver estudos mais específicos sobre a brotação epicórmica de galhos podados de erva-mate (WENDLING e BRONDANI, 2015) a fim de determinar os melhores procedimentos para obtenção de brotos com comprimentos compatíveis para a estaquia.

É possível que a técnica de semianelamento associada à característica de árvore podada exerça uma maior capacidade de brotação epicórmica na planta. Isto pode estar associado às diferenças ocasionadas no desbalanço hormonal,

possibilitando maior comprimento médio de brotos. Outra hipótese da baixa brotação e menor número de brotos formados estaria nas condições ambientais, principalmente nas temperaturas mais baixas da região do estudo e ao sombreamento, por pertencer a uma área nativa. Todavia, as características genéticas não podem ser descartadas quanto a formação desta variável. A elevada diversidade genética, provinda de plantas de origem seminal, pode influenciar na promoção de brotações epicórmicas (MEASON et al., 2016). Este efeito pode ser potencializado ao associar fatores de estresse e de maior luminosidade (BURROWS et al., 2010).

O desenvolvimento dos galhos vivos destacados deste estudo é comum aos encontrados em *Persea willdenovi* Kosterm (MENEGUZZI, 2017), em que as reservas perduraram até 210 dias, havendo considerável diminuição da produção de brotações. O mesmo ocorreu para galhos podados de *Araucaria angustifolia* (WENDLING et al., 2009), que com o passar do tempo houve perda gradativa da sua capacidade de brotação.

Em experimento semelhante com erva-mate, houve uma baixa quantidade média de brotos formados (5,5) em galhos podados inicialmente (30 dias), diminuindo gradativamente (4,5) na segunda avaliação (50 dias) e terceira avaliação (média de 2 brotos aos 73 dias) (WENDLING et al., 2013). Neste trabalho constatou-se uma maior vida útil dos galhos, que continuaram produtivos até 300 dias após a implantação do experimento. Isto provavelmente ocorreu porque os galhos deste experimento possuíam maiores quantidades de reservas energéticas que os do experimento anteriormente citado. Neste mesmo trabalho citado, os galhos vivos destacados foram postos no sentido vertical, o que pode ter possibilitado um melhor desenvolvimento das gemas, produzindo brotações de maior comprimento do que no presente estudo. Alternativamente, condições de umidade (sempre acima de 90%) e temperatura (entre 20,4 °C e 25,7 °C para o período de maior brotação, entre 90 e 210 dias) favoreceram a promoção do maior número de brotações e sua sobrevivência por um maior período.

A brotação epicórmica por galhos vivos destacados é possível em diversas espécies (ALMEIDA et al., 2007; WENDLING et al., 2013; MENEGUZZI, 2017). Porém, é preciso levar em consideração as características de juvenildade dos galhos, as suas reservas energéticas e o ambiente de armazenamento, pois estes fatores aparentam afetar diretamente a sua brotação.

Ao cortar-se o galho da planta matriz há o desbalanço hormonal entre auxinas e citocininas, porém, a quantidade ainda armazenada é capaz de promover a

produção de novas brotações (HARTMANN et al., 2011). A coleta de galhos para produção de brotações é uma ótima alternativa para espécies de difícil propagação vegetativa, pois, além da não necessidade do corte, há ainda o fácil acesso e maior controle ambiental presente nas casas de vegetação.

4.6.2 Diferentes alturas de anelamento para brotação epicórmica

A brotação epicórmica é favorecida de acordo com o aumento da altura em decepadas de erva-mate (até 75,0% de brotação a 60 cm), enquanto o comprimento de brotos não compartilha desta relação (até 54,6 cm a 30 cm) (STUEPP et al., 2016). Semelhantemente, no presente trabalho a maior brotação foi observada para a maior altura de anelamento completo, embora não tenha ocorrido o mesmo para o seu comprimento, o qual também foi superior para a maior altura. Há diminuição significativa na brotação de erva-mate por decape de acordo com decréscimo em altura da região de corte (SCHUCH e LAZZARI, 1985).

Uma possível explicação para a maior brotação ter ocorrida na maior altura de anelamento seria a maior presença de gemas adventícias próximas ao local da injúria. No caso de brotação a partir de cepas, esta é maior em porcentagem e em quantidade de brotos de acordo com o aumento em altura do corte, pois há uma maior área superficial do tronco com maior número de gemas adventícias exposta (PERRANDO e CORDER, 2006; STUEPP et al., 2016). A retirada da casca a 90 cm de altura pode ter promovido um maior contato com estas gemas, favorecendo seu desenvolvimento, uma vez que se encontravam mais próximas e possivelmente em maior quantidade na parte externa da casca.

Embora houve diferença significativa para árvores com brotação, é importante evidenciar que esta ocorreu em um baixo número de indivíduos. As baixas porcentagens de brotação podem estar relacionadas ao processo de maturação das plantas matrizes, havendo atividade fisiológica reduzida e diminuição no vigor (FERREIRA et al., 2010; WENDLING et al., 2014). Ressalta-se ainda que, quanto mais alta as brotações em relação ao caule da planta, mais ontogeneticamente maduro é este material vegetal.

4.6.3 Enraizamento de estacas obtidas de brotações epicórmicas e da copa

As condições de temperatura e umidade em que o presente experimento foi conduzido ajudou a manter a sobrevivência das estacas de erva-mate em níveis aceitáveis, assim como em outros experimentos de estaquia com a mesma espécie (STUEPP et al., 2013). Todavia, a sobrevivência de estacas está diretamente relacionada com a idade da planta matriz (STUEPP et al., 2015). A sobrevivência de estacas de erva-mate provenientes de plantas matrizes maduras que passaram por técnicas de revigoração, como o anelamento completo do caule, pode ser superior a 75,0%. (STUEPP, 2017b). Esta diferença não foi constatada no presente estudo, em que a sobrevivência para ambos os materiais, revigorados ou não, foi estatisticamente igual em aproximadamente 50,0%. Isto pode indicar que, para esta variável, não há a necessidade de revigoração do material vegetal, visto a idade média de 15 anos das plantas matrizes.

O revigoração causado pelo anelamento completo favorece o enraizamento de estacas provenientes de matrizes maduras (80 anos) em mais do que 55,0% (STUEPP et al., 2017b). Estacas seccionadas de material vegetal revigorado aumentam significativamente (até oito vezes mais) o seu enraizamento (65,5%) em comparação ao da copa (8,5%) (BITENCOURT et al., 2009a). O revigoração não apresentou ser igualmente eficaz no enraizamento de estacas do presente trabalho, não chegando a 40,0%. Porém, a diferença aproximada de quase 10,0% de enraizamento entre os materiais fortalece a hipótese de que as técnicas de revigoração são eficazes no enraizamento de estacas, mesmo quando realizado em plantas matrizes mais jovens.

A época de produção de estacas e a maturidade da planta matriz pode afetar significativamente o seu enraizamento. Estacas produzidas no inverno e provenientes de plantas de erva-mate mais jovens podem ter o enraizamento de suas estacas favorecido (mais que 75,0%, para plantas de 17 anos), enquanto as matrizes mais maduras enraízam pouquíssimo (menos que 2,0% para mesma época, de plantas de 80 anos) (STUEPP et al., 2017a). Embora com estacas produzidas em mesma época e, considerando como envelhecidas para o da copa, houve ainda considerável enraizamento (26,7%). Reforça-se a hipótese de que a população de erva-mate local é adaptada às condições ambientais, refletindo num menor desenvolvimento vegetativo geral, o que incluiu o enraizamento de estacas.

A formação considerável de calos para ambos os materiais (20,7% e 28,7%) do presente trabalho pode indicar um futuro enraizamento, caso estas estacas sejam mantidas em casa de vegetação por um maior período de tempo. Estacas provenientes de plantas de 80 anos possuem elevado percentual de calos (50,0%), que, se mantidas por mais tempo em casa de vegetação, possuem significativas chances de enraizar (STUEPP et al., 2009b). Todavia, o trabalho citado não traz a informação de número de estacas enraizadas que possuíam calo, enquanto o presente trabalho traz esta informação correlacionada em relação ao número total de estacas produzidas. Cerca de 45,0% das estacas com calos enraizaram, independente do grau de juvenilidade do material. A formação de calos é um indicativo de elevada maturação do material vegetal utilizado para propagação vegetativa (WENDLING et al., 2014).

