

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

Nathalia Pimentel

**MINIESTAQUIA E QUALIDADE DE MUDAS DE
ERVA-MATE**

Santa Maria, RS
2016

Nathalia Pimentel

**MINIESTAQUIA E QUALIDADE DE MUDAS DE
ERVA-MATE**

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

Orientador: Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS
2016

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

Pimentel, Nathalia
Miniestaquia e qualidade de mudas de erva-mate /
Nathalia Pimentel.-2016.
121 f.; 30cm

Orientador: Dilson Antônio Bisognin
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2016

1. Ilex paraguariensis 2. Aquifoliaceae 3. Clone 4.
Ácido indolbutírico 5. Épocas do ano. Recipientes I.
Bisognin, Dilson Antônio II. Título.

© 2016

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

E-mail: nathaliapimentel@outlook.com

Nathalia Pimentel

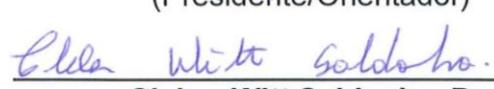
**MINIESTAQUIA E QUALIDADE DE MUDAS DE
ERVA-MATE**

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

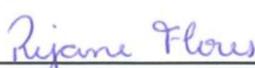
Aprovado em 26 de fevereiro de 2016:



Dilson Antônio Bisognin, PhD.
(Presidente/Orientador)



Cleber Witt Saldanha, Dr.
(FEPAGRO Florestas)



Rejane Flores, Dr^a.
(IFF/ SVS)

Santa Maria, RS
2016

AGRADECIMENTOS

À Deus que em cada obstáculo me mostrou que, com fé e paciência, poderia vencer, e a todos que Ele, direta ou indiretamente, colocou em meu caminho, tornando esta etapa mais branda.

Ao meu orientador Professor Dilson Antônio Bisognin, pela confiança em mim depositada oportunizando-me este aprendizado. Mas, principalmente, por todo apoio, atenção, dedicação e conhecimentos transmitidos durante esta jornada.

Ao meu co-orientador Professor Dr. Frederico Dimas Fleig, pelo constante empenho, disponibilidade e valorosas contribuições no decorrer deste trabalho.

Ao Dr. Cleber Witt Saldanha pela disponibilidade para contribuir com este estudo.

À Professora Dr^a. Rejane Flores, por despertar em mim grande motivação pela área de propagação de plantas e pela disponibilidade para contribuir com esta pesquisa.

Ao Professor Dr. João Marcelo Santos de Oliveira, pela atenção dispensada e conhecimentos transmitidos durante a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Biotecnologia Vegetal da UFSM por disponibilizar alguns equipamentos que foram essenciais para a execução deste trabalho, e ao Marcio Schorr pelo auxílio nas realizações das análises.

Ao CNPq, pela concessão de apoio financeiro, possibilitando o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas do MPVP, Uilian Stefanello, Eliseo Salvatierra, Leandro da Luz, Lucas Tonetto, Jonas Meltzer, Claudia Burin, Mariani Ximendes, Mhaiandry Rodrigues, Marina Favarin, Tamires Somavilla, pelas horas de descontração, por toda a disponibilidade e auxílio na realização deste trabalho. Em especial, a Kelen H.

Lencina e a Paula Kielse, pelos ensinamentos, mas sobretudo pelo companheirismo e pela amizade.

Aos meus pais Jairo e Marcia Pimentel, e ao meu irmão Matheus Pimentel, pelo apoio, dedicação e amor incondicional, e por tornarem cada final de semana juntos um momento de renovação das minhas forças. Vocês foram meu porto seguro nesta trajetória.

Aos meus eternos “velhos amigos” Leidiane de Lucca, Cristina Peiter e Lisandro Bolzan que entenderam as minhas ausências e continuaram cada um de seu modo, presentes em minha trajetória.

Ao meu grande amor, Jonatas Maciel, pelo auxílio nos apuros das instalações dos experimentos, pelo companheirismo nas irrigações realizadas nos finais de semana, pela paciência e compreensão nos momentos difíceis e presença em todos os momentos felizes.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

(José de Alencar)

RESUMO

MINIESTAQUIA E QUALIDADE DE MUDAS DE ERVA-MATE

AUTORA: Nathalia Pimentel
ORIENTADOR: Dilson Antônio Bisognin

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a produtividade de minicepas, o enraizamento de miniestacas e a qualidade das mudas de clones de erva-mate. Para o enraizamento, brotos foram coletados de minicepas de quatro clones (10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12) em quatro épocas do ano. Em cada coleta foi avaliada a porcentagem de sobrevivência das minicepas e o número de miniestacas produzidas. Os brotos foram seccionados em miniestacas de gema única com uma folha reduzida em 50% da área original, as quais foram ou não tratadas com 2000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB). Aos 30 e 60 dias foram avaliados as porcentagens de sobrevivência, enraizamento e calogênese, o número e comprimento das raízes das miniestacas. Para determinar o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida, brotos foram coletados e seccionados em miniestacas de gema única, as quais foram ou não tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB e avaliadas quanto à porcentagem de enraizamento e o número e o comprimento das raízes, em intervalo de sete dias dos 30 aos 107 dias de cultivo. Para avaliar a qualidade das mudas produzidas, miniestacas coletadas em cada época do ano, após serem cultivadas por 60 dias em câmara úmida para o enraizamento, foram transferidas para tubetes de polietileno rígido de 100 cm³ e sacos de polietileno de 500, 1500 e 3000 cm³. As avaliações ocorreram aos 30, 60, 90 e 120 dias de cultivo em casa de vegetação, avaliando-se a porcentagem de sobrevivência, a altura da parte aérea, o diâmetro de colo, a relação altura da parte aérea e diâmetro de colo e o número de folhas. Também, aos 120 dias de cultivo, foi realizada a avaliação do índice de qualidade de Dickson, relação entre a massa seca da parte aérea e das raízes, comprimento total, área superficial, volume total e número de extremidades das raízes das mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia. As minicepas dos quatro clones de erva-mate apresentaram alta sobrevivência, além de produção constante de miniestacas por minicepa dos clones 06SM17, 06SM12 e 06SM15 durante as quatro épocas do ano. O tratamento com AIB não é necessário para o enraizamento de miniestacas de erva-mate. O enraizamento das miniestacas variou conforme o clone e a sazonalidade. As melhores porcentagens de enraizamento foram verificadas nas épocas do outono e inverno para os quatro clones avaliados. O clone 06SM15 apresentou alta capacidade rizogênica nas quatro épocas do ano. O ponto de intercepto entre as curvas de incremento corrente diário e incremento médio diário pode ser utilizado para determinar o tempo ótimo de permanência das miniestacas de erva-mate em câmara úmida, o qual variou de 58 a 100 dias, conforme o clone. A melhor relação massa seca da parte aérea e raízes, bem como o maior comprimento total, área superficial, volume total das raízes e índice de qualidade de Dickson foram observadas em mudas de miniestacas coletadas em julho, sem diferir estatisticamente das mudas produzidas em outubro e janeiro. Os sacos de polietileno, independentemente do volume (500, 1500 e 3000 cm³), permitiram a produção de mudas de erva-mate com qualidade morfo-fisiológica satisfatória, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular. Mudas de erva-mate podem ser produzidas por miniestaquia durante, pelo menos, os meses de julho a janeiro e cultivadas em sacos de polietileno de 500 cm³.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*. Aquifoliaceae. Clone. Ácido indolbutírico. Épocas do ano. Recipientes.

ABSTRACT

MINI-CUTTING AND QUALITY OF HOLLY PLANTLETS

AUTHOR: NATHALIA PIMENTEL
ADVISER: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN

The aim of this study were to evaluate the productivity of mini-stumps, the rooting capability of mini-cuttings, and the plantlet quality of holly clones. For rooting, shoots were collected from mini-stumps of four holly clones (10SM07, 06SM17, 06SM15 and 06SM12) in four times during the year. The survival percentage of mini-stumps and the number of mini-cuttings per mini-stump were evaluated. Produced shoots were cut in single-budded mini-cuttings with one leaf reduced to 50% of its original area, which were treated or not with 2000 mg L⁻¹ of indolbutyric acid (IBA). At 30 and 60 days in humid chamber, the percentages of survival, rooting and callus formation in mini-cuttings, and the number and length of roots were evaluated. To determine the optimal time for mini-cuttings rooting, shoots were collected and cut into single-budded ones, which were treated or not with 2000 mg L⁻¹ of IBA and evaluated as to the percentage of rooting, number and length of roots at seven-day intervals from 30 to 107 days of cultivation. To evaluate the quality of the plantlets, mini-cuttings were collected four times during the year and cultivated for 60 days in a humid chamber. Rooted mini-cuttings were transferred to rigid polyethylene tubes of 100 cm³ and polyethylene bags of 500, 1500 and 3000 cm³. At 30, 60, 90 and 120 days of cultivation in green house, the plantlets were evaluated for the percentage of survival, shoot height, stem diameter, ratio of shoot height / stem diameter and number of leaves. At 120 days of cultivation, plantlets were also evaluated for the Dickson quality index, shoot and root dry mass ratio, largest total length, surface area, total volume and number of root tips. The mini-stumps of the four holly clones had high survival, constant production of mini-cuttings by mini-stump of clones 06SM17, 06SM12 and 06SM15 during the four collection times. IBA treatment is not required for rooting mini-cuttings. Rooting of mini-cuttings varied among clones and collection times of the year. The best rooting percentage was gotten at fall and winter for all clones. The clone 06SM15 had the highest rhizogenesis capability in all collection times. The intercept between the daily current increment and the daily medium increment can be used to determine the optimal time for mini-cuttings rooting in humid chamber, which ranged from 58 to 100 days of cultivation, depending on the clone. The best shoot and root dry mass ratio, the largest total length, surface area, and total volume of roots, and Dickson quality index were observed in plantlets produced in July, without differing from those produced in October and January. The polyethylene bags, regardless of the volume (500, 1500 and 3000 cm³), allowed the production of holly plantlets with satisfactory morpho-physiological quality, for both shoot and root system. Holly plantlets can be produced by minicuttings from July to January and grown in polythene bags of 500 cm³.

Keywords: *Ilex paraguariensis*. Aquifoliaceae. Clone. Indolbutyric acid. Collection time. Containers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais áreas de ocorrência natural da erva-mate na América do Sul.	20
Figura 2 – Árvore (A), casca (B), madeira (C), folhas e flores (D), frutos (E) e sementes (F) de erva-mate.	22
Figura 3 – Desenho esquemático do sistema fechado de cultivo em bandeja de polietileno (55 x 34 x 15 cm) com substrato areia grossa e fertirrigação por inundação.	46
Figura 4 – Broto de erva-mate formado em minicepa estabelecida em minijardim clonal (A), seccionado em miniestacas de gema única com uma folha reduzida em 50% da sua área original (B), cultivadas em bandejas de isopor contendo igual proporção de substrato comercial à base de casca de pinus, vermiculita média e areia de granulometria grossa (C) e mantidas em câmara úmida durante 60 dias (D). Barra = 2 cm. ...	48
Figura 5 – Descrição anatômica dos tecidos vasculares (A) e rizogênese (B) em miniestacas de erva-mate não tratadas com AIB e coletadas na época do inverno, aos 30 e 60 dias de cultivo, respectivamente. Barra = 1 cm. rc = região cortical; rv = região vascular; ep= epiderme; xnf = xilema neoformado.	59
Figura 6 – Número de miniestacas enraizadas por minicepa de diferentes clones de erva-mate (A) e em função das épocas do ano que foram realizadas as coletas das miniestacas (B), independente do tratamento com AIB.	61
Figura 7 – Porcentagens de enraizamento das miniestacas de erva-mate dos clones 10SM07 (A), 06SM17 (B), 06SM15 (C) e 06SM12 (D) tratadas ou não com 2000 mg L ⁻¹ em função do tempo de permanência em câmara úmida. PE = porcentagem de enraizamento, T = tempo (dias).	63
Figura 8 – Número de raízes em miniestacas dos clones 10SM07 (A), 06SM17 (B), 06SM15 (C) e 06SM12 (D) de erva-mate não tratadas (0 mg L ⁻¹) ou tratadas com AIB (2000 mg L ⁻¹) em função do tempo de permanência em câmara úmida. NR = número de raízes, T = tempo (dias).	66
Figura 9 – Comprimento médio das raízes (cm) formadas em miniestacas dos clones 10SM07 (A), 06SM17 (B), 06SM15 (C) e 06SM12 (D) de erva-mate tratadas (2000 mg L ⁻¹) ou não com AIB (0 mg L ⁻¹) em função do tempo de permanência em câmara úmida. CR= comprimento de raízes, T = tempo (dias).	68
Figura 10 – Incremento corrente diário (ICD) e incremento médio diário (IMD) em miniestacas dos clones de erva-mate 10SM07 (A e B), 06SM17 (C e D), 06SM15 (E e F) e 06SM12 (G e H) não tratadas (A, C, E e G) ou tratadas com 2000 mg L ⁻¹ AIB (B, D, F e H), em função do tempo de permanência em câmara úmida.	70

- Figura 11 – Miniestacas de gema única enraizadas em câmara úmida (A) e transferidas para diferentes recipientes: tubete de polietileno rígido de 100 cm³ (B), sacos de polietileno de 500 cm³ (C), 1500 cm³ (D) e 3000 cm³ (E). As mudas foram acomodadas em bancadas protegidas com tela de 30% de sombreamento (F). Após 120 dias de cultivo, 10 mudas de cada tratamento foram seccionadas em parte aérea e sistema radicular para análise morfo-fisiológica (G). Barra = 1 cm.83
- Figura 12 – Porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate aos 30, 60 e 90 dias de cultivo produzidas em quatro épocas do ano (A) e cultivadas em diferentes recipientes (B) e a interação entre as épocas do ano e os recipientes aos 120 dias de cultivo (C). SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.....85
- Figura 13 – Altura da parte aérea (A e B), diâmetro de colo (C e D), relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (E e F) e número de folhas (G e H) em mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia em quatro épocas do ano (A, C, E e G) e diferentes recipientes (B, D, F e H), avaliadas aos 30, 60 e 90 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.....87
- Figura 14 – Altura da parte aérea (A), diâmetro de colo (B), relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (C) e número de folhas (D) de mudas de erva-mate produzidas em quatro épocas do ano e cultivadas em diferentes recipientes, aos 120 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.....88
- Figura 15 – Relação entre a massa seca da parte aérea e das raízes (A e B), comprimento total (C e D), área superficial (E e F), volume total (G e H) e número de extremidades (I e J) das raízes de mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia nas quatro épocas do ano (A, C, E, G e I) e em diferentes recipientes (B, D, F, H e J), aos 120 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.90
- Figura 16 – Sistema radicular de mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia e cultivadas em sacos de polietileno de 1500 cm³ (A) e tubetes de polietileno rígido de 100 cm³ (B), aos 120 dias de cultivo. Barra = 1 cm.....92
- Figura 17 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia em diferentes épocas do ano (A) e cultivadas em diferentes recipientes (B), aos 120 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Subprodutos comerciais e formas de consumo da erva-mate por campo de aplicação.	24
Tabela 2 – Produção de erva-mate (toneladas) durante os anos de 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013 no Brasil, na região Sul do Brasil e nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul.	25
Tabela 3 – Número de miniestacas por minicepa de clones de erva-mate coletadas em diferentes épocas do ano, com intervalo de 90 dias entre cada coleta.	52
Tabela 4 – Porcentagens de sobrevivência, calogênese e enraizamento, número e comprimento das raízes formadas em miniestacas de erva-mate não tratadas ou tratadas com ácido indolbutírico (AIB) (0 e 2000 mg L ⁻¹ respectivamente), aos 30 e 60 dias de cultivo.	53
Tabela 5 – Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes e porcentagem de calogênese em miniestacas coletadas de clones de erva-mate em diferentes épocas do ano, independente do tratamento com AIB, aos 30 dias de cultivo. ...	55
Tabela 6 – Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes e porcentagem de calogênese em miniestacas coletadas de clones de erva-mate em diferentes épocas do ano, independente do tratamento com AIB, aos 60 dias de cultivo. ...	57

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A1 – Resumo da análise de variância para o número de miniestacas por minicepa de clones de erva-mate coletadas em diferentes épocas do ano.	111
APÊNDICE A2 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de sobrevivência das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.....	111
APÊNDICE A3 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de enraizamento das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.....	111
APÊNDICE A4 – Resumo da análise de variância para o número de raízes formadas nas das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.....	112
APÊNDICE A5 – Resumo da análise de variância para o comprimento das raízes formadas nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.....	112
APÊNDICE A6 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de calogênese nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.....	112
APÊNDICE A7 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de sobrevivência das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.....	113
APÊNDICE A8 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de enraizamento das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.....	113
APÊNDICE A9 – Resumo da análise de variância para o número de raízes formadas nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.....	113

APÊNDICE A10 – Resumo da análise de variância para o comprimento das raízes formadas nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.....	114
APÊNDICE A11 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de calogênese das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.....	114
APÊNDICE A12 – Resumo da análise de variância para o número de miniestacas enraizadas de clones de erva-mate em diferentes épocas do ano, independentemente do tratamento com ácido indolbutírico (AIB), aos 60 dias de cultivo.	114
APÊNDICE A13 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de enraizamento das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e avaliadas em diferentes tempos de cultivo.	115
APÊNDICE B1 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.....	115
APÊNDICE B2 – Resumo da análise de variância para porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.....	115
APÊNDICE B3 – Resumo da análise de variância para porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.....	115
APÊNDICE B4 – Resumo da análise de variância para porcentagem de sobrevivência de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	116
APÊNDICE B5 – Resumo da análise de variância para a altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.	116
APÊNDICE B6 – Resumo da análise de variância para a altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.	116
APÊNDICE B7 – Resumo da análise de variância para altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.	116
APÊNDICE B8 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.....	117
APÊNDICE B9 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.	117

APÊNDICE B10 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.	117
APÊNDICE B11 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.	117
APÊNDICE B12 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.	118
APÊNDICE B13 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.	118
APÊNDICE B14 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.	118
APÊNDICE B15 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.	118
APÊNDICE B16 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.	119
APÊNDICE B17 – Resumo da análise de variância para a altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	119
APÊNDICE B18 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	119
APÊNDICE B19 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	119
APÊNDICE B20 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	120
APÊNDICE B21 – Resumo da análise de variância para a relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	120
APÊNDICE B22 – Resumo da análise de variância para o comprimento total das raízes das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	120
APÊNDICE B23 – Resumo da análise de variância para a área superficial das raízes em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	120
APÊNDICE B24 – Resumo da análise de variância para o volume total das raízes de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	121

APÊNDICE B25 – Resumo da análise de variância para o número de extremidades das raízes de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.....	121
APÊNDICE B26 – Resumo da análise de variância para o índice de qualidade de Dickson das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.	121

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE	20
2.2 IMPORTÂNCIA DA ERVA-MATE	23
2.3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE	26
2.4 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA	27
2.4.1 Miniestaquia	29
2.5 ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO	31
2.6 FATORES QUE INTERFEREM NO ENRAIZAMENTO	32
2.6.1 Genótipo	33
2.6.2 Condições fisiológicas e nutricionais das plantas fornecedoras dos propágulos vegetativos	33
2.6.3 Aplicação de fitorreguladores	36
2.7 DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DAS MUDAS PRODUZIDAS POR PROPAGAÇÃO VEGETATIVA	38
2.7.1 Recipientes para produção das mudas	39
3 CAPÍTULO I	42
3.1 INTRODUÇÃO	43
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.2.1 Produtividade das minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate em função da época do ano realizada a coleta das brotações	47
3.2.2 Determinação do tempo ótimo para o enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate	49
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.3.1 Produtividade das minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate em função da época do ano realizada a coleta das brotações	50
3.3.2 Determinação do tempo ótimo para o enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate	62
3.4 CONCLUSÃO	71
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
4 CAPÍTULO II	78
4.1 INTRODUÇÃO	79
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	81
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.4 CONCLUSÃO	94
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS	98
REFERÊNCIAS	100
APÊNDICES	111

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.), sendo a exploração econômica da espécie realizada em 596 municípios dos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul (MACCARI JUNIOR; MAZUCHOWSKI, 2000). Atualmente, o setor produtivo da erva-mate carece de informações básicas, o que tem comprometido a atividade ervateira na região Sul do país, sendo verificadas reduções gradativas na produtividade, qualidade e rentabilidade dos ervais. Por outro lado, os setores farmacêutico e medicinal têm comprovado o potencial dessa cultura para a fabricação de diversos subprodutos, estimulando o aumento da demanda de matéria-prima (WENDLING; SANTIN, 2015).

Elevada produção de folhas de erva-mate são geradas em determinados ervais localizados no Sul do Brasil, demonstrando o grande potencial produtivo desta região. Contudo, para atender aos novos mercados, os ervais deverão progredir quanto aos critérios de sustentabilidade, competitividade e de qualidade até então pouco considerados, sendo necessário a inserção de novas tecnologias em seu sistema produtivo (WENDLING; SANTIN, 2015). A produção de mudas de alta qualidade genética e fisiológica juntamente com o manejo adequado da cultura são técnicas que permitem o estabelecimento de ervais de alto padrão produtivo e com qualidade superior. Entretanto, as mudas de erva-mate, em sua grande maioria, são provenientes de sementes (CARVALHO, 2003; WENDLING, 2004), o que dificulta a implantação de povoamentos com alta qualidade genética, já que a espécie é dióica e, portanto, de fecundação cruzada (CARVALHO, 2003), resultando em progênies com relação genética de meio-irmãos, com baixa qualidade genética como resultado da contribuição do genitor masculino não selecionado. Além disso a taxa de germinação das sementes de erva-mate é baixa devido à imaturidade do embrião e as dificuldades para a quebra da dormência tegumentar destas sementes, resultando em um longo período necessário para a produção das mudas (FOWLER; STURION, 2000; STURION, 1988; WENDLING; SANTIN, 2015).

Diante das limitações e dificuldades verificadas para a produção de mudas seminais, a propagação vegetativa a partir de indivíduos superiores se apresenta como a alternativa mais viável (WENDLING; SANTIN, 2015), sendo que essa tecnologia é utilizada, geralmente, quando se verifica a disponibilidade de genótipos

de alta produtividade e/ou quando a semente é insumo limitante (XAVIER et al., 2003). No entanto, o grau de sucesso na propagação vegetativa de espécies arbóreas é influenciado pela espécie/clone (ELDRIGE et al., 1994; WENDLING; DUTRA, 2010), pela estação do ano, pelas condições fisiológicas da planta mãe (BRONDANI et al., 2012), pelo substrato de enraizamento, pelas substâncias de crescimento e produtos químicos aplicados nos propágulos, entre outros (DIAS et al., 2012; XAVIER et al., 2009).

Nas últimas décadas, diversos estudos foram realizados com o objetivo de desenvolver protocolos de obtenção de mudas de erva-mate por propagação vegetativa utilizando a estaquia, porém estes apresentaram baixos índices de enraizamento (WENDLING, 2004) e uma série de limitações para sua adoção em escala comercial, como a falta de métodos eficientes de obtenção de propágulos rejuvenescidos com alta capacidade de enraizamento (WENDLING et al., 2007), dificuldades de manejo do ambiente de propagação e das estacas após o enraizamento (WENDLING, 2004). Desta forma, visando contornar tais limitações, a técnica de miniestaquia, a qual é considerada uma especialização da estaquia convencional, é uma alternativa que consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo processo de estaquia, ou mudas produzidas por sementes (ALFENAS et al., 2009), dispensando o rejuvenescimento *in vitro* (WENDLING et al., 2000). Esta técnica tem sido empregada para a multiplicação de diversas espécies arbóreas (SANTOS, 2002; WENDLING et al., 2007; XAVIER et al., 2003), pois permite o aumento da capacidade de enraizamento devido ao uso de propágulos juvenis, além do maior controle fitossanitário e nutricional (FREITAS et al., 2013; PIRES et al., 2011; WENDLING; DUTRA, 2010; XAVIER et al., 2003). Entretanto, a miniestaquia tem sido pouco estudada em erva-mate (BRONDANI et al., 2007), principalmente em relação aos fatores endógenos e exógenos que interferem no enraizamento adventício das miniestacas e na qualidade das mudas produzidas.