O revigoroamento do material estaqueado pode ter sido responsável pelo maior número de raízes e de maior comprimento. Estacas de erva-mate revigoradas por rebrota possuem maior número de raízes (13,2) e de maior comprimento (2,8 cm) em relação ao material produzido no ano (2,3 e 4,5 cm) (BITENCOURT et al., 2009a). Todavia, estacas revigoradas por anelamento completo podem apresentar um menor número de raízes (4,7) e de menor comprimento (1,0 cm) (STUEPP et al., 2017b). Proporcionalmente, as estacas revigoradas do presente trabalho obtiveram maior número de raízes (aproximadamente 3 vezes) do que brotações da copa, enquanto o comprimento de raízes foi muito próximo (0,7 cm e 0,9 cm).

As diferenças de enraizamento, formação de calos, número e comprimento de raiz em relação aos trabalhos citados (BITENCOURT et al., 2009a; STUEPP et al., 2017a; 2017b) podem estar relacionados ao grau de maturação do material utilizado (FERREIRA et al., 2010; WENDLING et al., 2014), em que as matrizes do presente trabalho poderiam ser consideradas maduras por apresentarem menores percentagens e número destas variáveis. As estacas de erva-mate possuem baixos índices de enraizamento por serem dependentes de diversos fatores intrínsecos à espécie, como o material genético, qualidade fisiológica e a idade da planta matriz. O principal fator ligado à baixa porcentagem de enraizamento está na baixa juvenilidade do propágulo utilizado (WENDLING e BRONDANI, 2015). Alternativamente, o grau de maturação pode não ser o principal fator a dificultar o enraizamento, visto que foram utilizadas plantas com 15 anos de idade em média. A região de coleta de material possui um clima único, o que pode ter promovido à uma adaptação da população local

de erva-mate. Uma das possíveis adaptações seria o menor desenvolvimento vegetativo desta espécie.

4.7 CONCLUSÕES

- Para produção de brotações epicórmicas juvenis em erva-mate se recomenda a aplicação da técnica de semianelamento, independente da altura, por produzir brotos de maior comprimento, embora levem maior tempo de formação;
- Recomenda-se utilizar estacas provenientes de material revigorado de plantas de erva-mate por apresentarem maior quantidade média de raízes;
- Não se recomenda a indução de brotações epicórmicas para produção de estacas normais pela técnica de coleta de galhos vivos destacados, devido a produção de brotações de baixo comprimento apesar do elevado número de gemas;
- Visa-se novos estudos relacionados ao resgate de material vegetal a partir de galhos vivos podados, a fim de determinar a melhor técnica de alongamento das brotações.

4.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. D. et al. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Por estaquia. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

BITENCOURT, J. et al. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações revigoradas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais.**, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009a.

BITENCOURT, J. Otimização do enraizamento de estacas de plantas adultas de erva-mate. **Tese** (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 162p. 2009b.

BONDARIK, R. et al. A produção de erva-mate e o início da atividade industrial no estado do Paraná. In: **II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**. Ponta Grossa, Brasil. 2006.

BURROWS, G. E. et al. A wide diversity of epicormic structures is present in Myrtaceae species in the northern Australian savana biome—implications for adaptation to fire. **Australian Journal of Botany**, v. 58, n.6, p. 493–507. 2010.

FERREIRA, B. G. A. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (vell.) pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, v.20, n.1, p.19-31, 2010.

HARTMANN, H. T. et al. **Hartmann and Kester's Plant propagation: principles and practices**. 8. ed, 915 p, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura de 2015**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2015> Acesso em: 02 de maio de 2017.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. 1 ed. Instituto Plantarum. 2002. p. 71-72.

MEASON, D. F. et al. Two New Zealand-based common garden experiments of the range-wide ‘Kuser’ clonal collection of *Sequoia sempervirens* reveal patterns of provenance variation in growth and wood properties. **New Forests**, v. 47, n. 4, p. 638-651, 2016.

MEDRADO, M. J. S. **Cultivo da Erva-Mate**. Sistemas de Produção, 1. ISSN 1678-8281. 2005.

MEDRADO, M. J. S. et al. **Recuperação de ervais degradados**, Embrapa Florestas, 6p, 2002.

MENEGUZZI, A. Resgate vegetativo e propagação in vitro de *Persea wilddenovii* Kosterm. **Dissertação** (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina. 83p. 2017.

NAVROSKI, M. C. et al. Alongamento in vitro de genótipos de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **CERNE**. v. 19, n. 4, p. 545-550, 2013.

PASSINATO, R. Aspectos etnoentomológicos, socioeconômicos e ecológicos relacionados à cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no município de Salto do Lontra, Paraná, Brasil. Piracicaba, **Dissertação** (Mestrado em Ecologia de

Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 112 f. 2003.

PERRANDO, E. R.; CORDER, M. P. M. Rebrotas de cepas de *Acacia mearnsii* em diferentes idades, épocas do ano e alturas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.555-62, 2006.

PEREIRA, M. O. Resgate vegetativo e propagação via estaquia e miniestaquia de *Toona ciliata* M. Roem. Var. *australis* (F. Muell.) Bahadur. **Dissertação** (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. 103p. 2014.

SANTIN, D. et al. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.97-104, 2008.

SCHUCH, S. L. C.; LAZZARI, A. L. F. Dados preliminares sobre a recuperação de ervais improdutivos através da prática da decepa. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: **Silvicultura da Erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**, 10., 1983, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA-CNPq, p.109-110, 1985.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

STUEPP, C. A. et al. Age of stock plants, seasons and iba effect on vegetative propagation of *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**. 41(2):e410204. 2017a.

STUEPP, C. A. et al. Enraizamento de melaleuca: influência da altura de coleta das estacas e aplicação de AIB. **Colloquium Agrariae**, v.9, p.01-09, 2013.

STUEPP, C. A. et al. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em erva-mate. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 1009-1022, 2016.

STUEPP, C. A. et al. Métodos de resgate e idade cronológicas de plantas-matrizes no enraizamento de brotações epicórmicas de *Ilex paraguariensis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1409-1413, 2017b.

STUEPP, C. A. et al. Propagação de erva-mate utilizando brotações de anelamento e decepa em matrizes de duas idades. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 519-526. 2015.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. EMBRAPA. 21 ed. 2015.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire)**: estado da arte e tendências futuras. Embrapa Florestas-CNPq, 46 p. (Documentos, n. 91). 2004.

WENDLING, I. et al. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I. et al. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, revitalization and juvenility maintenance. **New Forests**, v.1, p.1-14, 2014.

WENDLING, I. et al. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormics shoots. **Acta Scientiarum**, v.35, n.1, p.117-125, 2013.

5 CAPÍTULO III – ESTAQUIA DE ERVA-MATE DE ACORDO COM O GENÓTIPO, AMBIENTE DE ENRAIZAMENTO E USO DE AIB

5.1 RESUMO

A propagação vegetativa é uma ferramenta eficaz no estabelecimento de plantas com características superiores. Para tanto, é preciso testar o enraizamento de cada genótipo em relação ao ambiente e observar a resposta da espécie ao uso de reguladores de crescimento. O objetivo deste trabalho foi avaliar: 1) O enraizamento de erva-mate por estaquia de seis genótipos em dois ambientes, e; 2) Testar o uso de doses de AIB com determinação do tempo de enraizamento. O material vegetal foi obtido no município de Urupema, Santa Catarina. Plantas matrizes de erva-mate com idade média de 15 anos foram selecionadas ao acaso, tendo suas brotações da copa coletadas e transportadas para a UDESC, em Lages. Os brotos foram seccionados em estacas, postas para enraizar de acordo com os experimentos: 1) Os seis genótipos foram acondicionados em dois ambientes, um com irrigação por microaspersão (estufim) e em casa de vegetação com nebulização intermitente (CVNI); 2) Em estufim sob as concentrações de AIB (mg L^{-1}): 0; 2.500, 5.000, 7.500 e 10.000, em cinco épocas de avaliação. Foram avaliados: sobrevivência (%), calos (%), enraizamento (%), número e comprimento médio de raízes (cm). 1) A sobrevivência foi superior no estufim ($>35,0\%$), mas seu enraizamento foi inferior ($<50,0\%$). O genótipo G6 foi superior em todas as variáveis analisadas, principalmente quanto à sobrevivência ($>70,0\%$) e enraizamento ($>30,0\%$). A seleção correta do genótipo e do ambiente são cruciais para o sucesso de enraizamento de estacas de erva-mate. Ainda, o enraizamento indica estar mais associado ao fator tempo do que ao uso de AIB propriamente dito.

Palavras-chave: Microaspersão e nebulização; propagação vegetativa; enraizamento; regulador de crescimento.