Entre os fatores que influenciam na qualidade das mudas de espécies florestais, destaca-se o tipo e tamanho dos recipientes. O tamanho do recipiente determina o volume de substrato e, portanto, a absorção de nutrientes, água e o crescimento das plantas (NESMITH; DUVAL, 1998). Recipientes grandes aumentam o consumo de substrato e o espaço no viveiro, impactando diretamente nos custos de produção e transporte, porém, recipientes pequenos podem limitar o crescimento da muda e reduzir o tempo de permanência no viveiro (GOMES et al., 2003; LIMA et

al., 2006). O diâmetro e a altura ideal dos recipientes variam com a espécie em estudo (GOMES et al., 1990), no entanto, não foram encontrados relatos de estudos avaliando o efeito dos recipientes na qualidade de mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia.

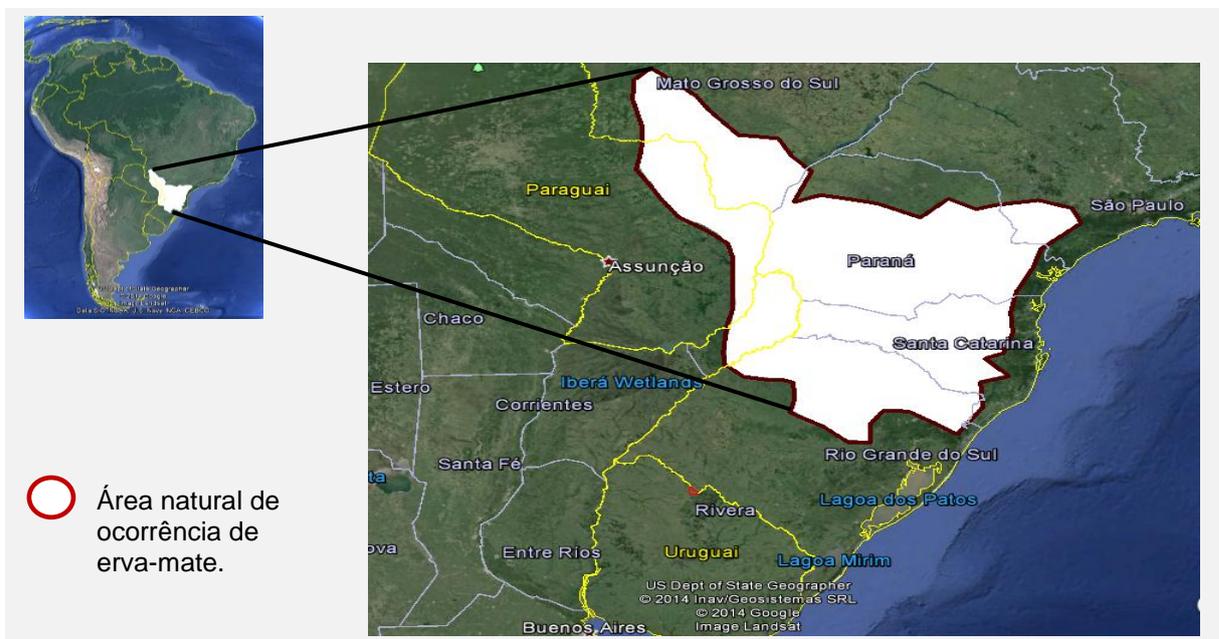
Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a produtividade de minicepas, verificar o efeito da época do ano e do tratamento com ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento das miniestacas, determinar o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida, e verificar a influência da época do ano e do tipo e tamanho dos recipientes na qualidade das mudas produzidas por miniestaquia de quatro clones de erva-mate.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.), pertencente à família Aquifoliaceae, é uma espécie arbórea nativa das regiões subtropicais da América do Sul, abrangendo os países Brasil, Paraguai e Argentina (Figura 1). No Brasil, a erva-mate é característica da Floresta Ombrófila Mista Montana em associações evoluídas com o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* Bert.), ocorrendo naturalmente nos Estados de Mato Grosso do Sul (Sul), Paraná (Sul, Centro, Oeste e Noroeste), Rio Grande do Sul (Centro-norte e Sul), Santa Catarina (Oeste), e em reduzidos nichos de ocorrência em Minas Gerais (Sul), Rio de Janeiro (Itatiaia) e São Paulo (Serra da Cantareira e Sul do Estado) (CARVALHO, 2003; OLIVEIRA; ROTTA, 1985) (Figura 1), totalizando, aproximadamente, 450.000 km², o que equivale a quase 5% do território brasileiro (ZAMPIER, 2001).

Figura 1 – Principais áreas de ocorrência natural da erva-mate na América do Sul.



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA; ROTTA, 1985. Google Earth, 2014.

A erva-mate é uma espécie clímax tolerante à sombra, que ocorre em solos de baixa fertilidade, os quais apresentam baixos teores de cátions trocáveis, altos

teores de alumínio e pH baixo; e em solos com profundidade de média a profunda (acima de 30 cm) e com textura franca (entre 15 a 35% de argila) a argilosa (acima de 35%), devendo ser evitado o plantio em solos úmidos e não permeáveis (CARVALHO, 2003).

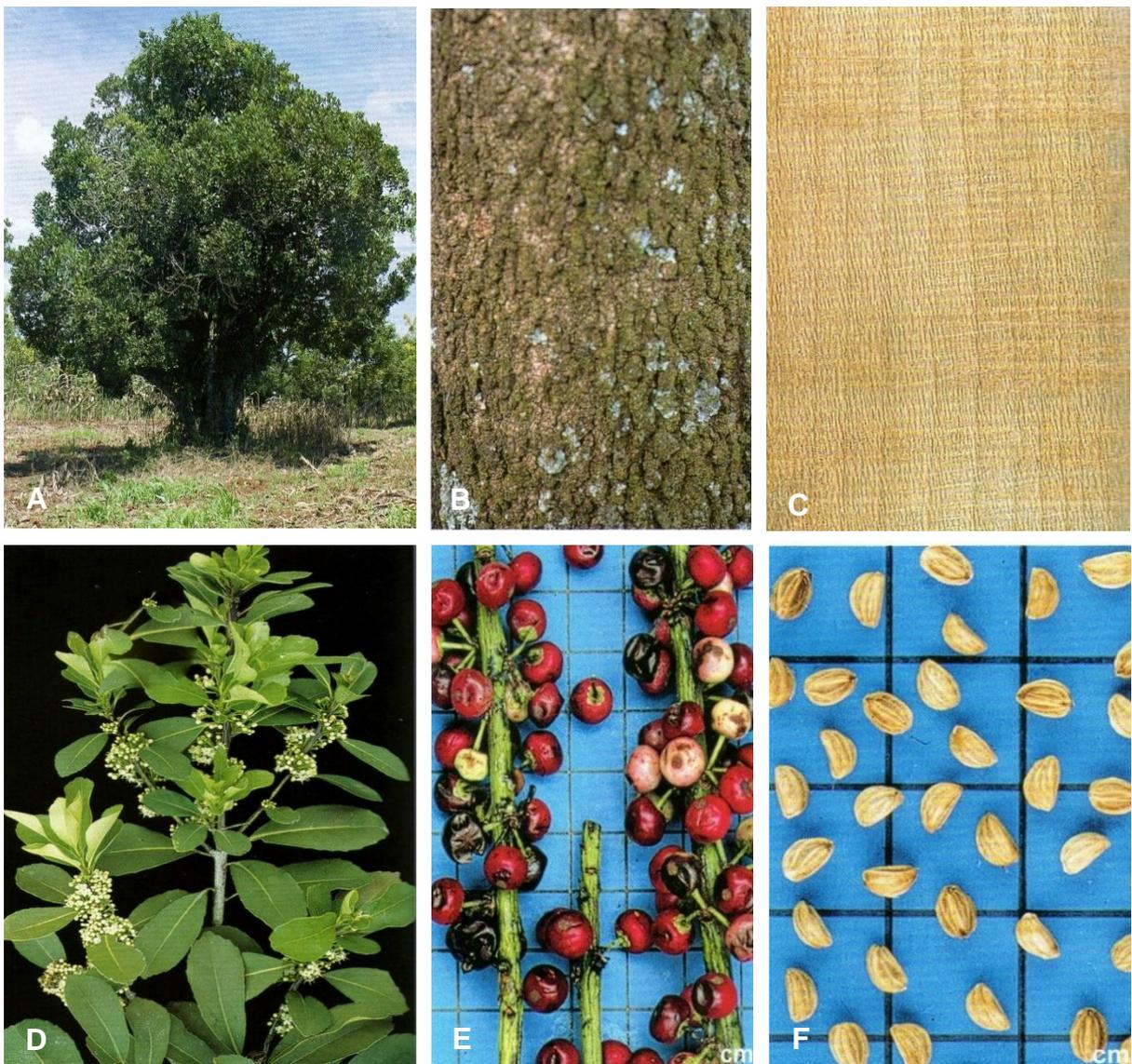
A espécie varia de arvoreta a árvore perenifólia, atingindo até 30 m de altura e 100 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) na idade adulta (Figura 2A), quando se encontra em condições naturais (CARVALHO, 2003). Entretanto, a altura da planta cultivada varia de 3 a 5 m, sendo que no sistema atual de condução, com o adensamento das plantas e as podas constantes, a altura média não ultrapassa os 2 m (CANSIAN, 2003). Apresenta tronco cilíndrico reto ou pouco tortuoso, com casca externa de coloração cinza-claro a acastanhada, persistente, áspera a rugosa, com lenticelas abundantes (Figura 2B) e casca interna com textura arenosa e cor branco-amarelada (CARVALHO, 2003; IVANCHECHEN, 1988). A madeira da erva-mate é considerada moderadamente densa, com massa específica aparente de 0,60 g cm⁻³. O alburno é de coloração branca e com estrias características, e o cerne bege com marcas alveolares (Figura 2C) (CARVALHO, 2003).

A erva-mate possui ramificação racemosa, copa baixa e densifoliada, com folhagem verde escura em cima e mais clara embaixo. Suas folhas são simples, alternas, subcoriáceas até coriáceas, glabras, com margem irregularmente serrilhada ou denteada (Figura 2D) (CARVALHO, 2003), medindo de 8 a 10 cm de comprimento por 3 ou 4 cm de largura (LORENZI, 2008). As flores apresentam coloração branca, pequenas, com inflorescência do tipo tirso, em pequenos fascículos com até cinco flores dispostas na axila das folhas superiores (Figura 2D) (CARVALHO, 2003). É uma planta dióica, com flores díclinas e com um dos sexos abortivos, ou seja, todas as flores desta espécie apresentam estames e pistilos, porém nas flores femininas os estames não são funcionais e, nas masculinas, o pistilo é abortado (CARVALHO, 2003). A floração ocorre nos meses de outubro a dezembro (LORENZI, 2008), iniciando gradativamente aos dois anos em árvores oriundas de propagação vegetativa e aos cinco anos em árvores provenientes de sementes, em sítios adequados (CARVALHO, 2003).

Os frutos da erva-mate medem de 6 a 8 mm de diâmetro, são drupóide, globoso, com mesocarpo carnoso, endocarpo ósseo-lenhoso, de superfície lisa e de cor vermelho-arroxeadado em sua maturidade (CARVALHO, 2003), que ocorre nos meses de janeiro a março (Figura 2E) (LORENZI, 2008). As sementes possuem 4 a

6 mm de diâmetro, superfície lisa, coloração castanho-clara a escura, tegumento duro e de forma variável (Figura 2F) (CARVALHO, 2003). O comportamento das sementes quanto ao armazenamento é ortodoxo (MEDEIROS; SILVA, 1999) e germinação epígea (KUNIYOSHI, 1983), podendo ser armazenada à temperatura ambiente por até 60 dias, com máximo de poder germinativo aos 30 dias (FONTANA et al., 1990).

Figura 2 – Árvore (A), casca (B), madeira (C), folhas e flores (D), frutos (E) e sementes (F) de erva-mate.



Fonte: CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008.

2.2 IMPORTÂNCIA DA ERVA-MATE

Atualmente, a erva-mate é considerada uma espécie de relevante potencial cultural, social e econômico, sendo um dos principais produtos agrícolas da região Sul do Brasil (ROSSA, 2013), principalmente do Estado do Rio Grande do Sul, o qual é o maior consumidor de erva-mate do Brasil, responsável por consumir 70.000 toneladas/ano, seguido dos Estados do Paraná e Santa Catarina que consomem, anualmente, 20.000 e 15.000 toneladas, respectivamente (UFRGS, 2013). O maior consumo de erva-mate no Rio Grande do Sul ocorre, sobretudo, por ser considerada a árvore símbolo deste Estado (Lei nº 7.439), devido as suas folhas serem utilizadas para o preparo do chimarrão (infusão de água quente em fragmentos de folha e talos moídos), o qual é a bebida símbolo do Rio Grande do Sul (Lei nº 11.929) (RIO GRANDE DO SUL, 1980; RIO GRANDE DO SUL, 2003).

A importância cultural da preparação do chimarrão tem sido comparada à cerimônia do chá na cultura japonesa e é de conhecimento que os extratos aquosos de erva-mate são consumidos na razão de mais de um litro por dia por milhões de pessoas, nos países da América do Sul (MOSIMANN et al., 2006). Tradicionalmente, o chimarrão é uma bebida para ser tomada em grupo, são as chamadas “rodas de chimarrão” que aproximam todos, conhecidos e estranhos, como se estivessem num clube, e não há melhor pretexto não só para lembrar casos e histórias passadas como acertar ou encaminhar um negócio (LINHARES, 2000).

O chimarrão é responsável por um terço do consumo de erva-mate no Sul do Brasil, sendo a matéria-prima (folhas e ramos finos) também utilizada para o preparo do tererê (infusão em água fria), mate gelado e chá-mate (FERRON, 2013). Além destes produtos, a erva-mate também tem despertado o interesse da indústria de alimentos, para a fabricação de corante natural, conservante alimentar, sorvetes, balas, bombons e chicletes; e da indústria farmacêutica, para a fabricação de medicamentos estimulantes do sistema nervoso central e produtos de uso pessoal, tais como cosméticos, tintas de cabelo, sabonetes e perfumarias (MAZUCHOWSKI; RUCKER, 1997; WENDLING et al., 2007) (Tabela 1). A fabricação destes múltiplos subprodutos comerciais de erva-mate é possível em virtude de sua composição química conter alcalóides (cafeína, metilxantina, teofilina e teobromina), taninos (ácido cafeico), vitaminas (A, B1, B2 e E), sais minerais (alumínio, cálcio, fósforo, ferro, magnésio, manganês e potássio), proteínas (aminoácidos essenciais), glicídios

(frutose, glicose, rafinose e sacarose), lipídios (óleos essenciais), além de celulose, dextrina, sacarina e gomas (FERRON, 2013).

Tabela 1 – Subprodutos comerciais e formas de consumo da erva-mate por campo de aplicação.

Sub-produtos comerciais	Formas de consumo
Bebidas	
Chimarrão	Infusão quente ou fria
Tererê	Infusão quente ou fria
Chá-mate queimado, verde, cozido, sóluvel	Infusão quente ou fria
Refrigerantes e sucos	Extrato de folhas diluído
Cerveja	Extrato de folhas diluído
Vinho	Extrato de folhas diluído
Insumos de Alimentos	
Corante natural	Clorofila e óleo essencial
Conservante natural	Clorofila e óleo essencial
Sorvete	Clorofila e óleo essencial
Balas, Bombons e caramelos	Clorofila e óleo essencial
Chicletes e gomas	Clorofila e óleo essencial
Medicamentos	
Estimulante do sistema nervoso central	Extrato de cafeína e teobromina
Compostos tratamento de hipertensão	Extrato de flavonoides
Compostos tratamento de bronquite	Extrato de flavonoides
Compostos tratamento da pneumonia	Extrato de flavonoides
Higiene geral	
Bactericida e antioxidante hospitalar	Extrato de saponinas e óleo essencial
Esterilizante	Extrato de saponinas e óleo essencial
Emulsificante	Extrato de saponinas e óleo essencial
Tratamento de esgoto	Extrato de saponinas e óleo essencial
Reciclagem de lixo urbano	Extrato de saponinas e óleo essencial
Produtos de Uso Pessoal	
Perfumes e desodorantes	Extrato de folhas seletivo e clorofila
Cosméticos	Extrato de folhas seletivo e clorofila
Sabonetes	Extrato de folhas seletivo e clorofila

Fonte: MAZUCHOWSKI; RUCKER, 1997.

Os ervais geram trabalho e receita durante longo período de tempo e possibilitam a estabilidade econômica e social do produtor rural no campo (LOURENÇO et al., 1997; MONTOYA, 1999), devido a ser uma cultura permanente e sua safra ocorrer justamente na entressafra de alguns produtos agrícolas, tais

como feijão e milho, além da espécie possuir elevada capacidade de rebrota após o corte dos ramos e folhas, permitindo a colheita em árvores com mais de 100 anos de manejo (CARVALHO, 2003).

No Brasil, a produção de erva-mate foi de 344.594 toneladas no ano de 2013, sendo que somente quatro Estados brasileiros são responsáveis por esta produção (Tabela 2). A região Sul do país é responsável por 344.411 toneladas deste volume, da qual 254.915 toneladas é produzida no Paraná, ou seja, 73,97% da produção do país, seguido dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com 20,22 e 5,75% da produção de erva-mate respectivamente. Já o Estado do Mato Grosso do Sul, o qual passou a produzir erva-mate a partir de 1997, representa apenas 0,06% da produção brasileira desta matéria-prima (Tabela 2) (IBGE, 2013).

No Rio Grande do Sul, os municípios com maior produção de erva-mate são Ilópolis e Arvorezinha, seguidos de Palmeira das Missões, Venâncio Aires e Fontoura Xavier (SINDIMATE, 2013). Entretanto, a produção de erva-mate neste Estado sofreu gradativa redução do ano de 2009 a 2013 (IBGE, 2009; IBGE, 2010; IBGE, 2011; IBGE, 2012; IBGE, 2013) (Tabela 2), o que pode estar associado à queda na área destinada a colheita e também a fatores genéticos associados à qualidade das mudas utilizadas na implantação dos ervais.

Tabela 2 – Produção de erva-mate (toneladas) durante os anos de 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013 no Brasil, na região Sul do Brasil e nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul.

País, Grande Região ou Unidade de Federação	Ano				
	2009	2010	2011	2012	2013
Brasil	218.102	227.462	229.681	252.700	344.594
Região Sul	217.820	227.187	229.245	252.461	344.411
Paraná	156.563	166.682	169.549	193.636	254.915
Santa Catarina	36.493	36.274	36.117	36.105	69.683
Rio Grande do Sul	24.764	24.231	23.579	22.720	19.813
Mato Grosso do Sul	282	275	436	239	183

Fonte: IBGE- Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013.

Quanto ao mercado internacional, os principais importadores da erva-mate produzida no Brasil são o Uruguai (cerca de 31.300 toneladas), Chile (aproximadamente 2.000 toneladas), Alemanha (620 toneladas), Estados Unidos (500 toneladas) e Argentina (200 toneladas), respondendo por 97,9% da quantidade

exportada pelo Brasil e totalizando aproximadamente US\$ 61 milhões de arrecadações para o país, no ano de 2011 (ALICEWEB, 2012).

2.3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE

No Brasil, a maior parte da erva-mate produzida até a década de 80 era proveniente de ervais nativos. Porém, o aumento da demanda do mercado trouxe a necessidade de implantação de novos ervais (CANSIAN, 2003; SANTOS, 2011) e, conseqüentemente, ocasionou o aumento na procura por mudas dessa espécie. O número de viveiros multiplicou-se rapidamente, porém, não existia a preocupação com a origem genética das sementes de erva-mate, que está diretamente relacionada com a qualidade das mudas produzidas. A grande maioria dos ervais plantados nessa época encontram-se em produção, fornecendo matéria prima de baixa qualidade, principalmente pelo sabor amargo das folhas (MELO, 2010).

Atualmente, a dificuldade de produção e a baixa qualidade genética e fitossanitária das mudas de erva-mate produzidas na maioria das regiões ervateiras do Brasil ainda se devem ao uso de sementes (WENDLING, 2004), as quais apresentam dormência ocasionada pela imaturidade do embrião e associada à dureza do seu endocarpo, tornando necessário um longo tempo para a sua estratificação (4 a 6 meses), germinação demorada, desuniforme (de 100 a 360 dias) e com baixa porcentagem de germinação (inferior a 20%) (CARVALHO, 2003; CUQUEL et al., 1994; PRAT KRICUN, 1993; STURION, 1988).

Além disso, as sementes utilizadas para a produção de mudas em sua maioria, são oriundas de ervais nativos ou plantados sem critério de seleção (STURION et al., 1999), acarretando em alta heterogeneidade dos plantios, que dificulta o estabelecimento de padrões de manejo da cultura e de processamento do produto (WENDLING, 2004). Assim, diante da necessidade de produção de mudas com maior qualidade devido as exigências do mercado (TITON, 2001) e das dificuldades encontradas na propagação sexuada de erva-mate, o desenvolvimento de um programa de propagação vegetativa poderá ser uma alternativa viável, permitindo a produção de mudas de indivíduos geneticamente superiores (ELDRIGE et al., 1994; WENDLING, 2004) e, conseqüentemente, o estabelecimento de povoamentos com elevada produtividade (HORBACH, 2008).

2.4 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação vegetativa de plantas consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (propágulos), de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta mãe (FERRARI et al., 2004), pois nesse processo não ocorre união de gametas (HIGASHI et al., 2000). O propágulo constitui-se de parte de uma determinada planta usada para produzir uma ou mais plantas, podendo ser empregados sementes, estacas, estruturas florais, segmentos vegetativos e outras estruturas especializadas, a exemplo de gemas, calos, bulbos e estolões. O uso de um propágulo em detrimento de outro está em função dos objetivos desejados, da espécie, da disponibilidade de material vegetativo e da estrutura de propagação disponível (XAVIER et al., 2009).

Todo o processo de regeneração de um propágulo através da propagação vegetativa somente é possível devido à totipotência das células vegetais em manifestar, em momentos diferentes e sob estímulos apropriados, a potencialidade em iniciar um novo indivíduo multicelular. Sob o ponto de vista do melhoramento, esse processo é conhecido por clonagem, e as plantas resultantes da planta clonada são denominadas clones (XAVIER et al., 2009). As principais vantagens do uso de clones selecionados na área florestal é a obtenção de indivíduos idênticos à planta doadora dos propágulos vegetativos, resultando em plantios com maior produtividade e uniformidade em relação às características silviculturais e tecnológicas, a melhoria da qualidade da madeira e de seus produtos, a multiplicação de indivíduos resistentes a pragas e doenças e adaptados a sítios específicos, e a transferência de geração para geração dos componentes genéticos aditivos e não aditivos que resulta em maiores ganhos dentro de uma mesma geração de seleção (REMADE, 2003; WENDLING, 2003). Entretanto, como desvantagens podem ser citados os riscos de estreitamento da base genética dos plantios clonais, quando utilizados pequeno número de clones, a não ocorrência de ganhos genéticos adicionais a partir da primeira geração de seleção, a dificuldade de enraizamento de algumas espécies/clones e plantas adultas (WENDLING, 2003).

Entre as várias técnicas de propagação vegetativa de plantas destacam-se a estaquia, a micropropagação, a microestaquia e a miniestaquia (WENDLING, 2003), sendo a escolha do método variável de acordo com o objetivo da propagação, espécie envolvida, época do ano, habilidade do executor, tipo e quantidade de

material disponível, condições ambientais e disponibilidade de recursos físicos, financeiros e humanos (WENDLING et al., 2005).

Os trabalhos de propagação vegetativa de espécies florestais iniciaram com o eucalipto (*Eucalyptus* sp.) nos anos 50 no Marrocos e norte da África, estudando a estaquia de mudas de origem seminal (ALFENAS et al., 2009). No Brasil, os trabalhos pioneiros com sucesso no enraizamento de estacas de eucalipto, em nível experimental, remontam ao ano de 1975, sendo a técnica adotada em escala comercial, quatro anos mais tarde (ASSIS et al., 1992; IKEMORI, 1975). Desta forma, existe considerável conhecimento técnico e científico sobre o uso da propagação vegetativa para a produção de mudas de eucalipto (ALMEIDA et al., 2007; HIGASHI et al., 2000; TITON et al., 2003; WENDLING; XAVIER, 2005; XAVIER; COMÉRIO, 1996; XAVIER et al., 2009). Para espécies florestais nativas do Brasil, alguns estudos têm mostrado que a estaquia pode ser alternativa para a produção de mudas, tais como jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* Raddi Kuntze), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* Mart. Macbr.) e guavira (*Campomanesia adamantium* Camb.) (HERNANDEZ et al., 2013; HERNANDEZ et al., 2012; MARTINS et al., 2015).

De maneira geral, os resultados obtidos com o enraizamento de estacas de espécies florestais nativas são variáveis, verificando-se enraizamento acima de 90% para algumas espécies, enquanto outras simplesmente não enraízam (XAVIER et al., 2009). Para a erva-mate, os índices de enraizamento das estacas tem sido baixo e dependente de diversos fatores, dentre os quais destacam-se o genótipo, a idade e o sexo das plantas matrizes (WENDLING; SANTIN, 2015). Sturion e Resende (1997) observaram que a porcentagem de enraizamento das estacas, coletadas de 30 árvores de erva-mate selecionadas fenotipicamente, variou de 1,10 a 60,10%, com média de apenas 17,60% de enraizamento. Assim, verifica-se uma série de limitações para a adoção da propagação vegetativa de erva-mate em escala comercial, sobretudo pela dificuldade de obtenção de métodos eficientes de rejuvenescimento de material adulto, de técnicas de manejo do ambiente de propagação, de manejo das estacas pós-enraizamento, de sistemas de enraizamento e condução que não necessitem de repicagem das estacas enraizadas para outro recipiente (WENDLING, 2004).

2.4.1 Miniestaquia

Para espécies que apresentam limitações no enraizamento por estaquia, a miniestaquia pode ser uma alternativa para a propagação vegetativa, tornando possível clonar comercialmente genótipos de difícil enraizamento (ALFENAS et al., 2009). Essa técnica surgiu na década de 1990, podendo ser considerada uma especialização da estaquia convencional, visando estabelecer um sistema que tivesse como origem ápices de brotações de estacas enraizadas (ASSIS, 1996) ou de mudas produzidas por sementes (ALFENAS et al., 2009), aproveitando o potencial juvenil dos propágulos para indução do enraizamento e dispensando o rejuvenescimento *in vitro* (FERRIANI et al., 2010; WENDLING et al., 2000). Atualmente, a miniestaquia é a técnica de clonagem mais difundida entre as médias e grandes empresas florestais que trabalham com produção de mudas clonais de eucalipto (WENDLING et al., 2000; XAVIER; WENDLING, 1998), porém, essa técnica também tem sido avaliada para várias outras espécies de interesse comercial, com resultados promissores (XAVIER et al., 2009).

Para espécies florestais nativas, pouco se conhece sobre o uso da miniestaquia para a multiplicação de plantas. Resultados iniciais obtidos por Xavier e Santos (2002) apontaram a viabilidade técnica do uso da miniestaquia para a produção de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), mogno (*Swietenia macrophylla* King.), jequitibá-rosa e angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* Benth. Brenan). Para a erva-mate, essa técnica de propagação promoveu aumento dos índices de enraizamento ao se comparar com a estaquia tradicional (BRONDANI et al., 2007; WENDLING et al., 2007), indicando sua potencialidade para a produção de mudas de plantas matrizes que apresentam características especiais de produção, como alta produtividade e qualidade das folhas (WENDLING; SANTIN, 2015).

A miniestaquia apresenta diversas vantagens em relação à estaquia, como a redução da área produtiva necessária para a produção das mudas (adoção do minijardim clonal) e dos custos com transporte e coleta das brotações, maior eficiência das atividades de manejo no minijardim clonal (irrigação, nutrição, manutenção e controle de pragas e doenças), maior qualidade, velocidade e percentual de enraizamento das miniestacas e, especialmente, por reduzir a exigência de fitorreguladores para indução do enraizamento (HIGASHI et al., 2000; WENDLING et al., 2005; XAVIER et al., 2003). Em relação às desvantagens da

técnica destacam-se a maior sensibilidade das miniestacas às condições ambientais, a necessidade de maior agilidade entre a coleta das miniestacas e o seu estaqueamento em casa de nebulização (WENDLING; SOUZA JUNIOR, 2003; XAVIER; WENDLING, 1998).

O minijardim clonal pode ser definido como a área de multiplicação vegetativa formada por um conjunto de minicepas, objetivando fornecer brotações para o processo de miniestaquia (XAVIER et al., 2009). Esta área de produção de brotos pode ser implantada em sistema de recipientes, que variam desde vasos de polipropileno de diferentes volumes, caixas de fibra de vidro com variadas formas e dimensões, ou em sistemas de canaletões de fibrocimento, atualmente o mais utilizado pelas empresas florestais (HIGASHI et al., 2002). Os minijardins clonais são implantados em locais protegidos, com constante manejo e condução das minicepas fornecedoras de miniestacas (tratos silviculturais), através de operações de podas de manutenção, adubações, irrigações e controle de invasoras (XAVIER et al., 2009).

A produtividade de miniestacas por minicepa varia de acordo com o material genético, sistema de minijardim clonal utilizado e a época de coleta das brotações, uma vez que variações climáticas podem interferir fisiologicamente no material vegetativo, assim como no ambiente de enraizamento (HARTMANN et al., 2011; PAIVA; GOMES, 1995). Em geral, no verão, a produção de brotos é maior, mas as minicepas ficam mais vulneráveis ao ataque de patógenos, o que permite que, em determinadas regiões do Brasil, a produtividade dos viveiros seja estável e superior no outono e na primavera em comparação com o verão e o inverno (ALFENAS et al., 2009). Para espécies florestais nativas, a produtividade de miniestacas por minicepa variou entre 1,3 a 3,9 para cedro-rosa, corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) e jequitibá-rosa (XAVIER et al., 2003; CUNHA et al., 2003; GATTI et al., 2011). Para as minicepas de erva-mate a produção média foi de 2,2 miniestacas por minicepas a cada 35 dias (WENDLING; SOUZA JÚNIOR, 2003).

Para garantir maior eficiência e uniformidade da produção de miniestacas, é recomendado que a coleta das brotações seja realizada de forma seletiva e contínua, em períodos a serem definidos conforme o vigor, colhendo-se todas aquelas que possuem de 3 a 5 cm de comprimento (ALFENAS et al., 2009; TITON et al., 2003; WENDLING, 1999). Após serem coletadas, as miniestacas deverão ser acondicionadas em recipientes com água, para que possam chegar ao local de

enraizamento em perfeitas condições de turgor. O período entre o preparo e o estaqueamento das miniestacas no substrato deverá ser o mais reduzido possível, sendo recomendado intervalos inferiores a 15 minutos (WENDLING, 1999). As miniestacas são enraizadas em recipientes coletivos (bandejas ou caixas) ou individuais (tubetes) contendo substrato comercial, vermiculita, casca de arroz carbonizada, areia ou a mistura de dois ou mais substratos. O período de enraizamento é variável conforme as particularidades da espécie/clone e condições do ambiente de enraizamento, como temperatura e luminosidade (FERRIANI et al., 2010).

2.5 ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO

Na propagação vegetativa, o enraizamento é um processo anatômico e fisiológico complexo, que envolve o redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de um meristema direcionado à formação de um novo sistema radicular (XAVIER et al., 2009). Dessa forma, o sistema radicular é denominado adventício, ou seja, a raiz formada na estaca constitui-se em uma raiz adventícia, já que foi induzida em um local diferente daquele onde se forma no curso normal de desenvolvimento da raiz (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2009).

O enraizamento adventício poderá seguir padrões anatômicos de enraizamento diretos ou indiretos. No padrão direto preconiza-se a ocorrência de células competentes que, após a indução, iniciam as divisões celulares em padrão polar de diferenciação de primórdios, os quais estabelecem conexões vasculares com a região vascular original. No padrão indireto da rizogênese, ocorre um estado inicial de não competência em que as células não respondem ao sinal de indução, ocorrendo divisões não dirigidas das células, geralmente formando calos, as quais sofrem uma nova indução, dividindo-se de modo polar e estabelecendo o primórdio da raiz (GENEVE, 1991; HARTMANN et al., 2011).

Em plantas lenhosas, as raízes adventícias originam-se no tecido do floema secundário jovem ou de outros tecidos, como o câmbio vascular, os raios vasculares e a medula (HARTMANN et al., 2011). Em estacas herbáceas de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), as raízes adventícias se originaram a partir do câmbio vascular (BASTOS, 2006), como também observado em miniestacas caulinares apicais herbáceas de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T.

Blake, nas quais a formação endógena de primórdios radiculares, proliferação e formação de uma massa de células desorganizadas (calos) foram observadas a partir do câmbio vascular (GOULART, 2006).

A capacidade de formação de raízes das estacas caulinares também pode estar relacionada com a estrutura anatômica do floema primário. O floema das espécies de difícil enraizamento é caracterizado por apresentar elevado grau de esclerificação (DAVIES JUNIOR; HARTMANN, 1988). Dessa forma, as diferenças entre variedades de fácil ou difícil enraizamento podem estar inversamente relacionadas com a continuidade da camada de esclerênquima (ONO; RODRIGUES, 1996).

De maneira geral, para ocorrer a formação de raízes nos propágulos de espécies lenhosas é necessário que se observe à capacidade e receptividade das células parenquimáticas em se regenerarem, a interação entre os múltiplos fatores como fitohormônios, carboidratos, compostos fenólicos, estado fisiológico da planta-matriz, características genéticas (HAISSIG, 1982), substâncias nitrogenadas e aminoácidos (HARTMANN et al., 2011) e a ocorrência da ação enzimática nos tecidos adjacentes, através da destruição das células corticais, abrindo espaço para o desenvolvimento do primórdio radicial (BLAZICH; HEUZER, 1979).

2.6 FATORES QUE INTERFEREM NO ENRAIZAMENTO

Entre os principais fatores que afetam a formação de raízes adventícias estão àqueles relacionados com o genótipo, as condições fisiológicas e nutricionais da planta fornecedora dos propágulos vegetativos, a época do ano em que é realizada a coleta dos propágulos, a juvenilidade dos brotos, o tipo de propágulo, a aplicação de fitorreguladores, a presença de inibidores de enraizamento, a presença de brotos e/ou folhas, o armazenamento das estacas, o tipo e composição do substrato, além daqueles relacionados com a manipulação das condições de luminosidade, temperatura e umidade relativa no ambiente de enraizamento (ALFENAS et al., 2009; GOMES, 1987; HIGASHI et al., 2000; KRAMER; KOSLOWISKI, 1972; XAVIER et al., 2009). O conhecimento desses fatores é necessário para que se possa explicar por que uma espécie tem facilidade ou dificuldade de enraizar, além disso, o adequado manejo dos mesmos permite aumentar a chance de sucesso na produção de mudas utilizando a propagação vegetativa (FACHINELLO et al., 2005).

2.6.1 Genótipo

A capacidade de enraizar poderá diferir drasticamente entre as espécies florestais, bem como entre os clones de uma mesma espécie, sendo a rizogênese controlada geneticamente através da capacidade das células sofrerem desdiferenciação, desde que as condições sejam satisfatórias para a expressão gênica (HAISSIG, 1982; XAVIER et al., 2009). Assim, as plantas podem ser classificadas em espécies de fácil enraizamento, com respostas crescentes ao enraizamento quando são proporcionadas condições adequadas de controle ambiental e manejo da fonte de propágulo vegetativo, e espécies com resposta pequena ou sem resposta aos estímulos para o enraizamento (XAVIER et al., 2009). Para espécies e clones que apresentam facilidade de formar raízes, não há necessidade de cuidados especiais durante o enraizamento, porém naquelas de difícil enraizamento deve-se proporcionar as melhores condições e atender da melhor maneira os fatores que afetam a rizogênese (PITA JÚNIOR, 2010).

A interferência genética no enraizamento dos propágulos poderá ser evidenciada pela grande variação na taxa de enraizamento dos clones de *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) e *Eucalyptus urophylla* comparadas com as de *Eucalyptus globulus* (Labill.) (XAVIER et al., 2009), assim como entre os clones híbridos de *E. globulus*, nos quais verificou-se variações na porcentagem de enraizamento das miniestacas entre 25 e 86,1% (BORGES et al., 2011).

2.6.2 Condições fisiológicas e nutricionais das plantas fornecedoras dos propágulos vegetativos

No transcorrer do desenvolvimento, as plantas lenhosas passam por mudanças morfológicas e fisiológicas que influenciam no crescimento, no vigor, na filotaxia, na estrutura e forma da folha, na anatomia do caule, na capacidade de enraizamento ou florescimento, entre outras, as quais correspondem a idade ontogenética da planta, ou seja, a mudança da fase juvenil para a adulta ou madura (XAVIER et al., 2009). A maturação é uma determinação celular regulada por fatores intrínsecos e extrínsecos das células do meristema apical (GREENWOOD, 1992) e frequentemente é confundida com a idade cronológica, embora seja reversível sob certas condições, e a idade, provavelmente não (XAVIER et al., 2009). De modo

geral, com o avanço da idade, a planta ou órgão tende à senescência e morte, enquanto o meristema apical adulto de plantas pode ter sua juvenilidade restaurada, ou seja, rejuvenescida (HUANG et al., 1990).

Entre os principais efeitos da maturação em plantas lenhosas destaca-se a transição da alta para a baixa capacidade de enraizamento dos propágulos (XAVIER et al., 2009). Em algumas espécies lenhosas, estacas de mudas jovens provenientes de sementes enraízam facilmente, enquanto outras provenientes de plantas mais velhas enraízam esporadicamente ou não enraízam (XAVIER et al., 2009). Esse efeito pode ser observado para a erva-mate, na qual os ramos rejuvenescidos apresentam maior potencial para o enraizamento (BITENCOURT et al., 2009). Entretanto, vale salientar que em espécies com facilidade de propagação vegetativa, a idade ontogenética da planta fornecedora dos propágulos pode exercer pouca influência no enraizamento, ao passo que em espécies com maior dificuldade de propagação, a idade ontogenética pode ser fator decisivo no processo de enraizamento de estacas (HACKETT, 1987).

Em escala operacional, o rejuvenescimento da planta matriz adulta é normalmente obtido a partir de brotações epicórmicas oriundas da touça, porém em muitos casos alguns indivíduos não brotam e faz-se necessário outras técnicas, como o anelamento da base do caule, o uso do fogo na base da árvore e o uso de galhos podados e mantidos em casa de enraizamento sob nebulização intermitente de água, visando à brotação para produção de estacas (ALFENAS et al., 2009). Outro processo que visa o rejuvenescimento é a estaquia seriada, na qual estacas são enraizadas e a partir da brotação são coletados novos propágulos, os quais serão enraizados, e assim sucessivamente (XAVIER et al., 2009), porém ainda não se tem conhecimento científico suficiente sobre a eficácia desta técnica (XAVIER et al., 2009).

Quanto à manipulação do ambiente de coleta das brotações e das condições fitossanitárias das plantas fornecedoras dos propágulos vegetativos, estas são variáveis em função da planta matriz e das condições ambientais locais (XAVIER et al., 2009). De modo geral, recomenda-se a coleta das brotações no início da manhã, quando o material está em condições túrgidas (ONO; RODRIGUES, 1996), visto a vulnerabilidade ao estresse hídrico dos propágulos vegetativos (XAVIER et al., 2009). Além disso, a planta matriz ideal para fornecer estacas deve estar livre de moléstias, não apresentando danos causados por geada, seca e insetos ou

esgotadas por excesso de frutificação, falta de umidade no solo ou em desequilíbrio nutricional (FACHINELLO et al., 2005).

A nutrição mineral da planta fornecedora dos propágulos e a quantidade de nutrientes acumulados nas estacas influenciam no enraizamento adventício (XAVIER et al., 2009), sendo fatores determinantes do sucesso da propagação vegetativa, pois interferem na quantidade de carboidratos fundamentais à indução e ao crescimento das raízes (CUNHA et al., 2009). Além do teor de carboidratos, elevado nível de reservas com acentuada relação carbono/nitrogênio (C/N) favorece o enraizamento dos propágulos (GOMES, 1987) e é desfavorável para o desenvolvimento da parte aérea, ao passo que propágulos com baixa relação C/N apresentam pouca formação de raízes e satisfatório desenvolvimento da parte aérea (FACHINELLO et al., 2005). Assim, relações C/N adequadas permitem que se obtenha um bom equilíbrio entre as raízes e a parte aérea formada, além de maior enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

Diversos outros nutrientes minerais, como fósforo, potássio, cálcio e magnésio, quando em quantidades equilibradas nos propágulos, também poderão favorecer o enraizamento, enquanto o excesso de manganês e de nitrogênio pode prejudicar a rizogênese. O zinco é ativador do triptofano, precursor da auxina, sendo por isso, imprescindível na formação das raízes (FACHINELLO et al., 2005). Dessa forma, o estado nutricional da planta fornecedora dos propágulos mostra-se de grande importância, não apenas quanto ao aspecto do vigor vegetativo e da produção de brotações, mas também da concentração dos elementos minerais, os quais apresentam efeito significativo nos índices de enraizamento e velocidade de formação de raízes nos propágulos (XAVIER et al., 2009).

A época do ano em que é realizada a coleta dos propágulos vegetativos pode exercer grande influência no enraizamento adventício e está estreitamente relacionada com a consistência da estaca, sendo que aquelas coletadas em período de crescimento vegetativo intenso (primavera e verão) apresentam-se mais herbáceas (FACHINELLO et al., 2005), devido a tendência de que brotem com rapidez, em razão dos dias serem quentes. As novas folhas em desenvolvimento começam a transpirar e retirar a água das estacas antes que estas possam formar raízes, por isso, morrem rapidamente (HARTMANN; KESTER, 1990). No entanto, se as estacas são coletadas no inverno, as gemas estarão em período de repouso e as estacas coletadas terão maior grau de lignificação dos tecidos, podendo formar

raízes e se estabelecerem para a época de brotação das gemas, na primavera (FACHINELLO et al., 2005; HARTMANN; KESTER, 1990). Dessa forma, a época do ano pode exercer influência no enraizamento das estacas, pelo fato de que as condições fisiológicas da planta matriz são influenciadas pelas variações sazonais (XAVIER et al., 2009), as quais atuam diretamente no teor de carboidratos armazenados na planta matriz (HARTMANN; KESTER, 1990), no grau de lignificação da estaca (FACHINELLO et al., 2005), na atividade cambial e no nível endógeno de auxina (HARTMANN et al., 2011).

Para cada planta e condição ambiental específica deve-se determinar qual a melhor época do ano para a coleta dos propágulos, bem como a influência da época na produção e qualidade das brotações destinadas ao processo de estaquia (XAVIER et al., 2009). Em espécies que enraízam com facilidade, pode ser realizada a coleta dos propágulos em qualquer época do ano, enquanto para espécies de difícil enraizamento, observa-se que a estação de repouso ou de crescimento vegetativo são as melhores épocas (HARTMANN; KESTER, 1976). Estudos utilizando miniestacas de pinus (*Pinus taeda* L.) observaram que o inverno foi à época do ano mais favorável para a coleta, com alta porcentagem de enraizamento das miniestacas (85%) (ALCANTARA et al., 2007). Resultados semelhantes também foram observados em miniestacas de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme), sendo que o inverno e a primavera apresentaram as maiores porcentagens de enraizamento (45%) (FERRIANI et al., 2011). Já em estudo realizado com estacas de leiteiro (*Sapium glandulatum* Vell. Pax), a época de coleta do verão apresentou as maiores porcentagens de enraizamento (FERREIRA et al., 2010).

2.6.3 Aplicação de fitorreguladores

Para formação de raízes adventícias nos propágulos vegetativos, é necessária a presença de certos níveis de substâncias endógenas, as quais influenciam nos processos fisiológicos de crescimento, diferenciação e desenvolvimento vegetal (DAVIES, 1995). Existem diversas substâncias com propriedades reguladoras de crescimento vegetal, a exemplo das auxinas, que estimulam o enraizamento adventício, e as citocininas, que são produzidas nas raízes com a finalidade de estimular a divisão celular da parte aérea, conforme a

relação auxina/citocinina. Geralmente, alta relação auxina/citocinina favorece a formação de raízes enquanto o contrário estimula a formação dos ramos (ALFENAS et al., 2009). Assim, as auxinas possuem maior efeito na rizogênese dos propágulos, pois são essenciais para a iniciação das raízes adventícias, bem como desempenham um importante papel no estímulo a divisão celular (HARTMANN et al., 2011).

As auxinas naturais são sintetizadas na parte aérea das plantas, principalmente em regiões de crescimento ativo, como meristema apical, gemas axilares e folhas jovens, sendo translocadas para diferentes órgãos, de acordo com o mecanismo de transporte polar e basípeto (TAIZ; ZEIGER, 2013). Algumas espécies não apresentam níveis endógenos de auxinas suficientes para a promoção do enraizamento, tornando necessária a suplementação do teor hormonal através da aplicação de fitorregulador (ALVARENGA; CARVALHO, 1983; FACHINELLO et al., 2005; HINOJOSA, 2000), os quais podem proporcionar maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

Com a realização do tratamento com auxina nos propágulos, ocorre o transporte polar no caule cortado, causando rápido acúmulo da substância na porção basal, provocando a formação de uma dilatação ou calo, resultante da ativação das células do câmbio, seguida da formação dos primórdios radiculares (ALVARENGA; CARVALHO, 1983; FACHINELLO et al., 2005). Entretanto, a sensibilidade das células vegetais e clones ao tratamento com auxinas é variável, sendo que as auxinas aplicadas exogenamente poderão promover ou inibir a iniciação de raízes adventícias, dependendo da espécie, do estado de maturação, do tipo e concentração de auxina, entre outros fatores (XAVIER et al., 2009).

As auxinas compreendem diversas substâncias com atividades reguladoras de crescimento, destacando-se o ácido indolacético (AIA), o ácido indolbutírico (AIB), o ácido naftalenoacético (ANA) e o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 D), dos quais o AIB tem apresentado maior eficácia na promoção de raízes adventícias em propágulos de espécies florestais, visto a sua menor mobilidade e maior estabilidade química no interior da estaca (XAVIER et al., 2009). Para o tratamento das estacas podem ser empregadas concentrações de auxinas que variam de 20 a 10000 mg L⁻¹ (XAVIER et al., 2009), sendo a concentração adequada para o enraizamento dependente da espécie ou cultivar e da concentração existente no tecido (FACHINELLO et al., 2005), podendo provocar efeito estimulador de raízes até um

valor máximo, a partir do qual qualquer acréscimo tem efeito inibitório (FACHINELO et al., 2005). Assim, é recomendável a realização de testes com a aplicação de diferentes concentrações de fitorreguladores para a espécie que se deseja propagar (XAVIER et al., 2009).