5.2 ABSTRACT

Vegetative propagation is effective tool in the establishment of plants with superior characteristics. Therefore, it is necessary to test the rooting of each genotype in relation to the environment and observe the response of the species to the use of

growth regulators. The objective of this work was to evaluate: 1) The rooting of yerba mate by cutting six genotypes in two environments, and; 2) Test the use of doses of IBA with determination of rooting time. The plant material was obtained in the municipality of Urupema, Santa Catarina. Yerba mate plants with average of 15 years old were selected randomly, and their treetop shoots were collected and transported to UDESC, in Lages. The shoots were sectioned on cuttings, put to root according to the experiments: 1) The six genotypes were conditioned in two environments, one with irrigation by microsprinkler (small greenhouse) and in greenhouse with intermittent nebulization (GNI); 2) In a small greenhouse under the concentrations of IBA (mg L^{-1}): 0; 2.500, 5.000, 7.500 and 10.000 in five evaluation periods. Were evaluated: survival (%), callus (%), rooting (%), number and mean root length (cm). 1) Survival was superior in an environment with micro sprinkler irrigation ($> 35,0\%$), but its rooting was lower ($<50,0\%$). G6 genotype was higher in all analysed variables, mainly about survival ($>70,0\%$) and rooting ($>30,0\%$). The correct selection of the genotype and the environment are crucial for the successful rooting of yerba mate cuttings. Also, rooting indicates to be more associated to the time factor than to the use of AIB itself.

Keywords: Microaspersion and nebulization; vegetative propagation; rooting; growth regulator.

5.3 INTRODUÇÃO

O uso da via sexuada no melhoramento é importante, pois garante uma maior diversidade genética e proporciona que determinadas características desejáveis da planta mãe sejam herdadas (XAVIER et al., 2013). Porém, além de não se ter uma padronização das mudas, pode haver baixo número de sementes produzidas e com possibilidade de dormência, longos períodos de germinação e elevada heterogeneidade genética ocasionado pela reprodução sexuada (XAVIER et al., 2013; WENDLING e BRONDANI, 2015).

Em contrapartida, a propagação vegetativa pode solucionar alguns destes problemas ao se utilizar plantas matrizes geneticamente superiores, sendo a estaquia uma das técnicas mais utilizadas para este fim (WENDLING e BRONDANI, 2015). Certas vantagens desta técnica seriam: transmissão direta de características desejáveis, homogeneização das plantas produzidas e possibilidade de produção

contínua durante todo o ano (DIAS et al., 2012). O principal fator que garante o sucesso desta técnica está no enraizamento adventício das estacas produzidas (HARTMANN et al., 2011). Para tanto, algumas características devem ser levadas em consideração: o genótipo utilizado (WENDLING e DUTRA, 2010), o ambiente de enraizamento (PIRES et al., 2013) e o uso de reguladores de crescimento (HARTMANN et al., 2011).

Um dos fatores mais importantes para o sucesso no enraizamento é o genético, em que diferentes genótipos de uma mesma espécie respondem de maneira diferente à estaquia (FRANZON et al., 2010). Ambientes com irrigação por nebulização favorecem a sobrevivência de estacas e seu enraizamento, principalmente por manter as suas folhas funcionais por mais tempo (WENDLING e BRONDANI, 2015). Um ambiente com umidade elevada e constante é essencial para manutenção da sobrevivência dos propágulos (XAVIER et al., 2013). O uso de reguladores de crescimento na estaquia, como o AIB, tem por objetivo aumentar os níveis de auxina na região basal da estaca, auxiliando na formação de raízes pela divisão celular (HARTMANN et al., 2011).

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire), espécie característica e de forte vínculo cultural com o Sul do Brasil, possui amplo potencial de utilização, desde o consumo na forma pouco industrializada, como chás, até na indústria de medicamentos e cosméticos (DARTORA et al., 2013). Como outras culturas, os ervais devem ser constituídos de plantas superiores, selecionando mudas de características produtivas de interesse. Embora seja a melhor técnica para seleção no melhoramento, a propagação vegetativa de erva-mate ainda não possui protocolos eficientes para o enraizamento de estacas, com capacidade de aplicação em grande escala comercial (WENDLING e BRONDANI, 2015).

São ainda poucos os trabalhos atuais que tratam sobre o melhoramento de erva-mate pelo uso da propagação vegetativa e seleção de plantas matrizes superiores (WENDLING e BRONDANI, 2015). Tanto a sobrevivência de estacas como o seu enraizamento são dependentes das suas características genéticas (BRONDANI et al., 2008). Em trabalhos desenvolvidos não houve a constatação de diferenças no enraizamento de estacas entre ambientes com maior controle de variáveis, como temperatura e irrigação, em relação a ambientes com menor controle (BRONDANI et al., 2008; BRONDANI et al., 2009). Atualmente, não há recomendações precisas na

dosagem de AIB na estaquia de erva-mate, sendo recomendadas sempre concentrações elevadas (acima de 5.000 mg L^{-1}) (WENDLING e BRONDANI, 2015).

Portanto, objetivou-se neste trabalho observar o desenvolvimento de seis genótipos de erva-mate quanto ao enraizamento de suas estacas em dois ambientes diferenciados, sendo um com maior controle de temperatura e umidade, e outro mais simples e de menor custo. E também, avaliar a influência de diferentes concentrações de AIB no enraizamento de estacas desta espécie, em função do fator tempo.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1 Características da área de estudo

A coleta de material vegetal para os experimentos de estaquia ocorreu em mesmo local e condições ao primeiro capítulo deste trabalho (Capítulo I).

5.4.2 Estaquia de diferentes genótipos de erva-mate em dois ambientes de enraizamento

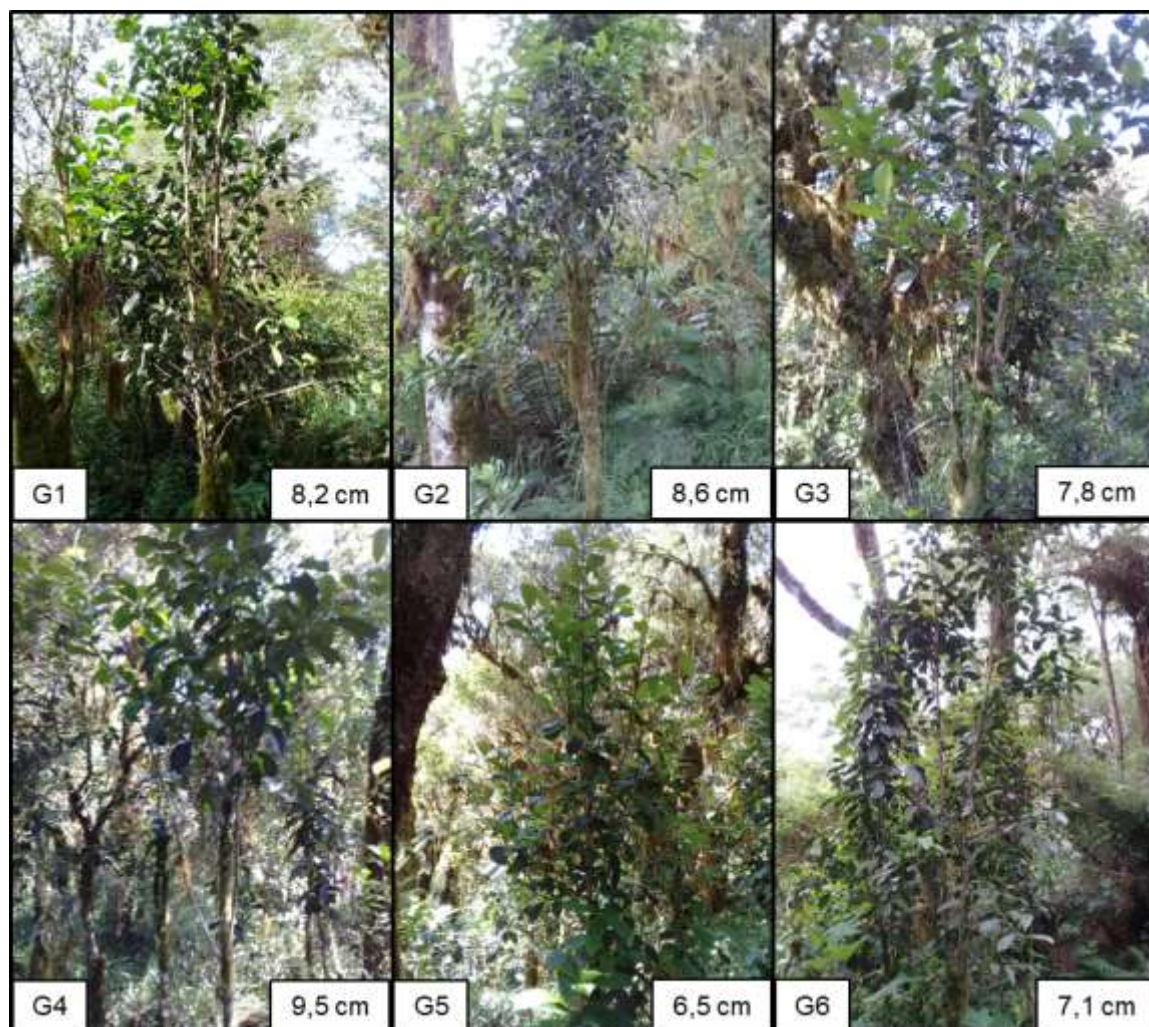
Em agosto de 2017 foram selecionadas seis árvores matrizes com pelo menos 20 m de distância entre si, com diâmetro médio de 8,0 cm, para coleta de brotações da copa para estaquia (Figura 15).