Atualmente, diversos trabalhos têm estudado a contribuição dos tratamentos com fitorreguladores, sobretudo com o AIB, no enraizamento dos propágulos vegetativos de espécies arbóreas. Para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus grandis*, a aplicação de 1000 a 2000 mg L⁻¹ de AIB proporcionou os melhores índices de enraizamento e sobrevivência (TITON et al., 2003). Entretanto, para o *E. globulus*, o AIB em concentrações de 2000 a 4000 mg L⁻¹ não apresentou efeito significativo em relação as características avaliadas (BORGES et al., 2011). Na estaquia de erva-mate, as concentrações ótimas de AIB foram 5000 e 8000 mg L⁻¹, as quais possibilitaram respectivamente 62 e 47% de enraizamento em estacas de brotações do ano de árvores adultas e de mudas (GRAÇA et al., 1988). Entretanto, quando se utiliza a técnica de miniestaquia de erva-mate recomenda-se o uso de AIB nas concentrações de 0 a 3000 mg L⁻¹, variáveis em função do clone e da idade da planta matriz, sendo que essas concentrações devem ser avaliadas para cada clone, condições climáticas e manejo (WENDLING; SANTIN, 2015).

2.7 DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DAS MUDAS PRODUZIDAS POR PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

Após a etapa de enraizamento em casa de vegetação, as estacas enraizadas são transferidas para aclimatização, visando proporcionar condições de vigor fisiológico e resistência à muda, para posterior crescimento nas condições ambientais naturais (XAVIER et al., 2009). Além disso, concomitantemente a esse processo ocorrerá o estímulo do sistema radicular formado nas mudas para cumprir a função de absorção de água e nutrientes (COUTINHO et al., 2009). A aclimatização é realizada de três a quatro semanas, mas poderá ter maior duração conforme a espécie e as condições ambientais, cujo término é verificado com a produção de um ou vários brotos, a partir das gemas axilares das estacas, indicando que as plantas jovens já são independentes e que estão aptas para o desenvolvimento da parte aérea (COUTINHO et al., 2009).

Na fase de aclimatização e posterior desenvolvimento e crescimento da planta, a qualidade da muda produzida é de extrema importância, pois influencia na porcentagem de sobrevivência, na velocidade de crescimento e, conseqüentemente, no sucesso do plantio (CARNEIRO, 1995). Além disso, mudas de alta qualidade possuem maior potencial de crescimento e exercem uma melhor competição com a vegetação invasora, reduzindo os custos dos tratamentos culturais (MORGADO et al., 2000). Diversos fatores interferem na qualidade da muda produzida, tais como o tipo de recipiente, o substrato, a adubação e o manejo das mudas (ULIANA, 2009), sendo o recipiente considerado um dos fatores mais importantes para a qualidade de mudas florestais (CARNEIRO, 1995).

2.7.1 Recipientes para produção das mudas

A utilização de recipientes na produção de mudas, quando comparada com o sistema de raiz nua, apresenta inúmeras vantagens de naturezas biológica, técnica, econômica e física, como proteção do sistema radicular; aumento da eficiência do plantio através do acréscimo na porcentagem de sobrevivência; melhor desenvolvimento inicial das mudas após o plantio; custo de produção das mudas equivalente ou inferior; facilidade de controle nutricional e de manuseio no viveiro e no campo durante o plantio (ABBOTT, 1982; CARNEIRO; PARVIAINEN, 1988; GULDIN, 1982; HARRIS, 1982; SILANDER, 1984).

De maneira geral, os recipientes devem permitir bom desenvolvimento das plantas quanto aos parâmetros morfológicos das mudas (MORGADO et al., 2000), adequada distribuição do sistema radicular na forma mais natural possível e sem deformação, não acarretar em problemas de toxidez para as mudas, ser economicamente viável e reaproveitável, como também estar disponível no mercado (CARNEIRO, 1995).

O tipo, dimensões e volumes dos recipientes destinados para o crescimento das plantas, exercem influência na qualidade e nos custos de produção de mudas de espécies florestais e na disponibilidade de nutrientes e água (GOMES; PAIVA, 2013). A muda terá alterações no desenvolvimento, caso esta disponibilidade seja limitada ou presente em quantidade considerada excessiva (BOHM, 1979). Além disso, determinados recipientes possuem paredes constituídas por elementos que não permitem a perfuração das raízes, de forma que as raízes crescem adquirindo

forma espiral ou outro aspecto de deformação, que poderá diminuir a resistência à desidratação das plantas, com prejuízo para sua condição hídrica (CARNEIRO, 1995). Dessa forma, é de grande importância o estudo das dimensões adequadas dos recipientes, já que a utilização de volume abaixo do recomendado poderá causar deformações radiculares que persistem, mesmo após a retirada dos recipientes, bem como recipientes com volume acima do recomendado provocará gastos desnecessários, como o aumento na área do viveiro, dos custos de transporte, manutenção e distribuição das mudas no campo (GONZALEZ ROQUE et al., 1988; PARVIAINEN; TERVO, 1989).

Diversos tipos de recipientes estão disponíveis no mercado, entre os mais usados encontram-se o saco de polietileno e o tubete. No Brasil, o saco de polietileno têm sido o mais utilizado para produção de mudas de espécies florestais, em virtude da disponibilidade e menor custo (CARNEIRO, 1995; GOMES; PAIVA, 2013). A dimensão ideal dos sacos de polietileno para a produção de mudas é variável de acordo com a espécie e com o objetivo para o qual a muda é produzida. Para espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, os sacos de polietileno ideais possuem 5 cm de diâmetro e 12 cm de altura. Já para espécies florestais nativas, sacos de polietileno com diâmetro igual ou maior que 5 cm e altura de 14 cm têm sido utilizados (GOMES; PAIVA, 2013). Em estudo avaliando o tipo de recipiente no crescimento das mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* Vahl. Nich), copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e angico-vermelho, foram observados melhores resultados em recipientes com diâmetro acima de 5,1 cm e altura superior a 14,0 cm (GOMES et al., 1990). Entretanto, quando o objetivo é a produção de mudas maiores, ou quando a espécie apresenta crescimento lento, devem-se aumentar as dimensões dos sacos de polietileno para 10 cm de diâmetro e 20 a 25 cm de altura (GOMES; PAIVA, 2013).

O uso de sacos de polietileno apresenta diversas desvantagens, como o enovelamento do sistema radicular, a utilização de grandes áreas no viveiro, o alto custo no transporte das mudas para o local de plantio por causa do elevado volume e peso, e o baixo rendimento operacional durante a atividade de plantio (GOMES; PAIVA, 2013), o que têm levado as grandes empresas florestais a substituí-los por tubetes de polietileno rígido (GOMES; PAIVA, 2013). Os tubetes possuem vantagens em comparação aos sacos de polietileno, principalmente quando utilizado para as espécies de crescimento rápido, como as pioneiras e as secundárias iniciais,

permitindo a formação de sistema radicular de melhor qualidade, devido a presença de estrias longitudinais do topo à base do tubete, que direcionam o crescimento das raízes principais para a base, onde são podadas pela luz e vento, sem enovelamentos. Além disso, os tubetes apresentam menor diâmetro ocupando menor área no viveiro, menor peso para transporte, bem como permitem elevar o grau de mecanização, reduzir o número e intensidade de atividades do viveiro, resultando em considerável aumento dos rendimentos operacionais e, por conseguinte redução dos custos de produção das mudas (GOMES; PAIVA, 2013; GONÇALVES et al.; 2000). Entretanto, o tubete poderá causar deformações radiculares nas mudas, as quais ocorrem devido a este recipiente restringir o crescimento do sistema radicular, não proporcionar quantidade adequada de substrato para o desenvolvimento das mudas (ALM; SCHANTZ-HANSEN, 1974) e exigir a aplicação de doses elevadas de nutrientes, devido às perdas por lixiviação, resultante da necessidade de irrigações frequentes (NEVES et al., 1990).

Tubete com pequeno volume (60 cm³) não é um recipiente adequado para a produção de mudas de pinus, pois induziu à deformação das raízes laterais, que podem trazer consequências para o crescimento da planta (MATTEI, 1994). Já tubetes com volume de 180 cm³ apresentam as melhores médias para todos os parâmetros analisados em mudas desta espécie (CORROCHE et al., 2003). Da mesma forma, para mudas florestais nativas, em geral, não são recomendados tubetes de pequeno volume (50 e 56 cm³), em razão do tempo mais longo de produção (GOMES et al., 1990). Para a produção de mudas de louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell. Arrab. ex Steud) e caroba (*Jacaranda micranta* Cham.) recomenda-se a utilização de tubetes de 120 cm³ quando comparado ao mesmo recipiente com volume de 55 cm³ (MALAVASI; MALAVASI, 2006), bem como em mudas de erva-mate, para a qual é indicado o uso de tubetes com volume entre 75 e 110 cm³ (WENDLING; SANTIN, 2015).

3 CAPÍTULO I

RESUMO

PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE ERVA-MATE

AUTORA: Nathalia Pimentel
ORIENTADOR: Dilson Antonio Bisognin

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de minicepas de quatro clones de erva-mate, o efeito das épocas do ano e do uso de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento das miniestacas e determinar o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida. Foram realizados dois experimentos durante o período de abril de 2014 a agosto de 2015. No primeiro experimento, brotos foram coletados de minicepas de quatro clones (10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12) em quatro épocas do ano. Em cada coleta foi avaliada a porcentagem de sobrevivência das minicepas e o número de miniestacas por minicepa. Os brotos foram seccionados em miniestacas de gema única com uma folha reduzida em 50% da sua área original, as quais foram ou não tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB. Aos 30 e 60 dias foram avaliadas as porcentagens de sobrevivência, enraizamento e calogênese, o número e o comprimento das raízes formadas nas miniestacas. Ainda aos 60 dias de cultivo, foi totalizado o número de miniestacas enraizadas por minicepa. Em outro experimento, brotos foram coletados e seccionados em miniestacas de gema única com uma folha reduzida em 50% da sua área original, as quais foram ou não tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB. As avaliações ocorreram em intervalo de sete dias dos 30 aos 107 dias de cultivo quanto à porcentagem de enraizamento e o número e o comprimento das raízes. Foram também calculados o incremento corrente diário e o incremento médio diário de enraizamento das miniestacas para determinar o tempo ótimo para o enraizamento. As minicepas dos quatro clones de erva-mate apresentaram alta sobrevivência, além de produção constante de miniestacas dos clones 06SM17, 06SM12 e 06SM15 durante as quatro épocas do ano. O tratamento com AIB não foi necessário para o enraizamento das miniestacas de erva-mate. O enraizamento das miniestacas variou conforme o clone e a sazonalidade. As melhores porcentagens de enraizamento foram verificadas nas épocas do outono e/ou inverno para os quatro genótipos avaliados. O clone 06SM15 apresentou a maior capacidade rizogênica nas quatro épocas do ano. O tempo ótimo de permanência das miniestacas de erva-mate em câmara úmida variou de 58 a 100 dias, conforme o clone.

Palavras-chave: Minijardim clonal. Clonagem. Épocas do ano. Ácido indolbutírico. Enraizamento.

ABSTRACT

PRODUCTIVITY OF MINI-STUMPS AND ROOTING OF MINI-CUTTINGS OF HOLLY PLANT CLONES

AUTHOR: Nathalia Pimentel
ADVISOR: Dilson Antonio Bisognin

The objective of this study was to evaluate the productivity of mini-stumps of four holly plant clones, the effect of the collection time and the indole butyric acid (IBA) on rooting of mini-cuttings and to determine the optimal time for mini-cuttings rooting in humid chamber. Two experiments were conducted during April 2014 to August 2015. In the first experiment, shoots were collected from mini-stumps of four clones (10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12) in four collection times. The percentage of mini-stumps survival and the number of mini-cuttings per mini-stump were recorded. Shoots were cut into single-budded mini-cuttings, with one leaf reduced to 50% of its original area, which were treated or not with 2000 mg L⁻¹ IBA. At 30 and 60 days, the percentages of survival, rooting and callus formation in mini-cuttings, as well as the number and length of roots were evaluated. Also, after 60 days of cultivation, we evaluated the number of rooted mini-cuttings per mini-stump. In another experiment, shoots were collected and cut in single-budded mini-cuttings, with one leaf reduced to 50% of its original area, which were treated or not with 2000 mg L⁻¹ of IBA. Evaluations were done at seven-day intervals from 30 to 107 days of cultivation for the percentage of rooting, number and length of roots. The optimal time for mini-cuttings rooting was calculated based upon the intercept between the daily current increment and the daily medium increment of the percentage of rooting. The mini-stumps of the four holly plant clones had high survival. The clones 06SM17, 06SM12 and 06SM15 had a uniform production of mini-cuttings per mini-stump during the four collection times. IBA treatment is not necessary for mini-cutting rooting. The mini-cutting rooting varied with the evaluated clone and collection time. The highest rooting percentage was gotten during fall and winter times for the four clones. The clone 06SM15 had the highest rhizogenesis capability in the four collection times. The optimal time for mini-cutting rooting ranged from 58 to 100 days of cultivation in humid chamber for different holly plant clones.

Keywords: Mini - clonal hedge. Cloning. Collection time. Indolbutyric acid. Rooting.

3.1 INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) é uma espécie nativa da floresta ombrófila mista, pertencente à família Aquifoliaceae (CARVALHO, 2003), a qual se destaca por ser importante fonte de renda em alguns países da América do Sul, tais como Paraguai, Argentina e Brasil (SANSBERRO et al., 2000). A erva-mate encontra-se integrada em diversos sistemas produtivos (SOUZA et al., 2008),

demandando constante produção de mudas para atender os plantios comerciais, que visam à obtenção de matéria-prima, prioritariamente às indústrias de erva-mate para chimarrão e chá (SILVA et al., 2007). No entanto, as plantas utilizadas para o estabelecimento de ervais são provenientes de viveiros que não possuem programas efetivos que garantam a produção de mudas de qualidade genética, o que tem resultado em plantios com baixo rendimento (SANTIN et al., 2008). Isso porque, a maioria das mudas é produzida por sementes, resultando em plantas com relação genética de meio-irmãos e de baixa qualidade genética como resultado da contribuição do genitor masculino não selecionado. Além disso, as sementes de erva-mate apresentam baixa taxa de germinação, ocasionada pela imaturidade do embrião (CARVALHO, 2003; FOWLER; STURION, 2000), o que dificulta a produção de mudas seminais.

A miniestaquia pode ser uma técnica alternativa para a produção de mudas de erva-mate (WENDLING et al., 2007), porém, o desenvolvimento de um método eficiente depende, principalmente, da produtividade das minicepas e dos fatores que influenciam no enraizamento das miniestacas. A produtividade das minicepas pode ser expressa pela razão entre o número total de miniestacas e o número de minicepas (FERRIANI et al., 2010), podendo variar de acordo com a constituição genética das plantas matrizes, o tipo de minijardim clonal e o manejo nutricional utilizado (ALFENAS et al., 2009).

Entre os fatores que influenciam no enraizamento das miniestacas destaca-se as condições ambientais durante o processo de enraizamento (LEBUDE et al., 2005), sendo que a sazonalidade pode influenciar na capacidade rizogênica dos propágulos vegetativos (HARTMANN et al., 2011). Outro fator que pode afetar o enraizamento adventício é o uso de fitorreguladores, sendo o ácido indolbutírico (AIB) uma auxina comumente utilizada na propagação vegetativa, com a finalidade de estimular a rizogênese (BRONDANI et al., 2008). Há décadas está sendo estudado o uso do AIB no enraizamento de estacas ou miniestacas de erva-mate (BITENCOURT et al., 2009; GRAÇA et al., 1988; IRITANI; SOARES, 1981; NAGAOKA et al., 2013; PRAT KRIKUM et al., 1986; TAVARES et al., 1992), porém as respostas podem variar conforme o material genético utilizado, propiciando efeitos tanto positivo quanto negativo (NAGAOKA et al., 2013).

Outro aspecto que deve ser considerado na propagação vegetativa é o tempo de permanência dos propágulos em câmara úmida para o enraizamento. A produção

de mudas por miniestaquia pode ser dividida nas fases de produção de brotos em minijardim clonal, indução do enraizamento adventício em ambiente de enraizamento sob nevoeiro intermitente e temperatura elevada, aclimatização à sombra, crescimento e rustificação (ALFENAS et al., 2009). O conhecimento de todas as etapas que ocorrem em cada uma dessas fases contribui para o sucesso da produção de mudas (FERREIRA et al., 2004). Assim, é necessário conhecer o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida (BRONDANI et al., 2012), para minimizar custos durante o processo produtivo, em razão de se evitar a manutenção dos propágulos em ambiente de enraizamento além do tempo necessário, ou para evitar a morte dos propágulos, em virtude da sua retirada da câmara úmida antes do término do processo rizogênico (MANGABEIRA et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de minicepas de quatro clones de erva-mate, o efeito das épocas do ano e do tratamento com AIB no enraizamento das miniestacas, e determinar o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida.

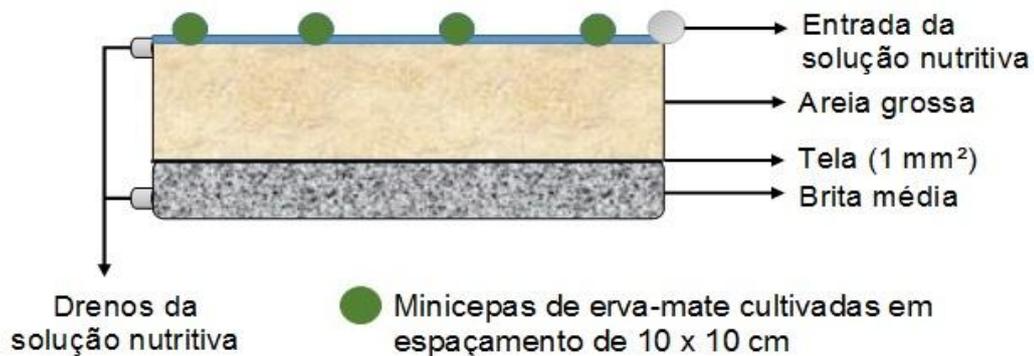
3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos de abril de 2014 a agosto de 2015, no Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é subtropical úmido do tipo “Cfa”, possuindo como características climáticas principais a temperatura média anual de 19 °C e a precipitação média anual de 1769 mm (MORENO, 1961).

Realizaram-se dois experimentos de miniestaquia de erva-mate, os quais foram conduzidos em minijardim clonal em sistema fechado de cultivo, com idade aproximada de três anos. O minijardim clonal de erva-mate foi constituído por 6 a 10 minicepas de cada clone (10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12) cultivadas em espaçamento de 10 x 10 cm (Figura 3). As minicepas dos clones 06SM17, 06SM15 e 06SM12 são originárias da extração de embriões zigóticos. Os embriões zigóticos foram cultivados em condições *in vitro*, conforme metodologia descrita por Horbach et al. (2011), e as plantas formadas, após 60 dias de cultivo, foram transferidas para a casa de vegetação sob tela de polietileno com 50% de permeabilidade aos raios

solares para a aclimatização e, em seguida, foram plantadas no minijardim clonal. Já as minicepas do clone 10SM07 são provenientes de mudas obtidas por estaquia de brotos epicórmicos emitidos no colo de árvores matrizes de erva-mate com, aproximadamente, 20 anos de idade. As plantas são oriundas de um povoamento nativo localizado em área experimental do Campus da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

Figura 3 – Desenho esquemático do sistema fechado de cultivo em bandeja de polietileno (55 x 34 x 15 cm) com substrato areia grossa e fertirrigação por inundação.



Fonte: Adaptado de BANDINELLI et al. (2013).

O minijardim clonal de erva-mate foi formado por quatro bandejas de polietileno (55 x 34 x 15 cm) com sistema fechado de cultivo sem solo, contendo areia grossa como substrato e fertirrigação por inundação (Figura 3). Cada bandeja do minijardim clonal foi composta por uma camada de brita média (3 cm), seguida de uma tela de polietileno (1 mm²) e uma camada de areia grossa (12 cm). As bandejas possuem um tubo transversal de polivinil cloreto (PVC) de 1,5 mm de diâmetro, com duas perfurações para distribuir a solução nutritiva no leito de cultivo. A solução nutritiva foi fornecida duas vezes por dia, durante 15 minutos, com o auxílio de um programador digital e uma bomba submersa de baixa vazão, até o encharcamento completo da areia e formação de uma lâmina superficial de solução, a qual era drenada por dois orifícios, dispostos na parte frontal da bandeja. A solução nutritiva foi constituída pelas seguintes quantidades de macronutrientes e micronutrientes (mg L⁻¹): 117,0 de N na forma de nitrato; 15,75 de N na forma de amônio; 14,63 de P; 131,62 de K; 84,0 de Ca; 25,21 de Mg; 73,28 de S; 0,01 de B; 0,02 de Cu; 69,73

de Fe; 0,03 de Mn; 0,008 de Zn; 0,0016 de Mo. O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,0 e a condutividade elétrica em $1,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Durante a primavera e o verão, o minijardim clonal de erva-mate foi protegido com tela de 30% de sombreamento, com a finalidade de evitar o excesso de luminosidade incidente nas minicepas, já que esta espécie ocorre naturalmente em área sombreada e possui desenvolvimento favorecido em condições de sombra. Além disso, foram realizadas aplicações mensais de 5 mL/L (v/v) de óleo mineral (ASSIST[®]) nas minicepas, evitando danos causados por pulgão (*Aphis* sp.) e fumagina (*Capnodium* sp.), patógenos que ocorreram no minijardim clonal durante a realização dos experimentos.