Seus brotos foram coletados, dispostos em caixa de isopor com água para evitar a perda de umidade e transportados para o Viveiro Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, no município de Lages. No viveiro, as brotações foram seccionadas em estacas de aproximadamente 7 cm de comprimento e mantendo ao menos uma folha com 50% de sua área reduzida.

Em seguida, as estacas produzidas foram postas para enraizar em tubetes de 110 cm^3 com mistura de substrato comercial (mistura de casca de *Pinus* compostada e turfa, pH de 5,4) e vermiculita fina na proporção 1:1, com acréscimo de 6 g L^{-1} de adubo de liberação lenta (Osmocote® 15-9-12).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 6×2 , sendo o fator A constituído pelos 6 genótipos, formados de oito repetições de seis estacas cada, e B os 2 ambientes de enraizamento.

Figura 15. As seis plantas matrizes (genótipos) em que houve coleta de brotações do ano, em Urupema.

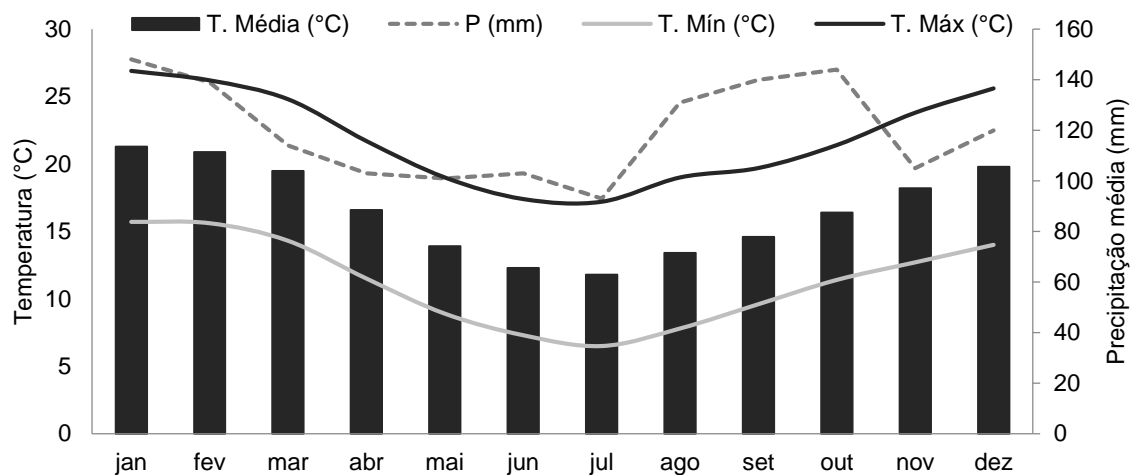


Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após o estaqueamento, as bandejas contendo os tubetes foram acondicionadas em dois ambientes distintos de enraizamento (fator B), sendo:

I – No estufim, sendo uma estrutura mais simplificada, inserida em uma casa de sombra, localizado no Viveiro Florestal da UDESC, em Lages, com irrigação automática por microaspersão composta de quatro irrigações diárias de cinco minutos cada. De acordo com a classificação de Köppen, a região possui um clima quente e temperado (*Cfb*), com temperatura média de 16,6 °C e pluviosidade média anual de 1441 mm (Figura 16).

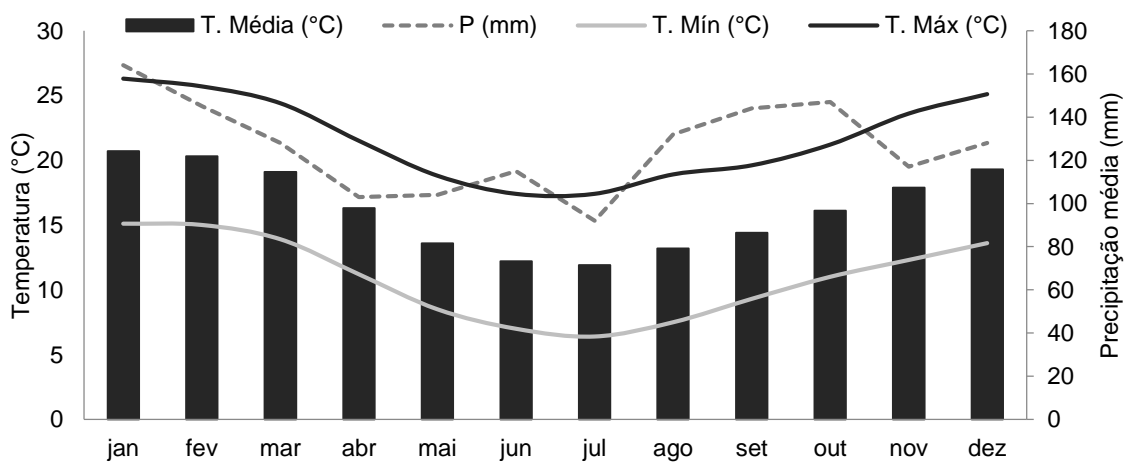
Figura 16. Médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) e precipitação média (mm) no município de Lages, Santa Catarina, no decorrer de um ano.



Fonte: climate-data.org.

II – Em casa de vegetação com nebulização intermitente (CVNI) de uma empresa florestal, em Otacílio Costa, com controle automático de temperatura (entre 20 °C e 30 °C) por termostato e umidade (sempre acima de 80,0%) por umidostato. Semelhantemente ao clima de Lages, Otacílio Costa possui clima quente e temperado (*Cfb*) de acordo com a classificação de Köppen, possuindo uma temperatura média de 16,3 °C e pluviosidade média anual de 1519 mm (Figura 17).

Figura 17. Médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) e precipitação média (mm) no município de Otacílio Costa, Santa Catarina, no decorrer de um ano.



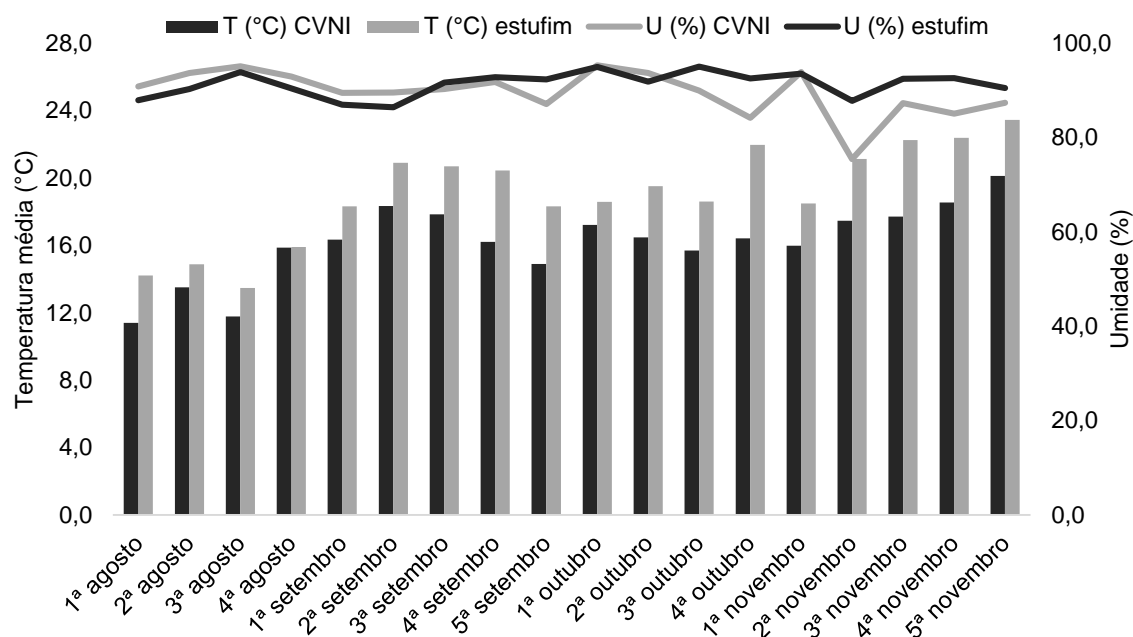
Fonte: climate-data.org.