3.2.1 Produtividade das minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate em função da época do ano realizada a coleta das brotações

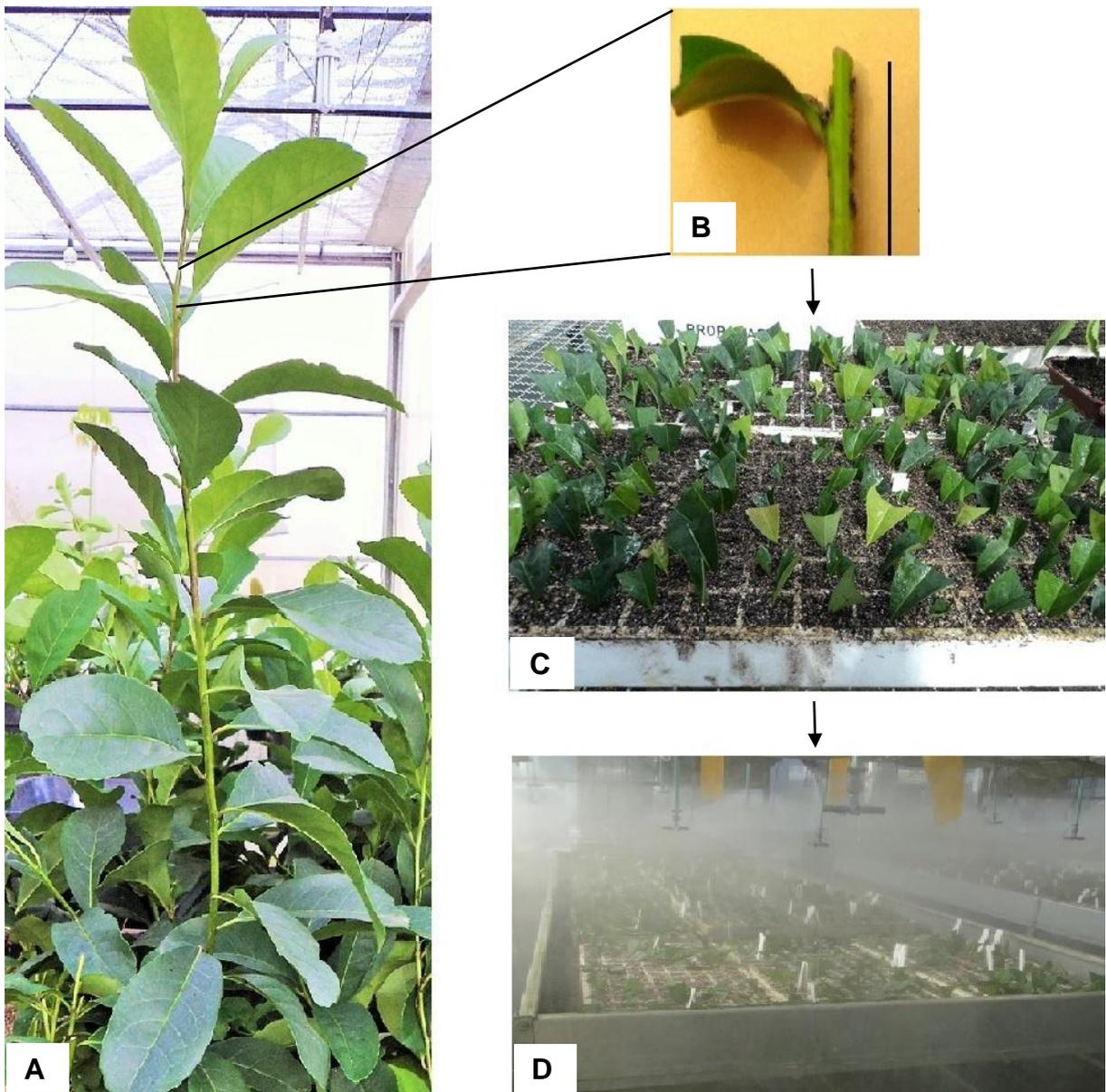
Este trabalho foi conduzido durante o período de abril de 2014 a janeiro de 2015, efetuando-se quatro coletas sucessivas de brotações nas minicepas dos clones de erva-mate 10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12, com intervalo de três meses entre cada coleta, contemplando as estações do ano: outono (abril de 2014), inverno (julho de 2014), primavera (outubro de 2014) e verão (janeiro de 2015). Após a coleta das brotações, foi deixado duas gemas em cada broto formado nas minicepas, com a finalidade de manter a atividade fotossintética da planta.

O experimento foi um fatorial 4 x 4 (clones x épocas do ano) no delineamento inteiramente casualizado, com números de repetições variando entre 6 e 10, sendo que cada minicepa foi considerada uma repetição. Em cada coleta foi avaliada a porcentagem de sobrevivência das minicepas e totalizados o número de miniestacas produzidas por minicepa.

Para o enraizamento, as brotações coletadas das minicepas de erva-mate (Figura 4A) nas quatro épocas do ano foram seccionadas em miniestacas de gema única com, aproximadamente, 2,0 cm de comprimento e contendo uma folha reduzida em 50% da sua área original (Figura 4B). As miniestacas foram ou não tratadas com solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB) na concentração de 2000 mg L^{-1} , por 10 segundos, e cultivadas em bandejas de isopor (67 x 34 x 6,2 cm) contendo igual proporção de substrato comercial à base de casca de pinus, vermiculita média e areia de granulometria grossa (Figura 4C), conforme

os melhores resultados obtidos em ensaios preliminares. Para o preparo da solução de AIB, a auxina foi dissolvida em 50% de álcool etílico (98°GL) e diluída em 50% de água. O tratamento controle (0 mg L⁻¹ de AIB) foi constituído apenas por água e álcool na proporção de 1:1 (v/v).

Figura 4 – Broto de erva-mate formado em minicepa estabelecida em minijardim clonal (A), seccionado em miniestacas de gema única com uma folha reduzida em 50% da sua área original (B), cultivadas em bandejas de isopor contendo igual proporção de substrato comercial à base de casca de pinus, vermiculita média e areia de granulometria grossa (C) e mantidas em câmara úmida durante 60 dias (D). Barra = 2 cm.



O enraizamento das miniestacas foi realizado em câmara úmida, com umidade relativa do ar de, aproximadamente, 85%, fornecida por nebulização automatizada 8 vezes ao dia por 1 minuto (Figura 4D), com fluxo de ar de 10 m³/min. A temperatura média no interior da câmara úmida foi de 27 °C.

O experimento foi um fatorial 4 x 4 x 2 (épocas do ano x clones x tratamento com AIB) no delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições com número de miniestacas variando de 16 a 40 por repetição. Aos 30 e 60 dias de cultivo foram avaliadas as porcentagens de sobrevivência, enraizamento e calogênese, o número e comprimento das raízes. Também, aos 60 dias de cultivo foi totalizado o número de miniestacas enraizadas por minicepa de erva-mate. As miniestacas que apresentavam pelo menos uma raiz adventícia com comprimento igual ou superior a 0,1 cm foram consideradas enraizadas.

3.2.2 Determinação do tempo ótimo para o enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate

Neste experimento, as brotações foram coletadas das minicepas dos quatro clones de erva-mate (10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12) no mês de abril de 2015 (outono), seccionadas em miniestacas de gema única com, aproximadamente, 2,0 cm de comprimento e contendo uma folha reduzida em 50% da sua área original. As miniestacas foram ou não tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB por 10 segundos, e cultivadas em bandejas de isopor (67 x 34 x 6,2 cm) contendo igual proporção de substrato comercial à base de casca de pinus, vermiculita média e areia de granulometria grossa. O enraizamento das miniestacas foi realizado em câmara úmida, com umidade relativa do ar de, aproximadamente, 85%, fornecida por nebulização automatizada 8 vezes ao dia por 1 minuto, com fluxo de ar de 10 m³/min. A temperatura média no interior da câmara úmida foi de 27 °C.

O experimento foi um fatorial 4 x 2 x 12 (clones x tratamento com AIB x tempos de avaliação) no delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições contendo 6 miniestacas por repetição. As avaliações foram realizadas em intervalo de sete dias (30, 37, 44, 51, 58, 65, 72, 79, 86, 93, 100 e 107 dias de cultivo) considerando-se a porcentagem de enraizamento, o número e o comprimento das raízes formadas nas miniestacas. Também foram realizados os cálculos do incremento corrente diário (ICD) e incremento médio diário (IMD) para a variável

porcentagem de enraizamento, por meio de avaliações semanais, com a finalidade de determinar o tempo ideal de permanência das miniestacas em câmara úmida. Para isso utilizou-se a intersecção entre as curvas ICD e IMD (FERREIRA et al., 2004), sendo estes determinados usando as seguintes fórmulas:

$$\text{ICD} = X_{(i+1)} - X_{(i)} \quad (1)$$

$$\text{IMD} = \frac{X_{(i)}}{T_{(i)}} \quad (2)$$

Sendo:

ICD = incremento corrente diário;

IMD = incremento médio diário;

i = tempo da avaliação;

$X_{(i+1)}$ = porcentagem de enraizamento no tempo $i+1$;

$X_{(i)}$ = porcentagem de enraizamento no tempo de avaliação;

$T_{(i)}$ = dias em i .

3.2.3 Análise estatística

Para atender a normalidade, os dados de porcentagem foram transformados para arcoseno $\sqrt{x/100}$ e de contagem e comprimento para $\sqrt{x+0,5}$ e submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos com diferenças significativas ($p < 0,05$) foram comparadas pelo Teste de Tukey ou regressão linear, com o auxílio do programa ESTAT (UNESP – Jaboticabal).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Produtividade das minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate em função da época do ano realizada a coleta das brotações

Para o número de miniestacas por minicepa, houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os clones e as épocas do ano. A maior produtividade foi observada no clone 10SM07, quando a coleta foi realizada no verão, com 145,8 miniestacas por minicepa, em intervalo de 3 meses (Tabela 3). A superioridade da época de

coleta do verão, comparada às demais estações do ano, pode ser explicada pelo aumento da temperatura no leito de cultivo nesse período (WENDLING et al., 1999), que acarreta aumento do nível de carboidratos nas plantas (TORRES, 2003), favorecendo a emissão de novas brotações devido ao maior crescimento vegetativo das minicepas (CUNHA et al., 2009). Comportamento semelhante foi verificado para outras espécies arbóreas nativas, tais como araucária (*Araucaria angustifolia* Bertol. Kuntze) e pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), as quais produziram maior número de miniestacas por minicepa nas coletas realizadas durante o verão (PIRES et al., 2015; PEÑA et al., 2015).

O número de miniestacas produzidas por minicepa dos clones 06SM17, 06SM15 e 06SM12 não diferiu em resposta ao efeito das épocas do ano ($p > 0,05$) (Tabela 3). Este resultado pode estar associado a juvenilidade destes clones, os quais são oriundos da cultura de embriões zigóticos, ou seja do rejuvenescimento natural, a qual é a mais eficaz técnica desenvolvida para rejuvenescer ou manter a juvenilidade das plantas (WENDLING et al., 2014). O estágio juvenil possibilita o maior crescimento vegetativo da planta (GREENWOOD et al., 2010) e por conseguinte maior produtividade de brotações. Já as minicepas do clone 10SM07 são oriundas da estaquia de árvore matriz adulta de erva-mate e portanto, apresentam maior grau de maturação e conseqüentemente perda de vigor (WENDLING; XAVIER, 2001). Dessa forma, a maior juvenilidade dos clones 06SM17, 06SM15 e 06SM12, provavelmente, possibilitou maior vigor das minicepas e produção contínua de miniestacas por minicepa nas quatro épocas do ano (Tabela 3).

O número de miniestacas produzidas por minicepa de erva-mate variou de 43,3 a 145,8, conforme o clone e a época do ano (Tabela 3). Este resultado é superior ao observado por Wendling et al. (2007), no qual foi verificada uma produtividade de 4,4 miniestacas por minicepa de erva-mate a cada 39 dias de coleta em sistema semi-hidropônico.

A maior produção de miniestacas observada no presente estudo, pode estar relacionada com o fato das minicepas possuírem três anos de idade e pleno estabelecimento e crescimento nas condições ambientais e nutricionais do sistema de minijardim clonal. Além disso, as minicepas foram submetidas a podas sucessivas, favorecendo o vigor (XAVIER et al., 2009), o desenvolvimento de gemas laterais e ampliando a área de coleta de material propagativo na minicepa (CASTRO

et al., 2010). Outro fator que poderá explicar a maior produtividade de miniestacas é a formulação da solução nutritiva fornecida as minicepas, a qual possui concentração de N na forma de nitrato 2,2 vezes maior que a solução nutritiva utilizada por Wendling et al. (2007). O nitrogênio é o nutriente que pode interferir de forma mais significativa na produtividade dos minijardins clonais (ROSA et al., 2009), devido a fazer parte de várias moléculas da planta e influenciar principalmente no crescimento da parte aérea (ROCHA et al., 2015). A influência do aumento das concentrações de nitrogênio na produtividade de miniestacas também foi observada por Rosa et al. (2009) em minicepas de *Eucalyptus dunnii* mantidas em sistema de minijardim clonal.

Tabela 3 – Número de miniestacas por minicepa de clones de erva-mate coletadas em diferentes épocas do ano, com intervalo de 90 dias entre cada coleta.

Clones	Épocas do ano			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
10SM07	79,30 Bab	79,66 Ba	70,16 Ba	145,80 Aa
06SM17	78,30 Aab	73,80 Aa	65,80 Aa	69,40 Abc
06SM15	45,60 Ab	46,66 Aa	43,33 Aa	50,75 Ac
06SM12	121,50 Aa	87,00 Aa	80,16 Aa	97,16 Ab
Média	81,18	71,78	64,86	90,78
CV (%)		49,01		

*Valores seguidos de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As minicepas de erva-mate apresentaram 100% de sobrevivência aos 10 meses de manejo do minijardim clonal, após a realização de quatro coletas sucessivas de miniestacas, o que indica que o sistema de minijardim adotado e o manejo nutricional foram eficientes. Segundo Hartmann et al. (2011), o manejo do minijardim clonal é muito importante para a sobrevivência da planta fornecedora de propágulos vegetativos, sendo um dos principais fatores que afetam a propagação vegetativa. Esse resultado está de acordo com outros estudos que avaliaram a sobrevivência das minicepas de espécies arbóreas após a coleta de brotações, como em eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden) e cedro-rosa (*Cedrella fissilis* Vell.), nos quais foram verificados 100% de sobrevivência das minicepas após quatro sucessivas coletas (SOUZA JUNIOR; WENDLING, 2003; XAVIER et al., 2003).

Wendling et al. (2007), também observaram elevada sobrevivência das minicepas de erva-mate (90,6 a 97,0%) submetidas à onze sucessivas coletas de brotações.

No enraizamento das miniestacas, não houve interação significativa entre os tratamentos com AIB, os clones e as épocas do ano ($p > 0,05$) para todas as variáveis estudadas, aos 30 e 60 dias de cultivo. Para as variáveis porcentagens de calogênese e enraizamento, número e comprimento das raízes houve diferença significativa entre os tratamentos com AIB, aos 30 dias de avaliação (Tabela 4). As miniestacas tratadas com 2000 mg L^{-1} de AIB apresentaram maior porcentagem de calogênese e enraizamento, número e comprimento das raízes. Entretanto, aos 60 dias de cultivo não houve diferença significativa entre as miniestacas tratadas ou não com AIB para todas as variáveis analisadas (Tabela 4). Esse resultado demonstra que para os clones de erva-mate estudados, o tratamento com AIB é desnecessário, o que reduz a mão-de-obra e os custos de produção de mudas. Resultado semelhante foi observado em miniestacas de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis* (SOUZA JUNIOR; WENDLING, 2003; WENDLING; XAVIER, 2005) e em estacas caulinares de erva-mate provenientes de brotações de ano (BITENCOURT et al., 2009), nos quais não houve efeito do AIB sobre o enraizamento.

Tabela 4 – Porcentagens de sobrevivência, calogênese e enraizamento, número e comprimento das raízes formadas em miniestacas de erva-mate não tratadas ou tratadas com ácido indolbutírico (AIB) (0 e 2000 mg L^{-1} respectivamente), aos 30 e 60 dias de cultivo.

AIB	Porcentagem sobrevivência (%)	Porcentagem calogênese (%)	Porcentagem enraizamento (%)	Número raízes	Comprimento raízes (cm)
--- Avaliação aos 30 dias de cultivo ---					
0 mg L^{-1}	73,28 a*	44,14 b	0,10 b	0,21 b	0,05 b
2000 mg L^{-1}	75,70 a	47,72 a	1,12 a	1,00 a	0,20 a
Média	74,49	45,93	0,61	0,60	0,13
CV (%)	16,89	24,50	130,17	45,25	26,23
--- Avaliação aos 60 dias de cultivo ---					
0 mg L^{-1}	65,33 a	56,00 a	16,30 a	2,44 a	0,52 a
2000 mg L^{-1}	65,14 a	55,79 a	17,71 a	2,45 a	0,60 a
Média	65,23	55,90	17,00	2,44	0,56
CV (%)	21,07	22,57	55,04	17,72	21,10

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

Houve interação significativa entre as épocas do ano e os clones de erva-mate para as porcentagens de sobrevivência e enraizamento das miniestacas ($p < 0,05$) aos 30 dias de cultivo (Tabela 5). As maiores respostas de sobrevivência das miniestacas foram verificadas no inverno para o clone 10SM07, no outono para os clones 06SM17 e 06SM15, e na primavera para o clone 06SM12, independente do tratamento com AIB. Resultados similares foram observados para *Eucalyptus benthamii* (Maiden et. Cambage) x *Eucalyptus dunnii* (Maiden), nos quais houve variação na sobrevivência das miniestacas conforme a estação do ano e o clone propagado (BRONDANI et al., 2010).

Para a porcentagem de enraizamento, verificou-se que as miniestacas do clone 06SM15 apresentaram maior enraizamento quando coletadas na primavera, aos 30 dias de cultivo (Tabela 5). Entretanto, as miniestacas dos clones 10SM07 e 06SM17 não enraizaram nesta época do ano, sugerindo que a primavera é uma estação desfavorável para a coleta de brotos destes clones. A redução no enraizamento durante o período da primavera também foi observada em miniestacas coletadas de mudas de pinus (*Pinus taeda* L.) com 60 dias de idade (ALCANTARA et al., 2007). Estes resultados podem ser explicados devido à primavera ser uma estação em que a planta está em intenso crescimento vegetativo e, portanto, com alto nível de ácido giberélico, o qual bloqueia a atividade auxínica no desenvolvimento do primórdio radicular, inibindo a formação de raízes nos propágulos vegetativos de determinados materiais genéticos (HAISSIG, 1972; ONO et al., 1994).

Quanto ao número de raízes, não houve interação significativa entre os clones e as épocas do ano ($p > 0,05$), sendo verificadas médias de 0,72, 0,12, 0,91 e 0,68 raízes por miniestaca coletada nas épocas do outono, inverno, primavera e verão, respectivamente, aos 30 dias de cultivo (Tabela 5). Já, para o comprimento das raízes, houve interação significativa entre os clones e as épocas do ano realizada a coleta das brotações, sendo que as miniestacas do clone 06SM15 obtidas na primavera apresentaram raízes com maior crescimento. Entretanto, para os clones 10SM07, 06SM17 e 06SM12, a época do ano não influenciou no comprimento das raízes formadas nas miniestacas, aos 30 dias de cultivo (Tabela 5).

Tabela 5 – Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes e porcentagem de calogênese em miniestacas coletadas de clones de erva-mate em diferentes épocas do ano, independente do tratamento com AIB, aos 30 dias de cultivo.

Clones	Épocas do ano			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Sobrevivência (%)			
10SM07	75,25 Bb [*]	89,35 Aa	83,81 ABab	49,12 Ca
06SM17	83,17 Aab	73,96 Ab	74,97 Abc	57,64 Ba
06SM15	89,74 Aa	84,95 Aa	71,47 Bc	51,19 Ca
06SM12	81,61 Aab	84,66 Aab	85,54 Aa	55,34 Ba
Média	82,44	83,23	78,95	53,32
CV (%)		16,90		
	Enraizamento (%)			
10SM07	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab
06SM17	0,88 Aba	0,14 ABa	0,00 Bb	1,25 Aa
06SM15	0,21 Ba	0,00 Ba	4,67 Aa	1,00 Bab
06SM12	0,33 Aa	0,00 Aa	0,43 Ab	0,69 Aab
Média	0,36	0,04	1,28	0,74
CV (%)		130,17		
	Número de raízes			
10SM07	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab
06SM17	1,39 Aa	0,50 Aa	0,00 Ab	1,03 Aa
06SM15	1,00 Aa	0,00 Ab	1,65 Aa	1,09 Aa
06SM12	0,50 Aa	0,00 Ab	2,00 Aa	0,63 Aa
Média	0,72	0,12	0,91	0,68
CV (%)		45,25		
	Comprimento de raízes (cm)			
10SM07	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Aa
06SM17	0,29 Aa	0,15 Aa	0,00 Ab	0,28 Aa
06SM15	0,12 Ba	0,00 Ba	0,48 Aa	0,18 Ba
06SM12	0,10 Aa	0,00 Aa	0,25 Aab	0,12 Aa
Média	0,13	0,04	0,18	0,15
CV (%)		26,23		
	Calogênese (%)			
10SM07	41,78 Ba	70,87 Aa	71,75 Aa	12,50 Cb
06SM17	40,41 Aba	41,46 ABc	50,21 Ab	30,92 Ba
06SM15	50,24 Aa	55,15 Ab	58,95 Aab	24,50 Ba
06SM12	36,62 Ba	56,38 Ab	68,05 Aa	25,09 Ba
Média	42,27	55,97	62,24	23,25
CV (%)		24,50		

*Valores seguidos de letra diferente, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a porcentagem de calogênese, houve interação significativa entre os clones e as épocas do ano ($p < 0,05$), aos 30 dias de cultivo (Tabela 5). A maior formação de calo ocorreu nas miniestacas dos quatro clones de erva-mate coletadas na primavera, sem diferir do outono e do inverno para as miniestacas dos clones 06SM17 e 06SM15, e do inverno para as miniestacas dos clones 10SM07 e 06SM12, independente do tratamento com 2000 mg L⁻¹ de AIB. A formação de calo nos propágulos vegetativos pode ser um indicativo de enraizamento futuro das

miniestacas de erva-mate coletadas nessas épocas do ano. Segundo Oliveira et al. (2012a), as células desse tecido indiferenciado, denominado de calo, podem vir a se diferenciar e formar primórdios radiculares.

Aos 60 dias de cultivo, houve interação significativa entre os clones e as épocas do ano ($p < 0,05$) para as variáveis porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes (Tabela 6). As maiores porcentagens de sobrevivência foram verificadas nas épocas do outono e inverno para os clones 06SM17 e 06SM15, e no inverno para as miniestacas dos clones 10SM07 e 06SM12. Também foi verificado que as menores porcentagens de sobrevivência das miniestacas ocorreram quando estas foram obtidas no verão, para os quatro clones avaliados, aos 60 dias de cultivo (Tabela 6). Isso porque, conforme a irradiância e a temperatura aumentam, aumenta também a transpiração (MARENCO et al., 2001; MARENCO; LOPES, 2005), tornando-se maior que a absorção de água pelos propágulos e provocando a mortalidade das miniestacas por desidratação. Resultados similares foram verificados em estacas semilenhosas e miniestacas de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén), nos quais foi observada menor sobrevivência do material vegetativo durante o verão, aos 70 e 90 dias de cultivo (FERRIANI et al., 2008; FERRIANI et al., 2011).

Para a porcentagem de enraizamento, não foi verificada diferença significativa entre as épocas do ano para o clone 06SM12, porém nas miniestacas coletadas no outono e no inverno observou-se maior número e comprimento das raízes, aos 60 dias de cultivo (Tabela 6). Para os clones 10SM07 e 06SM15, houve diferença significativa entre as épocas do ano em que foi realizada a coleta das miniestacas, sendo observada maior porcentagem de enraizamento e maior comprimento das raízes no outono e no inverno, o que também foi verificado no enraizamento das miniestacas do clone 06SM17 obtidas no outono. Esta resposta pode ter ocorrido pelo fato das plantas apresentarem altos teores de açúcares solúveis durante as épocas do outono e inverno, devido às condições ambientais destas estações aumentarem a atividade das amilases e fosforilases, as quais promovem a hidrólise do amido para a formação de açúcares solúveis (OLIVEIRA et al., 2012b). Entretanto, como nesse estudo as miniestacas foram mantidas em casa de vegetação climatizada, a qual permite menores oscilações de temperatura quando comparada as variações ocorridas em ambientes naturais, não houve a necessidade dos propágulos vegetativos manterem os altos níveis de açúcares para suportar o

período de frio. Assim, provavelmente, as plantas reconstituíram os açúcares solúveis em grânulos de amido (SCHRADER; SAUTER, 2002). O amido constitui complexos blocos de macromoléculas, elementos estruturais e recursos energéticos, favorecendo o enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2011). Em estudos de enraizamento de estacas de mirtilheiro (*Vaccinium ashei* Reade) também foi verificado maior teor de amido nos ramos durante o inverno, o qual foi associado à maior taxa de enraizamento das estacas (OLIVEIRA et al., 2012b).

Tabela 6 – Porcentagens de sobrevivência e enraizamento, número e comprimento das raízes e porcentagem de calogênese em miniestacas coletadas de clones de erva-mate em diferentes épocas do ano, independente do tratamento com AIB, aos 60 dias de cultivo.