A coleta dos dados de temperatura e umidade de ambos os locais foi obtida por meio de datalogger, conferindo uma leitura a cada dez minutos (Figura 18).

Cerca de 130 dias após o acondicionamento das estacas (novembro de 2017), avaliou-se: sobrevivência (%); novas brotações (%); número médio de novas folhas; formação de calos (%); enraizamento (%); número médio de raízes e; comprimento médio das três maiores raízes (cm).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 6x2, sendo o fator A constituído pelos seis genótipos de erva-mate, e o fator B sendo os dois ambientes de enraizamento.

Figura 18. Dados semanais de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) do experimento de estaquia de acordo com o genótipo, para o estufim e CVNI.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

5.4.3 Uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate

Broto da copa de plantas de erva-mate foram coletados de dez plantas matrizes aleatoriamente pelo local de estudo em abril de 2017, sob a mesma condição de sombreamento. Ateve-se a coletar material de diversas matrizes a fim de garantir a variabilidade genética das estacas a serem produzidas. Os brotos foram dispostos em caixa de isopor com água para reduzir a transpiração e transportados para o

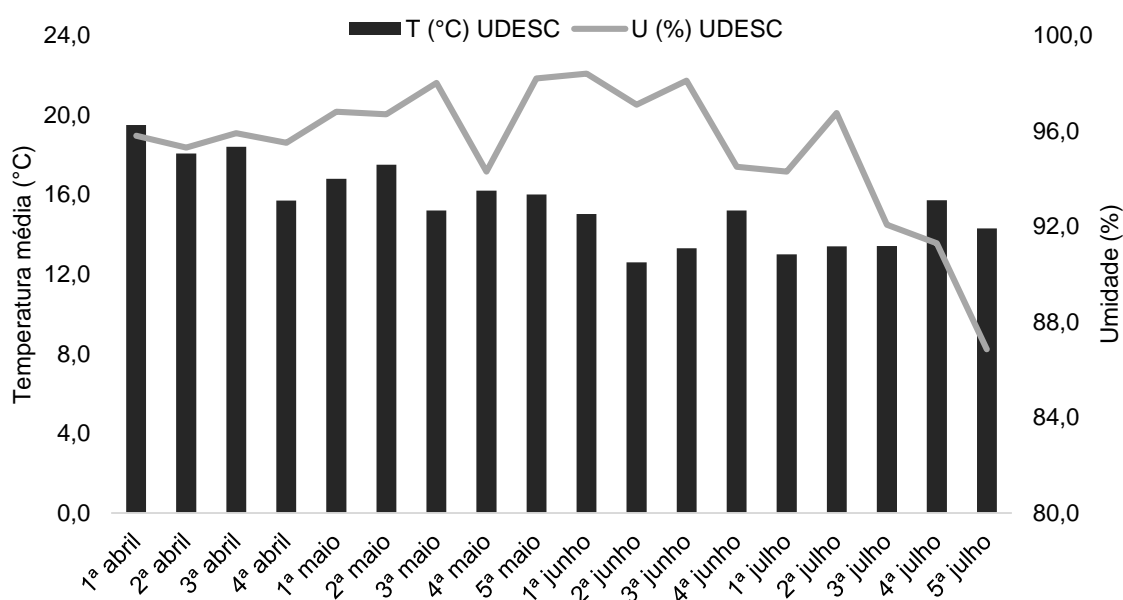
Viveiro Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, no município de Lages.

As brotações foram seccionadas em estacas, cortadas com tesoura de poda em bisel, com tamanho aproximado de 7 cm de comprimento, mantendo-se ao menos uma folha cortada em 50% de sua área.

As soluções de AIB foram preparadas em meio hidroalcóolico (50% etanol) nas concentrações: 0 mg L⁻¹; 2.500 mg L⁻¹; 5.000 mg L⁻¹; 7.500 mg L⁻¹; 10.000 mg L⁻¹. Cada estaca passou por uma imersão de 15 segundos de sua base, de aproximadamente 3 cm, na respectiva solução de AIB.

Após a imersão, as estacas foram postas para enraizar em tubetes de 180 cm³ com mistura de substrato (mistura de casca de *Pinus* compostada e turfa, pH de 5,4) e vermiculita fina na proporção 1:1, com acréscimo de 6 g L⁻¹ de adubo de liberação lenta (Osmocote® 15-9-12). As bandejas, contendo os tubetes e estacas, foram alocadas em estufim, com irrigação por microaspersão composta de quatro irrigações diárias de cinco minutos cada. (Figura 19).

Figura 19. Dados de temperatura média (°C) e umidade do ar (%) durante os meses de decorrência do experimento de estaquia com uso de AIB, no viveiro da UDESC, em Lages.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Após 50 dias a implantação do experimento teve início as avaliações, ocorrendo a cada 20 dias até totalizar 130 dias (cinco avaliações), para as variáveis:

sobrevivência (%); formação de calos (%); enraizamento (%); número médio de raízes e; comprimento médio das três maiores raízes (cm). As estacas avaliadas em um período não foram mais utilizadas nas próximas avaliações para evitar a interferência com sua retirada recolocação.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x5, sendo o fator A constituído por cinco tratamentos de doses de AIB, e o fator B sendo as cinco avaliações realizadas (de março a julho).

5.4.4 Análise estatística

Foi avaliada a normalidade dos dados de ambos do primeiro experimento (6.2.2) que, se normal, foi aplicado teste de médias Scott-Knott, e se não normal, aplicado Kruskal-Wallis à 5% de probabilidade de erro. Para o segundo experimento (6.2.3) foi realizada a regressão de acordo com o grau de significância. A estatística dos experimentos foi realizada pelo software ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016).

5.5 RESULTADOS

5.5.1 Estaquia de diferentes genótipos de erva-mate em dois ambientes de enraizamento

Houve interação significativa entre os ambientes de enraizamento e os genótipos de erva-mate quanto a sobrevivência (%), formação de calos (%), enraizamento (%), número médio de raízes e comprimento médio de raízes (cm).

Considerando somente os ambientes de enraizamento, o estufim obteve a maior média de sobrevivência (61,8%) em relação ao CVNI (39,9%). Houve grande variação das médias de sobrevivência para os genótipos, em que G6 teve mais que três vezes (72,9%) estacas vivas a mais do que G2 (23,9%). Considerando a interação entre os fatores, o G6 foi igualmente superior, quanto a sobrevivência de estacas, em ambos os ambientes (70,8% e 75,0%). Porém, para G3 (68,8%), G5 (72,9%) e G1 (72,9%) o melhor ambiente para esta variável foi o estufim.

Quanto a formação de calos, o estufim obteve o maior número de estacas com esta condição (52,4%) em relação ao CVNI (35,1%). O G5 apresentou a maior média de calos (57,3%), mais que o dobro de que G2 (21,9%). Para a interação, G3 (60,4%),

G1 (62,5%) e G5 (72,9%) foram estatisticamente iguais e melhores que os demais genótipos para o estufim. Somente G6 (56,3%), inserido no CVNI, foi igual aos anteriormente citados.

Alternativamente, o CVNI promoveu a maior média de enraizamento (11,1%) em comparação ao estufim (4,9%). A maior média de enraizamento foi obtida com G6 (34,4%), em relação a G2, em que não houve enraizamento. Embora com superior enraizamento (45,8%), o CVNI não se diferenciou estatisticamente do estufim (22,9%) para o G6 (Tabela 8). Mesmo com mais de 20,0% de diferença de enraizamento para G6 entre os dois ambientes, estes foram estatisticamente iguais devido ao elevado valor do coeficiente de variação (CV%) (112,2%).

Tabela 8. Sobrevivência (%), formação de calos (%), enraizamento (%), número médio de raízes e comprimento médio das três maiores raízes (cm) em estacas de erva-mate em função do ambiente de enraizamento.

Ambiente	Genótipo						Médias**
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	
Sobrevivência (%)							
CVNI	43,8 bB*	20,8 aC	25,0 bC	29,2 bC	50,0 bB	70,8 aA	39,9
Estufim	72,9 aA	27,1 aB	68,8 aA	54,2 aB	72,9 aA	75,0 aA	61,8
Médias**	58,3	23,9	46,9	41,7	61,4	72,9	50,9***
Formação de calos (%)							
CVNI	41,7 bB	20,8 aB	20,8 bB	29,2 bC	41,7 bB	56,3 aA	35,1
Estufim	62,5 aA	22,9 aC	60,4 aA	54,2 aA	72,9 aA	41,7 aB	52,4
Médias	52,1	21,9	40,6	41,7	57,3	48,9	43,8
Enraizamento (%)							
CVNI	6,3 aB	0,0 aB	0,0 aB	2,0 aB	12,5 aB	45,8 aA	11,1
Estufim	2,0 aB	0,0 aB	2,0 aB	0,0 aB	2,0 bB	22,9 bA	4,9
Médias	4,2	0,0	1,0	1,0	7,3	34,4	8,0
Número médio de raízes							
CVNI	> 0,1 aB	NE	NE	> 0,1 aB	0,3 aB	4,3 aA	0,8
Estufim	> 0,1 aA	NE	> 0,1 aA	NE	> 0,1 aA	1,3 bA	0,2
Médias	> 0,1	NE	> 0,1	> 0,1	0,2	2,8	0,5
Comprimento médio das três maiores raízes (cm)							
CVNI	0,1 aB	NE	NE	> 0,1 aB	0,2 aB	1,5 aA	0,3
Estufim	> 0,1 aA	NE	> 0,1 aA	NE	> 0,1 aA	0,3 bA	> 0,1
Médias	> 0,1	NE	> 0,1	> 0,1	0,1	0,9	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de médias Scott-Knott ($P < 0.05$); Letras minúsculas para os ambientes de enraizamento (linhas) e maiúsculas para os genótipos (colunas); **Médias para ambientes e genótipo; ***Média geral de cada variável; NE: não enraizado.

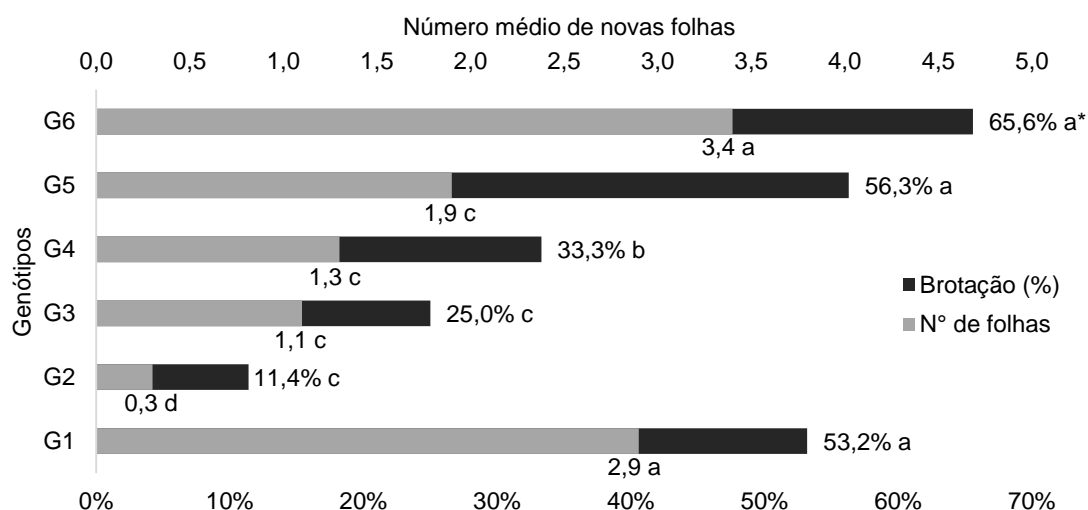
Por consequência do superior enraizamento, o CVNI obteve a maior média para número de raízes (0,8) e seu comprimento médio (0,3 cm), em relação ao estufim (0,2 e menores que 0,1 cm). Novamente, o G6 teve a maior média para estas variáveis (2,8 e 0,9 cm). Independente do ambiente quanto a interação, o G6 foi superior (4,3 e 1,5 cm para CVNI e 1,3 e 0,3 cm para o estufim).

Para as variáveis de brotação e número médio de novas folhas não houve interação significativa entre os ambientes de enraizamentos e os genótipos de erva-mate utilizados (Figura 20).

Em relação as novas brotações, estacas provenientes de G6 (65,6%), G5 (56,3%) e G1 (53,2%) apresentaram pelo menos o dobro de brotos em comparação aos genótipos G3 (25,0%) e G2 (11,4%). Quanto ao ambiente de acondicionamento, estacas mantidas no estufim tiveram uma superior ($P<0.05$) brotação (46,5%) em relação as do CVNI (35,1%).

As novas folhas formadas estão diretamente ligadas às novas brotações, em que G6 (3,4) e G1 (2,9) produziram a maior quantidade média de folhas por estaca. Em contrapartida, G5 (1,9) foi inferior, mas ainda melhor em seis vezes ao G2, que obteve a menor média (0,3). Para os ambientes, tanto o viveiro da UDESC (1,8) quanto o CVNI (1,7), foram estatisticamente iguais para produção de novas folhas ($P<0.05$).

Figura 20. Médias de novas brotações (%) e número de folhas de acordo com a estaquia de diferentes genótipos de erva-mate.



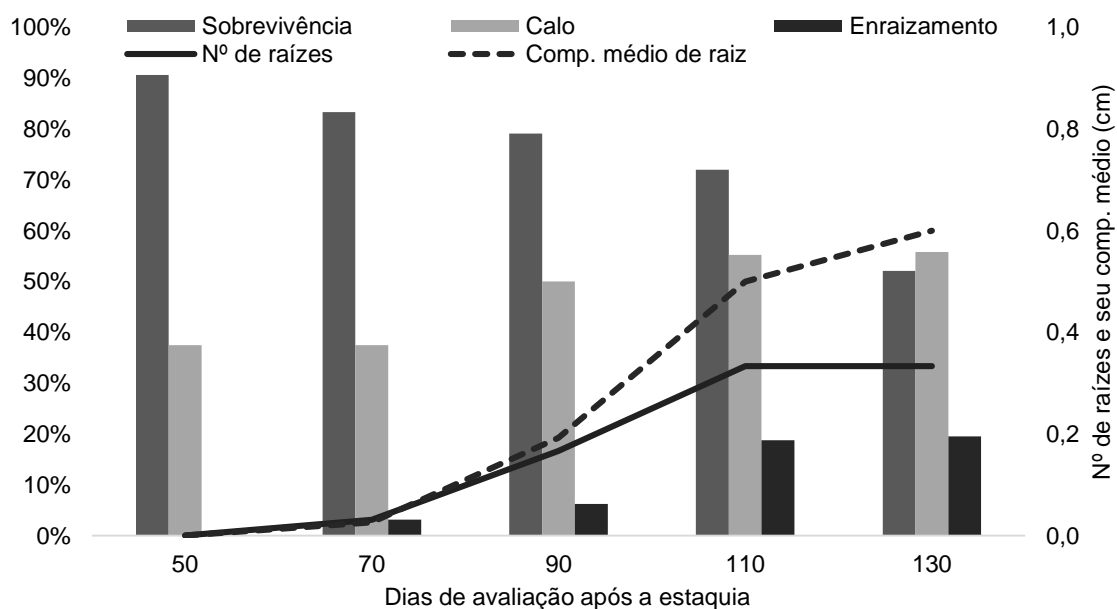
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de médias Scott-Knott ($P<0.05$).

5.5.2 Uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate

Não houve interação significativa entre as concentrações de AIB e os dias de avaliação da estaquia de erva-mate.

Considerando os dias e avaliação após a estaquia, a sobrevivência decaiu continuamente desde a primeira avaliação, aos 50 dias (90,6%) até 130 dias (52,1%). O maior desenvolvimento de calos ocorreu entre a avaliação de 70 dias (37,5%) e a de 90 dias (50,0%), nivelando-se até última avaliação (55,2%). O enraizamento foi detectado na segunda avaliação com uma estaca enraizada (0,3%), aumentando significativamente entre 90 dias (6,3%) e 110 dias (18,8%) que se manteve na última avaliação (19,5%). Em consequência ao enraizamento, o número médio de raízes e seu comprimento médio foi determinado a partir da segunda avaliação ($< 0,1$ e $< 0,1$ cm), aumentando de acordo com a maior percentagem de enraizamento até a avaliação final (0,3 e 0,6 cm) (Figura 21).