Clones	Épocas do ano			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Sobrevivência (%)			
10SM07	71,78 Bb*	88,26 Aa	66,65 Bab	42,12 Ca
06SM17	79,19 Aab	71,03 Ab	55,68 Bb	39,62 Ca
06SM15	86,40 Aa	80,08 Aab	53,75 Bb	40,12 Ba
06SM12	79,71 Aab	84,08 Aa	71,68 Aa	33,62 Ba
Média	79,27	80,86	61,94	38,87
CV (%)		21,07		
	Enraizamento (%)			
10SM07	12,54 Ac	8,05 ABb	2,49 Ba	3,00 Bc
06SM17	26,00 Ab	13,23 Bb	4,23 Ca	11,94 BCb
06SM15	58,07 Aa	63,39 Aa	9,75 Ca	24,13 Ba
06SM12	11,94 Ac	10,40 Ab	6,19 Aa	6,65 Abc
Média	27,14	23,77	5,67	11,43
CV (%)		55,04		
	Número de raízes			
10SM07	2,44 Aab	1,40 Bc	1,40 Bc	1,53 Bb
06SM17	2,37 Aab	2,22 Abc	2,62 Ab	2,19 Ab
06SM15	3,26 Ba	3,84 ABa	3,78 Aba	4,87 Aa
06SM12	1,68 ABb	2,47 Ab	1,54 Bc	1,54 Bb
Média	2,44	2,48	2,33	2,53
CV (%)		17,72		
	Comprimento de raízes (cm)			
10SM07	0,43 Ac	0,44 Ac	0,40 Ba	0,24 Bb
06SM17	0,69 Aab	0,72 Ab	0,45 Ba	0,44 Bb
06SM15	0,93 Aa	0,98 Aa	0,55 Ba	0,94 Aa
06SM12	0,62 Abc	0,47 Ac	0,41 Ba	0,36 Bb
Média	0,67	0,65	0,45	0,49
CV (%)		21,10		
	Calogênese (%)			
10SM07	59,19 Bb	83,91 Aa	62,75 Ba	32,00 Ca
06SM17	60,10 Ab	65,32 Ab	50,65 Aab	28,62 Ba
06SM15	72,92 Aa	74,74 Aab	43,20 Bb	32,88 Ba
06SM12	58,95 Bb	81,11 Aa	64,48 Ba	23,56 Ca
Média	62,79	76,27	55,27	29,27
CV (%)		22,57		

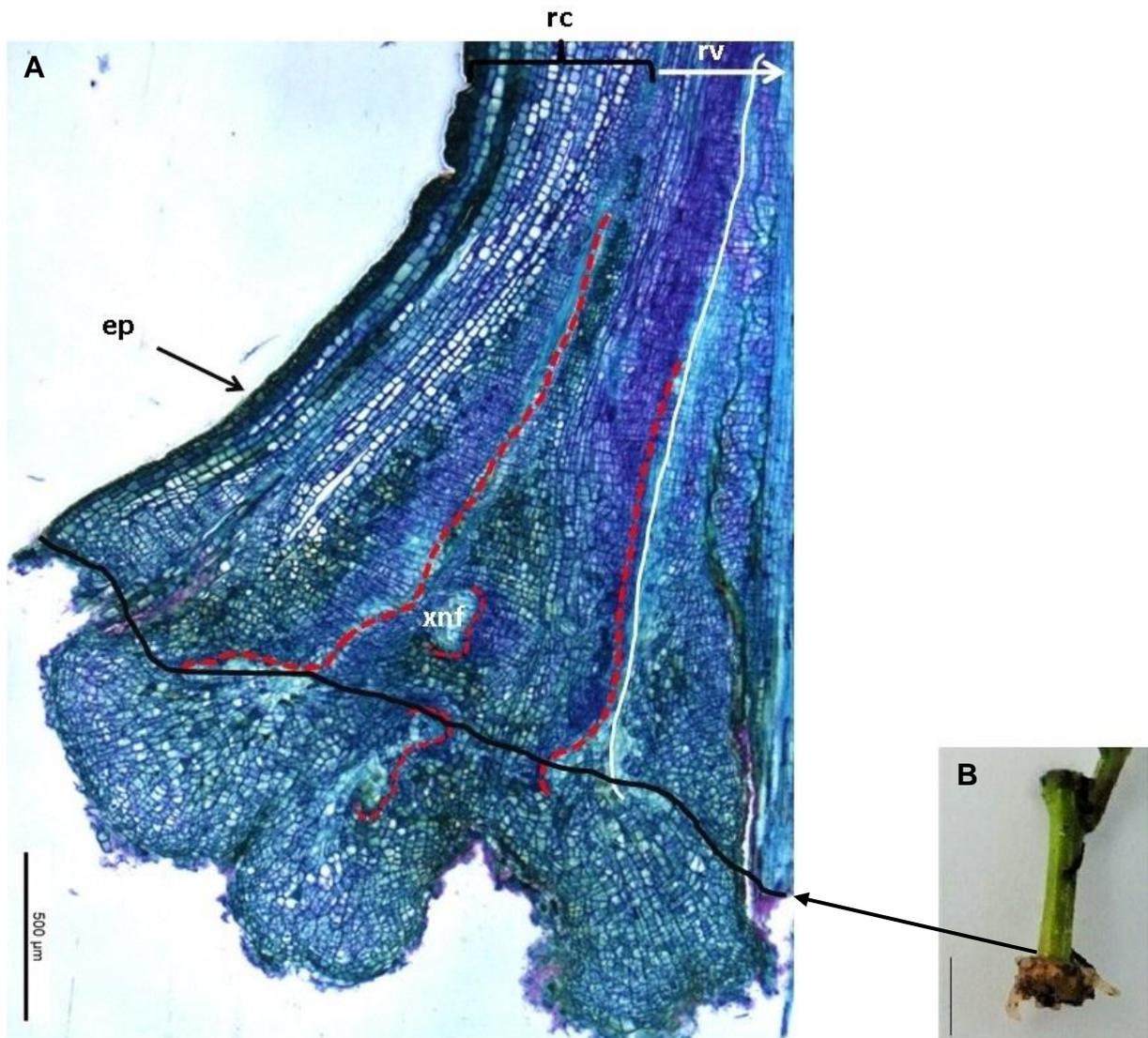
*Valores seguidos de letra diferente, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quanto à porcentagem de calogênese, houve interação significativa entre os clones e as épocas do ano realizada a coleta das miniestacas ($p < 0,05$), aos 60 dias de cultivo (Tabela 6). A maior formação de calo foi verificada nas miniestacas dos quatro clones de erva-mate coletadas no inverno, sem diferir do outono e da primavera para o clone 06SM17, e do outono para o clone 06SM15, aos 60 dias de cultivo. Resultados similares foram verificados em estacas de caquizeiro (*Diospyros kaki* L.), nos quais a sazonalidade influenciou na capacidade calogênica dos propágulos vegetativos (SILVA et al., 2006).

Uma série de mudanças morfológicas está associada à formação de raízes em propágulos vegetativos, tais como a formação ou não de calo (THOMAS; SCHIEFELBEIN, 2002). A análise anatômica e histológica das miniestacas de erva-mate permitiu identificar hiperplasia na região superficial do corte realizado no preparo da miniestaca, bem como nos tecidos distando três a quatro milímetros desse corte. Por meio da análise de seções longitudinais e transversais é possível identificar proliferações em tecidos corticais, bem como nos tecidos vasculares (Figura 5). Tais proliferações celulares se desenvolvem da região oposta ao ápice, com alterações na morfologia externa do órgão como a emergência dos calos e dilatação da região basal, em direção ao ápice, que acaba resultando em um formato cônico da referida região.

Por meio da descrição anatômica, verificou-se que as miniestacas apresentavam formação de calo ao longo da base, os quais foram formados na região do câmbio vascular. Como característica histológica importante pode-se ressaltar a continuidade vascular entre os tecidos novos da região vascular derivados dos respectivos meristemas primário e câmbio vascular, a qual se estende às raízes adventícias. Independentemente da origem ou posição do calo, ocorre formação de tecido vascular que acaba se conectando as raízes. Aos 30 dias de cultivo, foi possível observar elementos condutores neoformados que assumem identidade e continuidade com o floema e xilema. No xilema, foram verificados elementos de vaso além de elementos traqueoidais, enquanto no floema foram observados elementos de tubo crivado. Essa região vascular apresentou ligação contínua entre os tecidos com células normais e os tecidos neoformados, o que indica que a região calejada das miniestacas apresenta conexão com a região vascular (Figura 5A), a qual propiciou o aporte necessário para o desenvolvimento dos primórdios radiculares nas miniestacas de erva-mate (Figura 5B).

Figura 5 – Descrição anatômica dos tecidos vasculares (A) e rizogênese (B) em miniestacas de erva-mate não tratadas com AIB e coletadas na época do inverno, aos 30 e 60 dias de cultivo, respectivamente. Barra = 1 cm. rc = região cortical; rv = região vascular; ep= epiderme; xnf = xilema neoformado.



Dessa forma, a descrição anatômica, bem como os dados de porcentagens de enraizamento e calogênese, os quais apresentaram relação direta entre a formação de raízes e calo nas miniestacas, sendo que, as maiores porcentagens de enraizamento ocorreram nas mesmas épocas do ano que ocorreram as maiores respostas calogênicas nos quatros clones de erva-mate (outono e inverno) (Tabela 6), indicam que a emissão de raízes nas miniestacas de erva-mate é dependente da calogênese. Assim, apesar de muitos autores considerarem a formação de calos e raízes como processos totalmente independentes, em muitas espécies,

especialmente naquelas que enraízam lentamente, a formação de calo pode ser precursor da formação de raízes adventícias (HARTMANN et al., 2011), como verificado em estacas de cootamundra (*Acacia baileyana* F. Muell.), nas quais o desenvolvimento de calos na região do córtex precederam a iniciação das raízes (SCHWARZ et al., 1999).

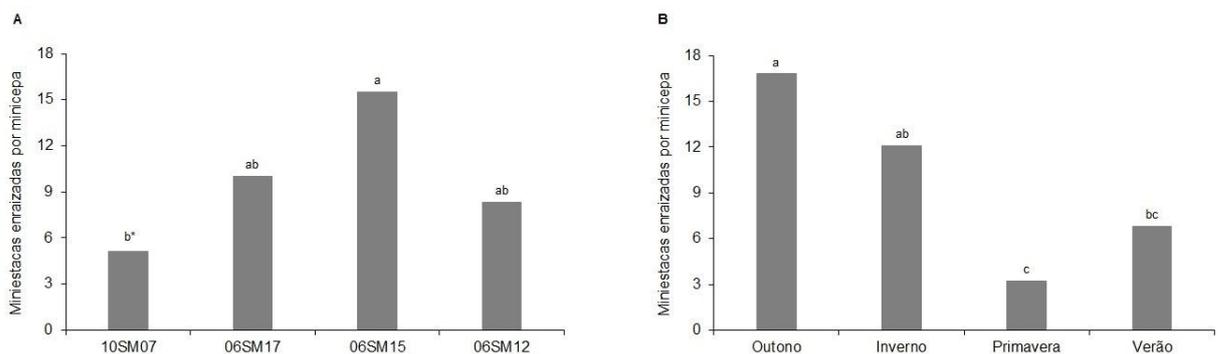
Para o número de miniestacas enraizadas por minicepa de erva-mate, não houve interação significativa entre os clones e as épocas de coleta das brotações ($p > 0,05$), aos 60 dias de cultivo (Figura 6). Os maiores números de miniestacas enraizadas por minicepa foram verificados nos clones 06SM15, 06SM17 e 06SM12, independentemente da época do ano (Figura 6A). Cabe ressaltar que o clone 06SM15 além de apresentar o maior número de miniestacas enraizadas por minicepa (15,50) também obteve a maior porcentagem de enraizamento das miniestacas nas quatro épocas do ano, como observado na Tabela 6, o que sugere que este é um material genético com potencial para a produção massal de mudas de erva-mate.

O clone 10SM07 apresentou o menor número de miniestacas enraizadas por minicepa (5,50), independentemente da época do ano, aos 60 dias de cultivo (Figura 6A). Este resultado, provavelmente, ocorreu devido as miniestacas do clone 10SM07 terem sido obtidas de minicepas produzidas pela estaquia convencional, ou seja, utilizando propágulos coletados de árvores adultas. Dessa forma, os propágulos vegetativos deste clone apresentam maior grau de maturação se comparados as miniestacas coletadas de minicepas produzidas pela cultura de embriões zigóticos. Em plantas lenhosas, um dos principais efeitos da maturação é a redução na capacidade de enraizamento dos propágulos vegetativos (XAVIER et al., 2009). Esse efeito também foi observado na estaquia de erva-mate, sendo verificada a redução da porcentagem de enraizamento de 91,7% para 6,8% utilizando propágulos maduros e juvenis, respectivamente (SAND, 1989).

Quanto à época do ano realizada a coleta das brotações, os maiores números de miniestacas enraizadas por minicepa foram observadas nas estações do outono (16,80) e do inverno (12,10), independentemente do clone, aos 60 dias de cultivo (Figura 6B). Já o menor número de miniestacas enraizadas por minicepa de erva-mate foi observado na primavera (3,20), sem diferir estatisticamente do verão (6,80). Este resultado nos mostra que, além da sazonalidade influenciar na porcentagem de enraizamento das miniestacas (Tabela 6), também influenciou no número de

miniéstacas enraizadas por minicepa de erva-mate (Figura 6B). A avaliação da porcentagem de enraizamento é uma média que possibilita visualizar a frequência que ocorre o processo rizogênico nas miniéstacas, sem considerar o número de miniéstacas produzidas por minicepa. Enquanto a variável número de miniéstacas enraizadas por minicepa permite determinar a quantidade de mudas que serão produzidas por minicepa de erva-mate, facilitando o dimensionamento do minijardim clonal conforme o número de mudas que o viveirista deseja produzir. Entretanto, destaca-se que, apesar das diferenças na avaliação destas variáveis, verificou-se que, em ambos os parâmetros, as épocas do outono e inverno possibilitaram maior formação de raízes nos propágulos vegetativos (Tabela 6 e Figura 6B).

Figura 6 – Número de miniéstacas enraizadas por minicepa de diferentes clones de erva-mate (A) e em função das épocas do ano que foram realizadas as coletas das miniéstacas (B), independente do tratamento com AIB.



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

De maneira geral, os resultados deste estudo mostraram que as minicepas dos quatro clones de erva-mate apresentaram alta sobrevivência (100%) em sistema de minijardim clonal, bem como produção constante de miniéstacas dos clones 06SM17, 06SM15 e 06SM12 durante as quatro épocas do ano. Para o enraizamento das miniéstacas é desnecessário o tratamento com AIB, o que resulta em redução nos custos de produção de mudas de erva-mate. Houve efeito da sazonalidade e dos diferentes clones de erva-mate no processo rizogênico das miniéstacas, sendo que o outono e/ou inverno possibilitaram as maiores porcentagens de enraizamento, número e comprimento das raízes formadas nas miniéstacas dos quatro genótipos de erva-mate. As miniéstacas do clone 06SM15 apresentaram as melhores porcentagens de enraizamento e o maior número de miniéstacas enraizadas por

minicepa nas quatro épocas do ano, o que permite concluir que este é um clone que possibilita a produção massal de mudas de erva-mate por miniestaquia.

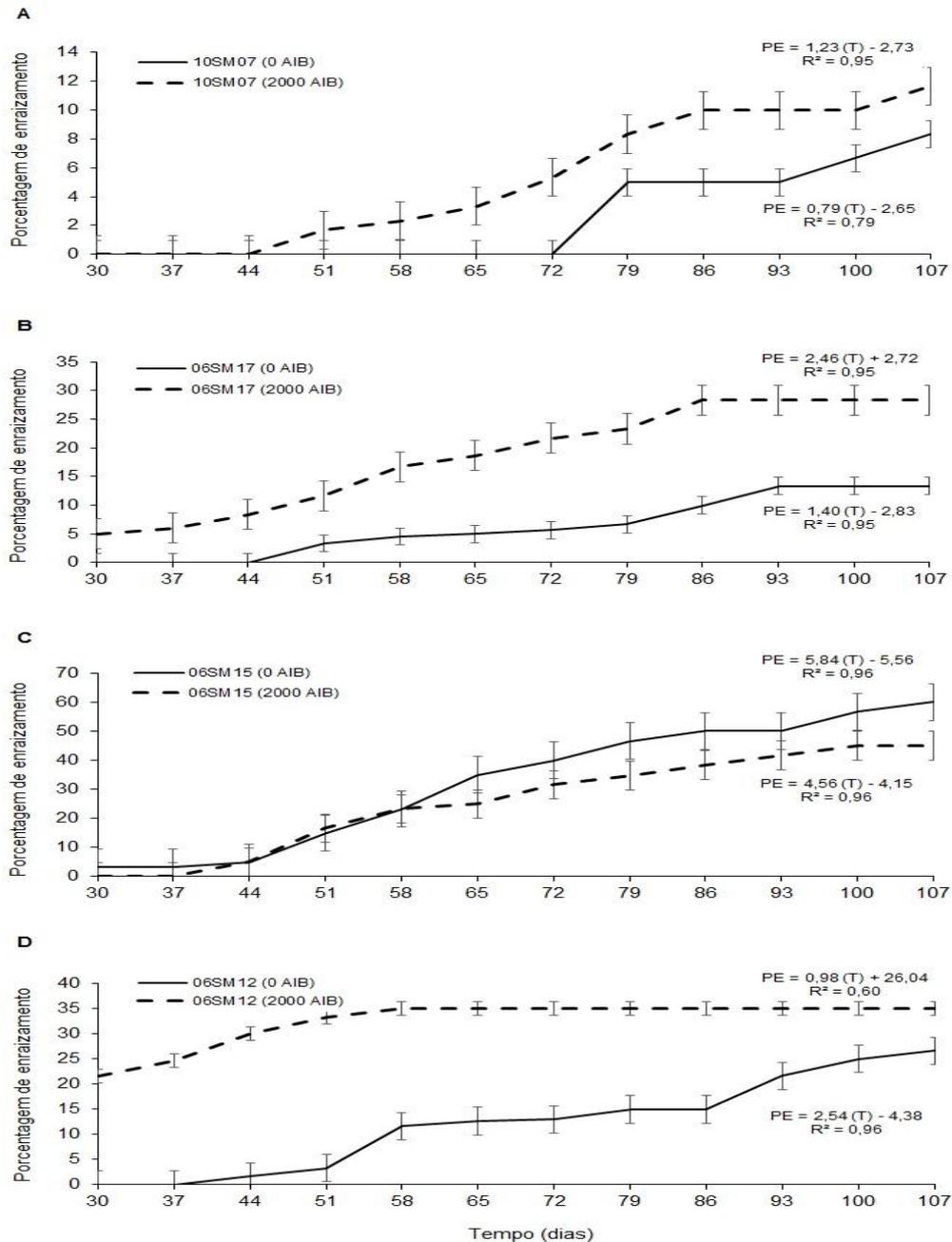
3.3.2 Determinação do tempo ótimo para o enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate

A variação da porcentagem de enraizamento das miniestacas de erva-mate em relação ao tempo de avaliação foi melhor representada pelo modelo $y = a + bx$, em que y corresponde a porcentagem de enraizamento e x o tempo (dias) de cultivo (Figura 7). O ajuste de modelos que expressem o comportamento do enraizamento dos diferentes clones pode auxiliar na determinação do tempo ótimo de permanência dos propágulos vegetativos em ambiente de enraizamento, o qual é identificado pelo período de estabilização da curva de enraizamento. Este método foi utilizado para determinar o tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden (MANGABEIRA et al., 2014). A identificação do tempo de máximo enraizamento pode contribuir para otimizar as instalações e reduzir as perdas de plantas pela permanência dos propágulos em câmara úmida por tempo além do requerido para o processo rizogênico, fatores que por sua vez acarretam em redução nos custos finais de produção das mudas (FERREIRA et al., 2004).

Foi possível observar que para as miniestacas dos clones 10SM07, 06SM17 e 06SM12 não tratadas com AIB (0 mg L^{-1}) o processo rizogênico teve início aos 79, 51 e 44 dias de cultivo em câmara úmida, respectivamente. Já, quando as miniestacas foram tratadas com 2000 mg L^{-1} de AIB, o início do enraizamento foi antecipado para 51, 30 e 30 dias, respectivamente. Esses resultados demonstram que o tratamento com AIB reduziu o período necessário para iniciar a emissão do sistema radicular em miniestacas de erva-mate (Figuras 7A, 7B e 7D). Resultados semelhantes foram verificados em estacas de pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch), nos quais as concentrações de 1500 e 3000 mg L^{-1} de AIB proporcionaram redução no tempo necessário para a formação das raízes (OLIVEIRA et al., 2003). Entretanto, as miniestacas do clone 06SM15 apresentaram resposta distinta, tendo o início do processo rizogênico adiado em aproximadamente duas semanas quando tratadas com AIB (2000 mg L^{-1}) (Figura 7C). Oliveira et al. 2012c também verificaram que houve diferença entre dois clones de *E. urophylla* x *E. globulus* nos dias após o

estaqueamento necessários para iniciar o enraizamento, bem como nas respostas das miniestacas ao tratamento com AIB (2000 mg L^{-1}).

Figura 7 – Percentagens de enraizamento das miniestacas de erva-mate dos clones 10SM07 (A), 06SM17 (B), 06SM15 (C) e 06SM12 (D) tratadas ou não com 2000 mg L^{-1} em função do tempo de permanência em câmara úmida. PE = porcentagem de enraizamento, T = tempo (dias).



A porcentagem de enraizamento das miniestacas dos clones 10SM07, 06SM15 e 06SM12 não tratadas com AIB (0 mg L^{-1}) estabilizou-se aos 79, 86 e 79

dias de cultivo em câmara úmida, respectivamente. No entanto, a estabilização não foi definitiva, retomando a atividade rizogênica durante as demais avaliações realizadas (Figuras 7A, 7C e 7D). Já para as miniestacas do clone 06SM17 também sem tratamento com auxina, a estabilização foi definitiva, atingindo o máximo de enraizamento aos 93 dias de cultivo (Figura 7B). Entretanto, quando as miniestacas foram tratadas com 2000 mg L^{-1} de AIB, foi possível observar que além do 06SM17, também os clones 06SM15 e 06SM12 atingiram a estabilização definitiva aos 86, 100 e 58 dias de cultivo, respectivamente (Figuras 7B, 7C e 7D). Apenas as miniestacas do clone 10SM07 tratadas com AIB retomaram a atividade rizogênica após o período de estabilização aos 86 dias de cultivo (Figura 7A). Dessa forma observa-se que o tratamento com AIB (2000 mg L^{-1}), apesar de retardar o período de estabilização do enraizamento do clone 06SM15 e, conseqüentemente, aumentar o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida, reduziu o tempo para estabilização do enraizamento das miniestacas dos clones 06SM17 e 06SM12, permitindo que estas sejam retiradas do ambiente de enraizamento anteriormente do que as miniestacas não tratadas com AIB. Além disso, o tratamento com AIB favoreceu a estabilização definitiva do processo de formação de raízes nas miniestacas dos clones 06SM17, 06SM15 e 06SM12. Este resultado indica que quando se está propagando miniestacas desses clones tratadas com auxina, a estabilização da curva de enraizamento pode ser um parâmetro utilizado para determinar o tempo ótimo de enraizamento, já que após a estabilização do enraizamento deste material vegetativo não houve retomada da atividade rizogênica durante as demais avaliações realizadas.

O tempo de estabilização da curva de enraizamento das miniestacas de erva-mate variou em função do clone, o qual corresponde a um dos principais fatores que influenciam no enraizamento adventício, existindo uma grande variação entre espécies e clones em relação à maior ou menor habilidade natural em formar raízes (ASSIS; TEIXEIRA, 1999). Entre os clones de erva-mate, o 06SM15 apresentou a maior porcentagem de enraizamento das miniestacas quando tratado (45%) ou não com AIB (60%) (Figura 7C), o que indica que este material genético apresenta a maior aptidão natural à rizogênese quando comparado aos demais clones de erva-mate. Ainda, cabe ressaltar que as miniestacas do clone 06SM15 não necessitam do tratamento com AIB para a indução das raízes adventícias, o que, provavelmente, se deve aos propágulos vegetativos possuírem conteúdo apropriado de auxinas

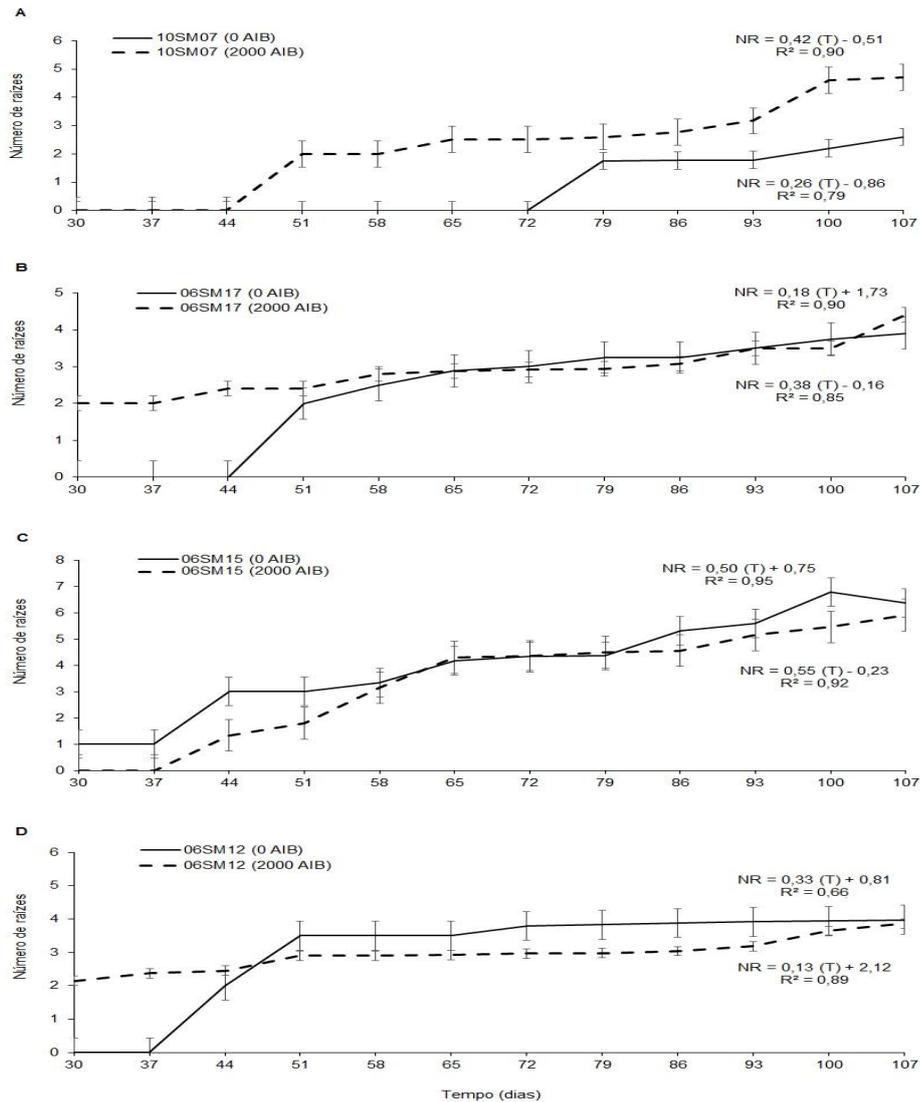
endógenas e balanço hormonal que favorece o enraizamento. Assim, a aplicação de AIB, possivelmente, ocasionou aumento na concentração deste fitorregulador nos tecidos e conseqüentemente um desbalanço hormonal, resultando em queda na porcentagem de enraizamento (MINDÉLLO NETO et al., 2005). Resultados similares foram verificados em estacas de castanha-de-cutia (*Couepia edulis* Prance), as quais apresentaram maior enraizamento quando não tratadas com AIB, aos 180 dias de cultivo (LEANDRO; YUYAMA, 2008).

Com relação ao número de raízes, verificou-se que as miniestacas dos clones 06SM17 e 06SM12 tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB apresentaram o maior número de raízes na primeira avaliação (30 dias), já quando não tratadas com AIB, as respostas de número de raízes iniciaram após 51 e 44 dias de cultivo, respectivamente (Figuras 8B e 8D). Para o clone 10SM07 também houve uma resposta mais rápida no desenvolvimento em número de raízes quando tratado com AIB, além do maior número de raízes ao final da avaliação (4,7), enquanto no tratamento sem fitorregulador foi observada média de 2,6 raízes por miniestaca, aos 107 dias de cultivo (Figura 8A). De maneira geral o uso de AIB fez com que as miniestacas dos clones 06SM17 e 06SM12 apresentassem maior número de raízes aos 30 dias de cultivo, o que se deu devido a formação de raízes nestes propágulos vegetativos ocorrer antecipadamente. Entretanto, no término do período experimental, as miniestacas do clone 06SM17 tratadas ou não com AIB apresentaram semelhante número de raízes por miniestaca, com média de 3,9 e 4,3, respectivamente (Figura 8B), assim como as miniestacas do clone 06SM12, as quais apresentaram 3,8 e 3,9 raízes por miniestaca, quando tratadas ou não com auxina, respectivamente, aos 107 dias de cultivo (Figura 8D).

Miniestacas do clone 06SM15 tratadas ou não com AIB, exibiram tendência semelhante no desenvolvimento do número de raízes no decorrer de todo o período experimental, com média de 5,9 e 6,4 raízes por miniestaca, respectivamente, aos 107 dias de cultivo. Além disso, quando comparado aos demais clones de erva-mate, o 06SM15 apresentou o maior número de raízes adventícias formadas nos propágulos vegetativos (Figura 8C). Este resultado comprova que as miniestacas do clone 06SM15 não necessitam do uso de fitorreguladores para a emissão das raízes adventícias. Resultados semelhantes foram verificados na miniestaquia de preciosa (*Aniba canelilla* H. B. K Mez) e de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), os quais não necessitam do tratamento das miniestacas com auxinas sintéticas para

obter resultados satisfatórios de propagação vegetativa (SAMPAIO et al., 2010; SILVA et al., 2010).

Figura 8 – Número de raízes em miniestacas dos clones 10SM07 (A), 06SM17 (B), 06SM15 (C) e 06SM12 (D) de erva-mate não tratadas (0 mg L^{-1}) ou tratadas com AIB (2000 mg L^{-1}) em função do tempo de permanência em câmara úmida. NR = número de raízes, T = tempo (dias).



O uso do AIB fez com que as miniestacas dos clones 10SM07, 06SM17 e 06SM12 apresentassem raízes com maiores comprimentos, quando comparadas as miniestacas dos respectivos clones sem tratamento com AIB, aos 30 dias de cultivo (Figuras 9A, 9B e 9D). Entretanto, no decorrer do tempo de avaliação, esta tendência foi mantida apenas nas miniestacas dos clones 10SM07 e 06SM12, as quais apresentaram raízes com comprimento médio de 0,4 e 1,1 cm quando não

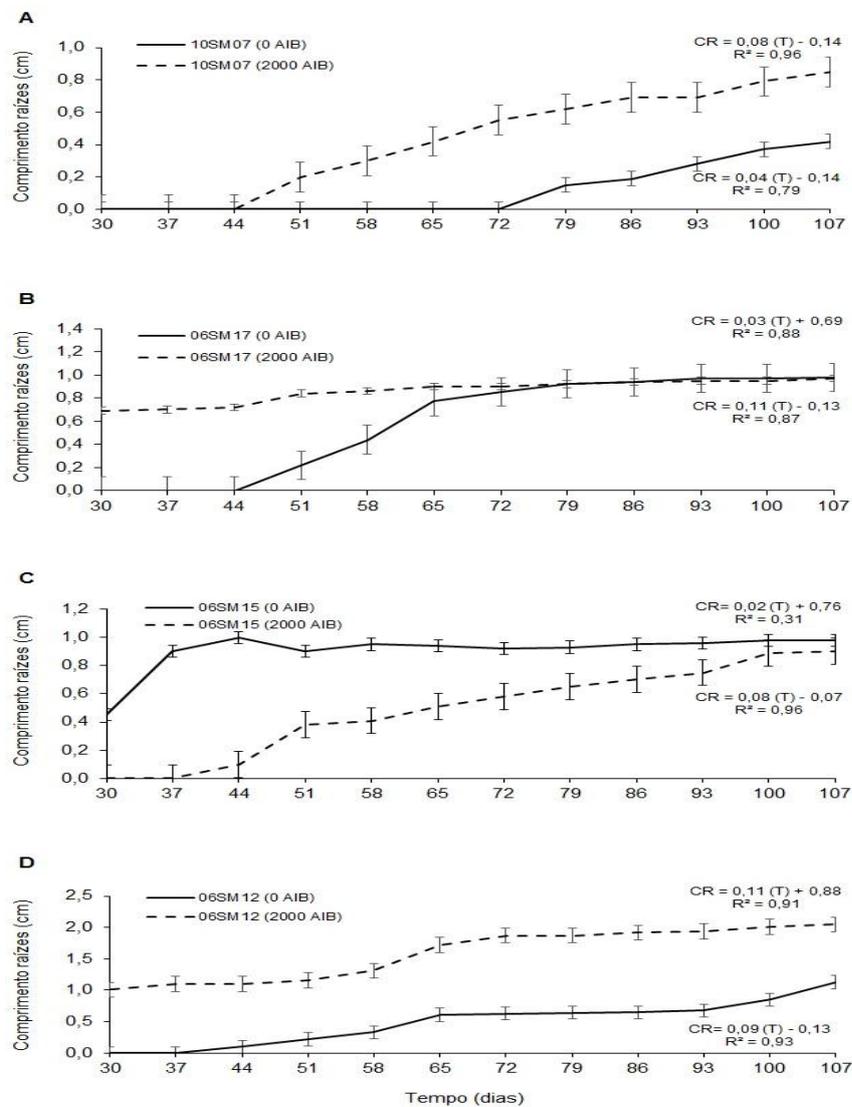
tratadas com AIB e de 0,9 e 2,1 cm quando tratadas com AIB, respectivamente, aos 107 dias de cultivo (Figuras 9A e 9D). Resultados semelhantes foram observados em estacas de pessegueiro (*Prunus persica* L.) tratadas com 1500 mg L⁻¹ de AIB, as quais apresentaram maior comprimento das raízes quando comparadas as estacas não tratadas com auxina (OLIVEIRA et al., 2005). No entanto, o efeito benéfico do tratamento dos propágulos vegetativos com auxinas varia entre clones e cultivares (VILLA et al., 2003; LONE et al., 2010), sendo que para as miniestacas de erva-mate dos clones 06SM17 e 06SM15 verificou-se maior comprimento médio das raízes sem o tratamento com AIB (0 mg L⁻¹), aos 107 dias de cultivo (Figuras 9B e 9C). Resultados similares foram verificados em estacas de amora-preta (*Rubus* spp.), constatando não haver necessidade do tratamento com AIB para a formação de um sistema radicular de qualidade (YAMAMOTO et al., 2012).

A avaliação do número e do comprimento das raízes formadas nas miniestacas de erva-mate no decorrer de 107 dias de cultivo em câmara úmida são variáveis de extrema importância, pois segundo Lajús et al. (2007) as raízes são responsáveis, entre outros fatores, pelo desenvolvimento da planta após a fase de rizogênese. Uma planta com sistema radicular bem formado, provavelmente, terá maior crescimento da parte aérea e maior sobrevivência das miniestacas após serem retiradas do ambiente de enraizamento. Essa afirmação corrobora com os resultados obtidos por Claussen (1996) que verificou em uma mesma espécie que genótipos com sistema radicular mais desenvolvido possuem maior capacidade de aclimatização do que aqueles com sistema radicular reduzido. Além disso, o comprimento das raízes é utilizado como critério para verificar o tempo ótimo de enraizamento das miniestacas, a constatação de raízes saindo na base do tubete, ou seja, com comprimento superior a 10 cm. Este parâmetro é adotado pela maioria dos viveiros florestais para a retirada dos propágulos vegetativos da câmara úmida (FERREIRA et al., 2004).

Neste estudo, não se observou raízes com comprimento superior a 10 cm durante os 107 dias de cultivo, não sendo este critério útil para a determinação do tempo ótimo de enraizamento das miniestacas de erva-mate (Figura 9). Assim, torna-se necessário avaliar a utilização de outros parâmetros, como o intercepto entre as curvas de incremento corrente diário (ICD) e incremento médio diário (IMD) do enraizamento, que se constitui em um critério utilizado na área de manejo florestal com a finalidade de definir o momento ótimo de corte de um povoamento

florestal (CAMPOS; LEITE, 2006) e que atualmente está sendo usado para determinar o tempo ótimo de permanência em câmara úmida das miniestacas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* (MANGABEIRA et al., 2014; FERREIRA et al., 2004; MELO et al., 2011; BRONDANI et al., 2012).

Figura 9 – Comprimento médio das raízes (cm) formadas em miniestacas dos clones 10SM07 (A), 06SM17 (B), 06SM15 (C) e 06SM12 (D) de erva-mate tratadas (2000 mg L⁻¹) ou não com AIB (0 mg L⁻¹) em função do tempo de permanência em câmara úmida. CR= comprimento de raízes, T = tempo (dias).



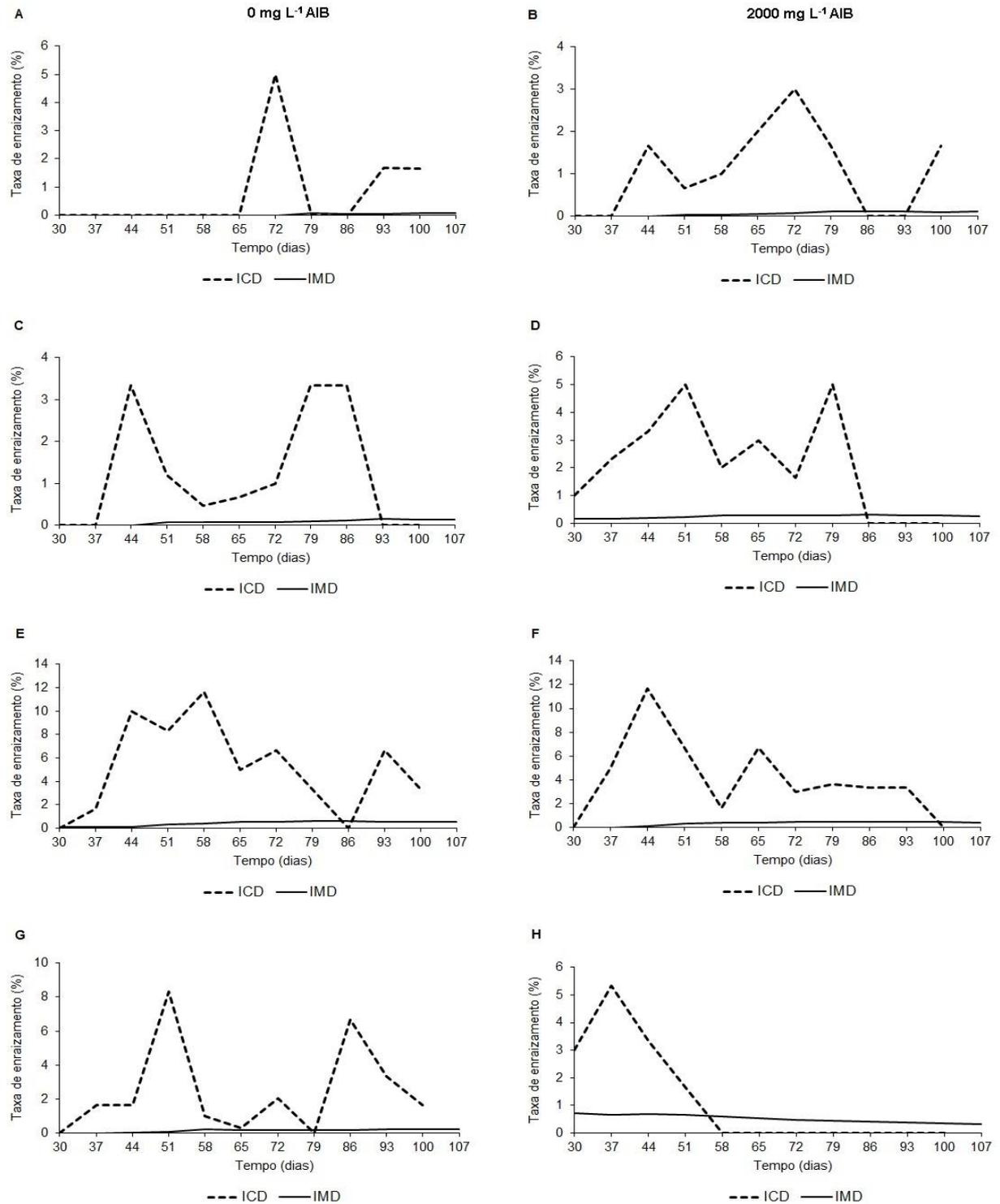
Para a erva-mate, o intercepto entre as curvas de ICD e IMD da taxa de enraizamento ocorreu em diferentes tempos de avaliação, sendo que o momento

ótimo para a retirada das miniestacas da câmara úmida variou entre 58 e 100 dias de cultivo, conforme o clone e o tratamento com AIB (Figura 10). Resultados semelhantes foram verificados para *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. grandis* x *E. saligna*, os quais apresentaram diferenciado comportamento rizogênico e, conseqüentemente, diferentes tempos de permanência em câmara úmida para obtenção de satisfatório enraizamento das miniestacas (FERREIRA et al., 2004).

Para as miniestacas de erva-mate não tratadas com AIB, o tempo ótimo de permanência em câmara úmida foi de 93 e 86 dias para os clones 06SM17 e 06SM15, respectivamente (Figuras 10C e 10E), seguido dos clones 10SM07 e 06SM12, os quais apresentaram o menor tempo ótimo de enraizamento (79 dias) (Figuras 10A e 10G). Ferreira et al. (2004) e Melo et al. (2011) verificaram que para as miniestacas de *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. grandis* sem tratamento com fitorregulador de enraizamento, o intercepto das curvas de ICD e IMD ocorreu aos 20 e 12 dias de avaliação, respectivamente. Assim o intercepto de ICD e IMD da taxa de enraizamento de miniestacas de erva-mate não tratadas com AIB ocorreu mais tardiamente quando comparado aos estudos com miniestacas de *Eucalyptus* spp., o que pode ser explicado pelo fato da técnica de miniestaquia ser amplamente estudada e utilizada para esse gênero (ALMEIDA et al., 2007), além da utilização de clones selecionados quanto à capacidade rizogênica, permitindo que se tenham maior conhecimento e manipulação dos materiais genéticos e dos demais fatores envolvidos no enraizamento adventício.

Para as miniestacas de erva-mate tratadas com 2000 mg L⁻¹ AIB verificou-se que o intercepto das curvas de ICD e IMD da taxa de enraizamento ocorreu aos 86 e 58 dias para os clones 06SM17 e 06SM12 (Figuras 10D e 10H). O AIB acelerou o processo rizogênico desses clones, fazendo com que o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida fosse reduzido. O tratamento com auxina também foi eficaz no aumento da velocidade de enraizamento adventício de estacas de pingo-de-ouro (*Duranta repens* Linn. Aurea) (TAKATA et al., 2012). Já, para as miniestacas dos clones 10SM07 e 06SM15, o tratamento com AIB aumentou o tempo necessário para o enraizamento das miniestacas (Figuras 10B e 10F). Dessa forma, o tempo ótimo de enraizamento das miniestacas de erva-mate foi influenciado pelo tratamento com AIB e os clones, o que provavelmente ocorreu devido aos materiais genéticos possuírem níveis endógenos de auxinas diferenciados e conseqüentemente responderem de maneira variada ao tratamento com fitorreguladores.

Figura 10 – Incremento corrente diário (ICD) e incremento médio diário (IMD) em miniestacas dos clones de erva-mate 10SM07 (A e B), 06SM17 (C e D), 06SM15 (E e F) e 06SM12 (G e H) não tratadas (A, C, E e G) ou tratadas com 2000 mg L⁻¹ AIB (B, D, F e H), em função do tempo de permanência em câmara úmida.



A identificação do ponto ótimo de enraizamento das miniestacas permite estabelecer a velocidade do processo rizogênico e, conseqüentemente, evitar a permanência das miniestacas em ambiente de enraizamento além do tempo necessário para a formação de raízes, permitindo a otimização das estruturas de propagação (MELO et al., 2011). Dessa forma, o tempo ótimo de enraizamento trata-se de uma informação importante para a propagação vegetativa de espécies florestais, especialmente espécies nativas, as quais geralmente requerem períodos mais longos para o enraizamento adventício. Os resultados deste trabalho mostram que entre os métodos analisados na determinação do tempo ótimo de enraizamento de erva-mate, o comprimento da raiz não pode ser utilizado, devido as raízes não atingirem o mínimo de 10 cm ao final de 107 dias de cultivo em câmara úmida (Figura 9). O ponto de estabilização da porcentagem de enraizamento para alguns clones não foi definitivo, voltando a ocorrer enraizamento das miniestacas após o período de estabilização (Figura 7), sendo assim sugere-se a utilização do intercepto entre ICD e IMD (Figura 10).

Segundo o critério do intercepto das curvas de ICD e IMD, os clones 10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12 apresentaram o tempo ótimo de enraizamento das miniestacas não tratadas com AIB aos 79, 93, 86 e 79 dias de cultivo em ambiente de enraizamento, enquanto para as miniestacas tratadas com AIB o tempo ótimo ocorreu aos 86, 86, 100 e 58 dias, respectivamente. Assim, de maneira geral, as miniestacas dos quatro clones de erva-mate necessitam de 58 a 100 dias de cultivo em ambiente de enraizamento, variando em função do clone e da aplicação de AIB.

3.4 CONCLUSÃO

O sistema fechado de cultivo sem solo pode ser utilizado para a formação de um minijardim clonal de erva-mate, pois permite alta sobrevivência das minicepas, além de produção constante de miniestacas por minicepa de três dos quatro clones avaliados em quatro épocas do ano. A sazonalidade influencia no processo rizogênico das miniestacas de erva-mate, sendo que as épocas do outono e inverno possibilitaram as maiores respostas de enraizamento. A formação de raízes e o tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida variam conforme o clone de erva-mate. Miniestacas de erva-mate enraízam sem a aplicação de ácido indolbutírico, porém alguns clones, quando tratados com AIB, apresentam uma

redução no tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida. A produtividade das minicepas de erva-mate é dependente do clone, enquanto o enraizamento das miniestacas é influenciado pelo clone e pela sazonalidade, podendo a produção de mudas por miniestaquia ser realizada sem o tratamento com AIB.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, G. B. et al. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.
- ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- ASSIS, T. F. de; 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**. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CNPQ, v. 1, p. 261-296, 1999.
- BANDINELLI M. G. et al. Concentração dos sais e da sacarose do meio MS na multiplicação *in vitro* e na aclimatização de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 242-247, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362013000200011>. Acesso em: 03 jan. 2015.
- BITENCOURT, J. et al. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1516-05722009000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 out. 2015.
- BRONDANI, G. E. et al. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Revista Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 453-465, 2010.
- BRONDANI, G. E. et al. Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 169-178, 2012.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2003. 1039 p.