Figura 21. Sobrevivência (%), formação de calos (%), enraizamento (%), número médio de raízes formadas e seu comprimento médio (cm) de estacas de erva-mate durante o período de avaliação (50 a 130 dias).

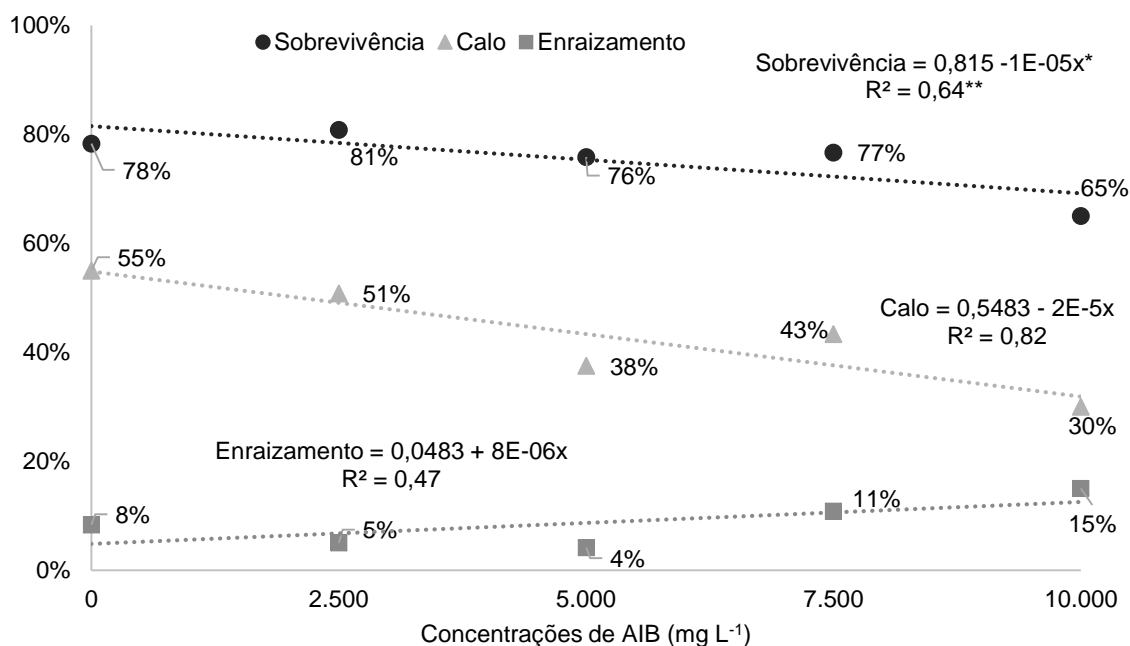


Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Em relação às concentrações de AIB, não houveram mudanças expressivas na sobrevivência de estacas de erva-mate de acordo com o seu aumento, sendo detectada sua maior percentagem com 2.500 mg L^{-1} (80,8%) e menor em 10.000 mg

L⁻¹ (65,0%). A formação de calos decresceu linearmente, de 0 mg L⁻¹ (55,0%) até a concentração máxima (30,0%) (Figura 22).

Figura 22. Sobrevivência (%), formação de calos (%) e enraizamento (%) de estacas de erva-mate de acordo com as doses de AIB durante o período de avaliação (50 a 130 dias).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017. *Cálculo de regressão determinado pelo software estatístico ($P < 0,05$); **Valor de R ajustado; Número médio de raízes e comprimento médio de raízes não significativos para regressão ($P < 0,05$).

O enraizamento foi melhor constatado de acordo com o aumento das concentrações, principalmente com 7.500 mg L⁻¹ (10,8%) e 10.000 mg L⁻¹ (15,0%). Em contrapartida, estacas em que não houve a aplicação de AIB apresentaram um enraizamento considerável (8,3%) em comparação as maiores concentrações.

Devido ao melhor enraizamento constatado nas concentrações de 0 mg L⁻¹, 7.500 mg L⁻¹ e 10.000 mg L⁻¹ de AIB, estes obtiveram o maior número médio de raízes e de maior comprimento médio. Embora em número semelhante, o comprimento de raízes na maior concentração foi 25% superior (0,5 cm) à não aplicação (0,4 cm), enquanto 5.000 mg L⁻¹ apresentou o menor comprimento ($< 0,1$ cm).

5.6 DISCUSSÃO

5.6.1 Estaquia de diferentes genótipos de erva-mate em dois ambientes de enraizamento

A sobrevivência dos propágulos pode ser diretamente afetada de acordo com o tipo de irrigação do ambiente de enraizamento. Miniestacas de erva-mate sobrevivem por mais tempo em ambientes com irrigação por nebulização do que por microaspersão (BRONDANI et al., 2009). O efeito contrário foi obtido neste trabalho, em que o ambiente com microaspersão (estufim) manteve até 55,0% de estacas vivas a mais em relação ao CVNI. A maior mortalidade de estacas no CVNI pode ter sido causada pela menor umidade constatada nas primeiras duas semanas (até 75,5%) do último mês de permanência em relação ao estufim (constante acima de 90,0%). A umidade deve ser mantida sempre mais alta possível a fim de conservar os propágulos (XAVIER et al., 2013).

Já para o enraizamento e suas variáveis, as mudanças abruptas de temperaturas entre o final do penúltimo mês e início do último no estufim (aproximadamente 3,5 °C) pode ter dificultado a diferenciação celular, devido a alterações no metabolismo e capacidade de absorção de nutrientes (CUNHA et al., 2009). Temperaturas acima de 15 °C e abaixo de 35 °C proporcionam o melhor enraizamento de propágulos ao manter a umidade elevada, transpiração mais baixa e metabolismo em níveis adequados (GOULART e XAVIER, 2008). Isto foi constatado para o experimento, em que houve temperaturas médias semelhantes, embora amenas, entre o CVNI (16,2 °C) e o estufim (19,1 °C). O provável fator ambiental que afetou o enraizamento de estacas no estufim foram as menores temperaturas noturnas, uma vez que este ambiente não possui este controle. Alternativamente, os resultados obtidos estatisticamente iguais de enraizamento para ambos os ambientes apontam que estacas de erva-mate podem ser acondicionadas em estruturas mais simples e baratas, uma vez que os ganhos são semelhantes.

Clones geneticamente superiores de erva-mate podem garantir um maior tempo de sobrevivência no ambiente de enraizamento em comparação a clones não tão bem adaptados (BRONDANI et al., 2008). Independente do ambiente de enraizamento, os genótipos G1, G5 e principalmente G6 obtiveram as maiores percentagens de estacas vivas. A sobrevivência de propágulos está diretamente ligada a genética da planta matriz utilizada (FRANZON et al., 2010).

A correlação entre ambientes e genótipos pode promover alterações no enraizamento de estacas, de acordo com sua adaptação. Ambientes com temperatura e irrigação por nebulização favorecem a sobrevivência e enraizamento de certos genótipos e interfere negativamente em outros, enquanto o inverso também pode ocorrer (BRONDANI et al., 2008). No presente trabalho, os genótipos G1, G3, G4 e G5 demonstraram maior dependência ao ambiente de acondicionamento para a sobrevivência, enquanto G1, G5 e G6 foram mais dependentes para o enraizamento de suas estacas. Em espécies lenhosas, o enraizamento de propágulos é dependente do genótipo da planta matriz, o que pode refletir no ambiente, requerendo diferentes condições de cultivo para uma mesma espécie (MOKODETI et al., 2000).

Em contrapartida, as novas brotações e número de novas folhas aparentam ser dependentes somente do genótipo, em que um ambiente favorável seria responsável pelo aumento destas variáveis (BRONDANI et al., 2008; BRONDANI et al., 2009). Isto foi constatado no presente trabalho, visto que não houve interação entre os fatores ambientais e genotípicos.

A maior formação de calos em alguns genótipos no estufim (G3, G4 e G5) permite supor que, caso estas estacas permanecessem por mais tempo inseridas neste ambiente, haveriam maiores chances de enraizamento (STUEPP et al., 2017b), visto que não houve ainda a diferenciação celular para formação de raízes.

A propagação vegetativa é um método excelente para trabalhar no melhoramento genético de espécies florestais, permitindo a multiplicação de plantas geneticamente superiores em menor período de tempo (WENDLING et al., 2014). Porém, ainda são desconhecidas todas as variáveis que influenciam o enraizamento em um mesmo genótipo chamado de fator “C”, atribuído a características fisiológicas ou morfológicas únicas do propágulo, capaz de refletir no ambiente de enraizamento (RADOSTA et al., 1994). O sucesso de enraizamento obtido para o genótipo G6 pode ter sido causado por algum fator alheio ao genético propriamente dito ou do ambiente de acondicionamento, podendo estar associado pelas variáveis relacionadas à maturação da planta matriz, do propágulo utilizado para a estaquia ou do ambiente em que a planta se encontrava.

5.6.2 Uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate

Em relação aos períodos de avaliação, houve uma diferença de 39,0% na sobrevivência de estacas, considerando a primeira avaliação (50 dias) (91,0%) e na última (130 dias) (52,0%). Esta relação pode ser considerada normal, pois há o consumo das reservas energéticas para que as estacas se mantenham vivas. Ao acabar as reservas, e sem um meio de obtenção de água e nutrientes eficiente para o processo de fotossíntese (raízes) há a morte da estaca. A sobrevivência não se alterou significativamente de acordo com o aumento das concentrações de AIB, variando no máximo 13,0% entre a sua não aplicação (0 mg L^{-1}) e na dose máxima (10.000 mg L^{-1}).

O uso de concentrações elevadas de AIB pode afetar a sobrevivência de estacas, apresentando toxidez e na sua consequente morte (MANTOVANI et al., 2017; TEIXEIRA et al., 2017), todavia, isto não foi detectado no presente trabalho. A maior sobrevivência de estacas pode estar relacionada com a época de coleta dos propágulos, em que os períodos de frio, como outono e inverno, proporcionam a maior sobrevivência de estacas de erva-mate, independente das concentrações de AIB (STUEPP et al., 2017a). Isto ocorre porque as brotações coletadas nestes períodos possuem um maior acúmulo de reservas, proporcionando mais energia às estacas para seu crescimento, e em consequência, prolongando sua sobrevivência (OLIVEIRA et al., 2012).

De acordo com os períodos de avaliação houve um aumento considerável de calos em estacas de erva-mate deste trabalho (18,0%), o que poderia indicar uma elevada maturação do material vegetal utilizado (WENDLING et al., 2014; STUEPP et al., 2015). Considerando as concentrações de AIB, houve uma grande diminuição da formação de calos de acordo com o seu aumento (até 25,0% a menos) e consequentemente houve aumento do enraizamento. A presença de calos em estacas de erva-mate atrapalha o seu enraizamento, indicando que a formação de raízes para a espécie é preferencialmente realizada de maneira direta (STUEPP et al., 2017a). Isto pode indicar que, além de originadas de um material com elevada maturação, as estacas deste trabalho não possuíam auxinas em níveis suficientes para eficiente diferenciação celular, necessitando de uma fonte exógena (WENDLING et al., 2015), no caso, as concentrações mais elevadas de AIB (7.500 mg L^{-1} e 10.000 mg L^{-1}). Ainda, o material vegetal que, mesmo em presença de regulador de crescimento,

apresenta pouco ou nenhum enraizamento, pode ter a presença de alguma substância inibidora ou deficiência de algum composto necessário ao processo (HARTMANN et al., 2011).

A eficiência do AIB no enraizamento de estacas de erva-mate pode estar ligada à época de aplicação do experimento. Com propágulos coletados no inverno e provenientes de plantas matrizes envelhecidas, o enraizamento tende a aumentar de acordo com o aumento das concentrações de AIB, embora ocorra ainda em baixas percentagens (STUEPP et al., 2017a). Isto ocorreu no presente trabalho e de maneira semelhante, em que o enraizamento não ultrapassou os 15,0% na concentração de 10.000 mg L⁻¹, o que reforçaria a hipótese de que as brotações utilizadas para o estaqueamento eram provenientes de plantas matrizes maduras (FERREIRA et al., 2010; WENDLING et al., 2014) e que somente com doses exógenas (WENDLING et al., 2015) elevadas há sucesso no enraizamento. Porém, as brotações coletadas para este experimento são provenientes de plantas com idade média de 15 anos, podendo considera-las ainda jovens, atribuindo outro fator para o seu menor desenvolvimento vegetativo, como já citado nos capítulos anteriores deste trabalho. Considerando os calos como uma via secundária para a formação de raízes, se as estacas sob esta condição fossem mantidas por mais tempo no ambiente de enraizamento, poderiam formar raízes (STUEPP et al., 2017b).

Por consequência do enraizamento, o número médio de raízes e o comprimento médio das três maiores raízes foi maior de acordo com os períodos de avaliação e do aumento das concentrações de AIB. Estacas tratadas com reguladores de crescimento podem iniciar o processo de enraizamento antes das não tratadas, o que justifica o maior número e comprimento de raízes (STUEPP et al., 2015), uma vez que as avaliações entre tratamentos ocorrem em mesmo período.

5.7 CONCLUSÕES

- A sobrevivência e o sucesso no enraizamento de estacas de erva-mate estão diretamente ligados ao ambiente de acondicionamento e a características genéticas da planta-matriz que favorecem estas variáveis;
- Ambientes com irrigação por microaspersão mantém um maior número de estacas vivas, enquanto por nebulização garantem um maior enraizamento;

- Embora dificultosa devido a critérios de seleção, o uso de genótipos superiores de plantas de erva-mate para a estaquia é essencial para o sucesso de seu enraizamento;
- Não houveram resultados expressivos quanto ao uso de AIB no enraizamento de estacas de erva-mate;
- São necessários mais estudos sobre a seleção de plantas matrizes superiores de erva-mate quanto a propagação vegetativa, determinando critérios de seleção.

5.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRONDANI, G. E. et al. Composições de substratos e ambiente de enraizamento na estaquia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Revista Floresta**, v. 39, n. 1, p. 41-49, 2009.

BRONDANI, G. E. et al. Enraizamento de miniestacas de erva-mate sob diferentes ambientes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 57, p. 29-38, 2008.

CUNHA, A. C. M. et al. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, p.607-615, 2009.

DARTORA, N. et al. Rhamnogalacturonan from *Ilex paraguariensis*: A potential adjuvant in sepsis treatment. **PubMed**. Carbohydrate Polymers, v. 92, p. 1776-1782, 2013.

DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.

FERREIRA, B. G. A. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**. 20:19-31. 2010.

FRANZON, R. C. et al. Propagação vegetativa de genótipos de pitangueira do sul do Brasil por enxertia de garfagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n.1, p. 262-267, 2010.

GOULART, P. B.; XAVIER, A. Efeito do tempo de armazenamento de miniestacas no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.671-677, 2008.

- HARTMANN, H. T. et al. **Hartmann and Kester's Plant propagation: principles and practices**. Prentice Hall, 8 ed, 915 p. 2011.
- MANTOVANI, N. et al. Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017.
- MOKOTEDI, M. E. O. et al. In vitro rooting and subseqüente survival of two clones of cold-tolerant *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus nitens* Hybrid. **HortScience**, v. 35, p. 1163-1165, 2000.
- OLIVEIRA, R. J. P. et al. Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtilheiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 199-207, 2012.
- PIRES, P. P. et al. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia e de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 393-399, 2013.
- RADOSTA, P. et al. Estimation of genetic and non-genetic parameters for rooting traits in hybrid larch. **Silvae Genet**, v. 43, p. 108-114, 1994.
- SILVA, F. A. S. AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- STUEPP, C. A. et al. Age of stock plants, seasons and iba effect on vegetative propagation of *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**. 41(2):e410204. 2017a.
- STUEPP, C. A. et al. Propagação de erva-mate utilizando brotações de anelamento e decepa em matrizes de duas idades. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 519-526. 2015.
- STUEPP, C. A. et al. Métodos de resgate e idade cronológicas de plantas-matrizes no enraizamento de brotações epicórmicas de *Ilex paraguariensis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1409-1413, 2017b.
- TEIXEIRA, M. et al. Efficiency of indolebutyric acid and different substrates in yerba mate cuttings. **Iheringia**, Série Botânica, 72(3):388-393, 2017.
- WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. EMBRAPA. 21 ed. 2015.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Embrapa Florestas, 184 p. 2010.

WENDLING, I. et al. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, n. 1, p. 1-14. 2014.

WENDLING, I. et al. Maturation in *Corymbia torelliana* × *C. citriodora* stock plants: effects of pruning height on shoot production, adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. **Forests**, v. 6, p. 3763-3778, 2015.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. UFV 2 ed. 279 p. 2013.