CASTRO, L. A. S. de. et al. Tratos culturais para manutenção das plantas nas borbulheiras. In: CASTRO, L. A. S. de (Ed.). **Sistema de produção de material propagativo de pessegueiro com alta sanidade**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. p. 69-72. (Sistema de Produção, 18).

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, v. 80, p. 245-255, 1996.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de Eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 195-203, 2009.

FERREIRA, E. M. et al. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004.

FERRIANI, A. P. et al. Estaquia e anatomia de vassourão-branco. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 159-166, 2008. Disponível em: <<http://www.gepe.ufpr.br/pdfs/Estaquia%20e%20anatomia%20de%20vassourao-branco%20SCIENTIA%20AGRARIA%202008.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

FERRIANI, A. P. et al. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 102-109, jul./dez., 2010. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/index.php/agroambiente/article/view/363>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa florestal brasileira**, v.31, n. 67, p. 257-264, 2011.

FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. **Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação de erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 5 p. (Comunicado Técnico, 45).

GRAÇA, M. E. C. et al. **Estaquia de erva-mate**. Curitiba: Embrapa Florestas, 1988. 6 p. (Circular Técnica, 18).

GREENWOOD, M. S. et al. Separating the effects of tree size and meristem maturation on shoot development of grafted scions of red spruce (*Picea rubens* Sarg.). **Tree Physiol**, v. 30, p. 459-468, 2010.

HAISSIG, B. E. Meristematic activity during adventitious root primordium development influences of endogenous auxin and applied gibberellic acid. **Plant Physiology**, v. 49, p. 886-92, 1972.

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

HORBACH, M. A. et al. Micropropagação de plântulas de erva-mate obtidas de embriões zigóticos. **Revista Ciência Rural**, v. 41, n. 1, p. 113-119, 2011. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782011000100018&script=sci_arttext>. Acesso em: 22 out.2015.

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.

LAJÚS, C. R. et al. Ácido Indolbutírico no Enraizamento de Estacas Lenhosas de Figueira (*Ficus carica* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, v. 2, p. 1107-1109, 2007.

LEANDRO, R. C.; YUYAMA, K. Enraizamento de estacas de castanha-de-cutia com uso de ácido indolbutírico. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 507-602, 2008.

LEBUDE, A. V. et al. Mist level influences vapor pressure deficit and gas exchange during rooting of juvenile stem cuttings of loblolly pine. **Hortscience**, v. 40, n. 5, p. 1448-1456, 2005.

LONE, A. B. et al. Efeito do AIB no enraizamento de estacas herbáceas do porta-enxerto de videira VR 43-43 em diferentes substratos. **Semina Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 599-604. 2010.

MANGABEIRA, F. D. C. et al. Período Ideal para o Enraizamento de um Clone de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*. **Scientific Electronic Archives**, v. 6, p. 45-49, 2014.

MARENCO, R. A. et al. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central Amazonia. **Tree Physiology**, v. 21, p. 1311-1318, 2001.

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

MELO, L. A. et al. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de Miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 759-767, 2011.

MINDÉLLO NETO, U. R. et al. Enraizamento de estacas semilenhosas de nectarineiras tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 3, p. 299-301, 2005. Disponível em: <periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/download/1257/104>. Acesso em: 12 out. 2015.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura,RS. 1961. 41 p.

NAGAOKA, R. E. et al. Efeito do AIB no desenvolvimento de mudas clonais em genótipos de erva-mate. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17; p. 1182-1191, 2013. Disponível em: < www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/.../efeito%20do%20AIB.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015.

OLIVEIRA, A. P. de. et al. Capacidade de enraizamento de estacas semilenhosas e lenhosas de cultivares de pessegueiro tratadas com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 282-285, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452003000200025&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 nov. 2015.

OLIVEIRA, A. P. et al. Qualidade do sistema radicular de estacas semilenhosas e lenhosas de pessegueiro tratadas com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 346-348, 2005.

OLIVEIRA, Y. et al. Substratos, concentrações de ácido indolbutírico e tipos de miniestacas no enraizamento de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 4, p. 611-616, 2012a. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722012000400006&script=sci_arttext> . Acesso em: 21 out. 2015.

OLIVEIRA, R. J. P. et al. Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtilheiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1199-1207, 2012b.

OLIVEIRA, L. S. de. et al. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 507-516, 2012c. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=09&Number=96>> . Acesso em: 24 out. 2015.

ONO, E. O. et al. Enraizamento de estacas de *Platanus acerifolia*, tratadas com auxinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 1373-1380, 1994.

PIRES, P. et al. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 283-293, 2015.

PEÑA, M. L. et al. Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas de pitangueira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3055-3068, 2015.

PRAT KRIKUN, S. D. et al. **Yerba mate. Informe sobre investigaciones realizadas. Período 1984-85**. Cerro Azul: E.E.A. Misiones, 1986. 32p. (Publicación Miscelânea, 15).

ROSA, L. S. et al. Efeito da dose de nitrogênio e de formulações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1025-1035, 2009.

SAMPAIO, P. de T. B. et al. Propagação vegetativa por miniestacas de preciosa (*Aniba canellila* (H. B.K) MEZ). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 4, p. 687-692, 2010.

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

SANSBERRO, P. A. et al. Plant regeneration of *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae) by *in vitro* culture of nodal segments. **Biocell**. v. 24, n. 1, p. 53-63. 2000.

SANTIN, D. et al. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 59-66, 2008.

SCHRADER; S.; SAUTER, J. J. Seasonal changes of sucrose-phosphate synthase and sucrose synthase activities in poplar wood (*Populus x Canadensis* Moench “robusta”) and their possible role in carbohydrate metabolism. **Journal of Plant Physiology**, v. 159, p. 833-843, 2002.

SCHWARZ, J. L. et al. Adventitious root formation in *Acacia baileyana* F. Muell. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 74, n. 5, p. 561-565, 1999.

SILVA, I. D. et al. Calogênese em diferentes estacas de caquizeiro tratadas com frio e ácido indolbutírico. **Scientia Agraria**, v. 7, n. 1-2, p. 113-118, 2006. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/995/99516263017/index.html> >. Acesso em: 22 dez. 2015.

SILVA, E. T. et al. Materiais de cobertura na produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 103-109, 2007.

SILVA, R. L. et al. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 46, p. 21-30, 2003.

SOUZA, J. L. M. et al. Exportação de nutrientes foliares em diferentes tipos de poda na cultura da erva-mate. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 177-185, 2008.

TAKATA, W. H. S. et al. Enraizamento de estacas de *Duranta repens* Linn “Aurea” em função de doses de IBA. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 21, n. 1, p. 1-9, 2012.

TAVARES, F. R. et al. Alguns fatores relacionados com a estaquia da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7, 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1992. p. 626-640.

THOMAS, P.; SCHIEFELBEIN, J. Cloning and characterization of an actin depolymerizing factor gene from grape (*Vitis vinifera* L.) expressed during rooting in stem cuttings. **Plant Science**, v. 162, p. 283-288, 2002.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia.** 2003. 79 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.

VILLA, F. et al. Propagação de amoreira-preta utilizando estacas lenhosas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 829-834, 2003.

WENDLING, I. et al. Miniestaquia na silvicultura clonal de *Eucalyptus*. **Revista Folha Florestal**, n. 1, p. 16-17, 1999.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001. Disponível em: <<http://www.floram.org/files/v8n%C3%BAnico/v8nunicoa24.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

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

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 29, p. 921-930, 2005.

WENDLING, I. et al. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 289-292, 2007.

WENDLING, I. et al. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 45, p. 473-486, 2014.

XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.

YAMAMOTO, L. Y. et al. Substratos no enraizamento de estacas herbáceas de amora-preta Xavante. **Revista Ciência Rural**, v. 43, n. 1, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000100003>. Acesso em: 11 nov. 2015.

4 CAPÍTULO II

RESUMO

QUALIDADE DE MUDAS DE ERVA-MATE PRODUZIDAS POR MINIESTAQUIA

AUTORA: Nathalia Pimentel
ORIENTADOR: Dilson Antonio Bisognin

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade morfo-fisiológica das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) produzidas por miniestaquia em quatro épocas do ano e cultivadas em diferentes recipientes. Para o enraizamento das miniestacas, brotações de quatro clones de erva-mate (10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12) foram coletadas em quatro épocas do ano (abril, julho e outubro de 2014 e janeiro de 2015), seccionadas em miniestacas de gema única com, aproximadamente, 2,0 cm de comprimento e contendo uma folha reduzida em 50% da sua área original e cultivadas em substrato comercial à base de casca de pinus, vermiculita média e areia de granulometria grossa (1:1:1 v/v). Após 60 dias de cultivo em câmara úmida, as miniestacas enraizadas foram transferidas para diferentes recipientes: tubete de polietileno rígido de 100 cm³ e sacos de polietileno de 500, 1500 e 3000 cm³, contendo substrato comercial à base de casca de pinus e terra de subsolo (3:1 v/v). O experimento foi um fatorial 4 x 4 (épocas do ano e recipientes) no delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições contendo de 5 a 20 mudas. Aos 30, 60, 90 e 120 dias de cultivo as mudas de erva-mate foram avaliadas quanto a porcentagem de sobrevivência, altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação altura da parte aérea e diâmetro de colo e número de folhas. Também, aos 120 dias de cultivo, 10 mudas de cada tratamento foram tomadas ao acaso para a avaliação da relação massa seca da parte aérea e das raízes (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson e análise do sistema radicular com o auxílio do Software *WinRhizo Pro*, o qual determinou o comprimento total, a área superficial, o volume total e o número de extremidades das raízes. A melhor relação MSPA/MSR, bem como o maior comprimento total, área superficial, volume total das raízes e índice de qualidade de Dickson foram observadas em mudas de miniestacas coletadas em julho sem diferir estatisticamente das mudas produzidas em outubro e janeiro. Os sacos de polietileno, independentemente do volume (500, 1500 e 3000 cm³), permitiram a produção de mudas de erva-mate com satisfatória qualidade tanto da parte aérea quanto do sistema radicular. Mudas de erva-mate podem ser produzidas por miniestaquia durante, pelo menos, os meses de julho a janeiro e cultivadas em sacos de polietileno com volume de 500 cm³.

Palavras-chave: Espécie arbórea. *Ilex paraguariensis*. Tubetes. Sacos de polietileno. Produção de mudas.

ABSTRACT

QUALITY OF HOLLY PLANTLETS PRODUCED BY MINICUTTING

AUTHOR: Nathalia Pimentel
ADVISOR: Dilson Antonio Bisognin

The objective of this study was to evaluate the morpho-physiological quality of holly plantlets (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) produced by minicutting in four times during the year grown in different containers. For the rooting of minicuttings, shoots of four holly clones (10SM07, 06SM17, 06SM15 and 06SM12) were collected in the four times during the year (April, July and October 2014 and January 2015), cut into single-budded minicuttings with approximately 2.0 cm long, trimmed the leaves by half the original area and grown in pine bark-based commercial substrate, vermiculite and coarse sand (1:1:1 v/v). After 60 days of cultivation in a humid chamber, the rooted minicuttings were transferred to different containers: rigid polyethylene tube of 100 cm³ and polyethylene bags of 500 cm³, 1500 cm³ and 3000 cm³, containing commercial substrate of pine bark and underground soil (3:1 v/v). The experiment was set in completely randomized design with a 4 x 4 factorial scheme (times during the year x containers) with 5 repetitions of a number of plantlets ranging from 5 to 20. At 30, 60, 90 and 120 days of cultivation, the plantlets were evaluated for percentage of survival, shoot height, stem diameter, shoot height/stem diameter ratio and number of leaves. Also, at 120 days of cultivation, 10 plantlets from each treatment were randomly picked to evaluate the shoot and root dry mass, Dickson quality index and analysis of the root system with the *WinRhizo Pro* Software, which determined the surface area, total volume and number of root tips. The best shoot and root dry mass ratio, as well as the largest total length, surface area, total volume of roots and Dickson quality index were observed in plantlets produced in July without differ from plantlets produced in October and January. The polyethylene bags, regardless of the volume (500, 1500 and 3000 cm³), allowed production of holly plantlets with satisfactory quality both of the shoot as the root system. Holly plantlets can be produced by minicutting during the months July to January and grown in polythene bags with volume of 500 cm³.

Keywords: Tree species. *Ilex paraguariensis*. Tubes. Polyethylene bags. Plantlet production.

4.1 INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) é uma espécie arbórea nativa das regiões subtropicais da América do Sul (OLIVEIRA; ROTA, 1985) e no Brasil desempenha importante papel socioeconômico em vários municípios, especialmente na Região Sul (CARVALHO, 2003). No início do século 19, a erva-mate caracterizou

um ciclo econômico e assumiu o segundo lugar em produtos exportados pelo Brasil (WENDLING et al., 2007). Porém, nas últimas décadas, verificou-se a redução da produtividade média nacional de 17,3 toneladas por hectare em 1990 para 6,7 toneladas por hectare em 2012 (IBGE, 2012), indicando que a produção de massa foliar pelos ervais está em declínio. Acredita-se que a causa desta redução esteja relacionada, principalmente, a utilização de mudas de baixa qualidade no estabelecimento de povoamentos de erva-mate, as quais são produzidas principalmente por sementes. Assim, com o intuito de aumentar a produtividade dos ervais, torna-se imprescindível a definição de metodologias que proporcionem a produção de mudas com alta qualidade genética e morfo-fisiológica, a exemplo dos métodos de propagação assexuada.

A miniestaquia é uma técnica recente de propagação vegetativa (XAVIER; WENDLING, 1998) que garante vantagens como uniformidade dos povoamentos, melhor adaptação dos clones às condições locais e aumento na produtividade da floresta (XAVIER; COMÉRIO, 1996). As características genéticas da espécie propagada e as condições específicas de manejo das mudas no viveiro são fatores que fortemente influenciam na qualidade das plantas produzidas, sendo que as práticas utilizadas em cada fase de produção podem variar de acordo com a espécie e a época do ano (ALFENAS et al., 2009).

O crescimento das plantas pode ser dividido em duas fases principais: uma fase de crescimento intenso que ocorre no período compreendido entre a primavera e o verão e uma fase de repouso do crescimento da parte aérea que acontece entre o outono e o inverno (STENZEL et al., 2005). Sendo assim, a época do ano pode influenciar no crescimento, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular e, conseqüentemente, na qualidade morfo-fisiológica da muda. Essa influência foi observada por Souza et al. (2013), o qual verificou menor crescimento em altura e diâmetro de colo em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* S. T. Black produzidas no inverno, possivelmente em função da menor temperatura e precipitação verificada nestes meses do ano.

Além da época do ano, deve-se salientar que por meio da miniestaquia, o sistema radicular adventício desenvolvido a partir de miniestacas apresenta maior possibilidade de desenvolver deformações radiculares, devido ao crescimento inicial ser mais superficial e não haver definição de uma raiz pivotante (HARTMANN; DALE, 1975). Nesse sentido, a definição do tipo de recipiente adequado e suas

dimensões tornam-se imprescindíveis para proporcionar satisfatório crescimento e desenvolvimento da raiz, assim como da parte aérea (SOUZA, 1995).

As dimensões dos recipientes utilizados na produção das mudas determinam a quantidade de substrato a ser utilizado, o espaço que irá ocupar no viveiro, a mão de-obra utilizada no transporte e o período necessário para a aclimatização e para entrega das mudas ao produtor. Todavia, o estudo das dimensões adequadas mostra-se de grande importância, pois recipientes com volume superior ao indicado provocam gastos desnecessários, elevam a área do viveiro, aumentam os custos de transporte, manutenção e distribuição das mudas na área de plantio. Sendo assim, os recipientes estão entre os mais importantes determinantes do custo de produção de mudas de espécies florestais (KOSTOPOULOU et al., 2011; LIMA et al., 2006; QUEIROZ; MELÉM JÚNIOR, 2001).

Em geral, a altura do recipiente é mais importante do que o seu diâmetro para o crescimento de mudas de espécies florestais (GOMES et al., 1990), pois a pequena altura do recipiente dificulta a livre drenagem de água e nutrientes necessária para o crescimento das raízes (FERMINO, 2014). Entretanto as dimensões ideais dos recipientes variam conforme a espécie e o respectivo tempo de permanência das mudas no viveiro (GOMES et al., 1990). Para as espécies florestais nativas, diversos trabalhos vêm sendo realizados buscando identificar o tipo e as dimensões dos recipientes para a propagação sexuada de mudas (SANTOS et al., 2000), como pau-formiga (*Triplaris americana* L.), caroba-roxa (*Jacaranda micrantha* Cham.), pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan) (TEIXEIRA et al., 2008; AJALA et al., 2012; ALVES et al., 2012). Entretanto não foram encontradas referências que abordem o estudo de recipientes para a produção de mudas de espécies florestais nativas via propagação vegetativa.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade morfo-fisiológica das mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia em quatro épocas do ano e cultivadas em diferentes tipos e tamanhos de recipientes.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido de abril de 2014 a setembro de 2015, em casa de vegetação climatizada do Núcleo de Melhoramento e Propagação

Vegetativa de Plantas, Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

Para o enraizamento, brotações de quatro clones de erva-mate (10SM07, 06SM17, 06SM15 e 06SM12) foram coletadas em quatro épocas do ano (abril, julho e outubro de 2014 e janeiro de 2015) e seccionadas em miniestacas de gema única com, aproximadamente, 2,0 cm de comprimento e uma folha reduzida em 50% da sua área original, conforme os melhores resultados obtidos em ensaios preliminares. As miniestacas foram tratadas ou não com ácido indolbutírico (AIB) na concentração de 2000 mg L⁻¹, cultivadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial à base de casca de pinus, vermiculita média e areia de granulometria grossa (1:1:1 v/v) e mantidas em câmara úmida com umidade relativa do ar de, aproximadamente, 85%, fornecida por nebulização automatizada 8 vezes ao dia por 1 minuto.

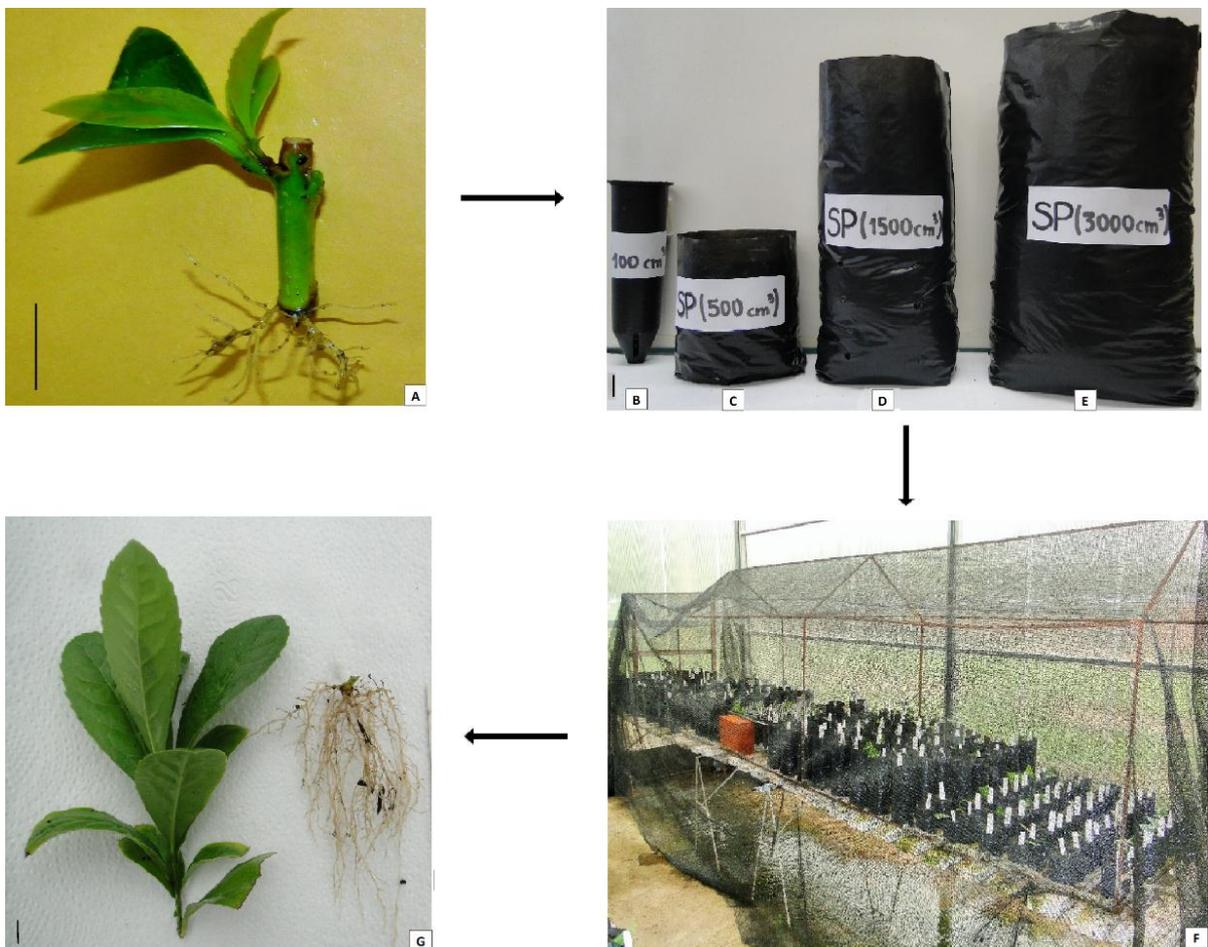
Após 60 dias de cultivo, as miniestacas enraizadas dos quatro clones de erva-mate (Figura 11A) foram distribuídas igualmente em diferentes recipientes, com a finalidade de representar a variabilidade genética. Os recipientes foram preenchidos com substrato comercial a base de casca de pinus e terra de subsolo (3:1 v/v) e apresentaram os seguintes volumes e dimensões (altura e largura): tubete de polietileno rígido de 100 cm³ (14 x 4 cm), sacos de polietileno de 500 cm³ (10 x 13 cm), 1500 cm³ (22 x 15 cm) e 3000 cm³ (25 x 20 cm) (Figuras 11B, 11C, 11D e 11E, respectivamente). As mudas foram acomodadas em bancadas e protegidas com tela de 30% de sombreamento (Figura 11F) durante todo o período experimental. As irrigações foram realizadas três vezes por semana, com auxílio de um regador manual.

As mudas de erva-mate foram avaliadas aos 30, 60, 90 e 120 dias de cultivo quanto à porcentagem de sobrevivência, a altura da parte aérea, o diâmetro de colo, a relação altura da parte aérea e diâmetro de colo e o número de folhas. A altura da parte aérea foi medida utilizando régua milimetrada do substrato até o ápice da última folha formada e o diâmetro de colo foi avaliado ao nível do substrato, com auxílio de paquímetro digital.

Aos 120 dias de cultivo, foram tomadas ao acaso 10 mudas de cada tratamento para avaliação da massa seca da parte aérea e das raízes, e análise morfo-fisiológica do sistema radicular. As mudas foram lavadas em água corrente e seccionadas na altura de colo, sendo a parte aérea e o sistema radicular (Figura 11G) separados e acondicionados em sacos de papel, os quais foram mantidos em

estufa à 105 °C até a obtenção de massa constante. Posteriormente, as raízes foram digitalizadas no equipamento Epson 11000 XL e a análise realizada com o auxílio do Software *WinRhizo Pro*, sendo determinados o comprimento total, a área superficial, o volume total e o número de extremidades das mesmas.

Figura 11 – Miniestacas de gema única enraizadas em câmara úmida (A) e transferidas para diferentes recipientes: tubete de polietileno rígido de 100 cm³ (B), sacos de polietileno de 500 cm³ (C), 1500 cm³ (D) e 3000 cm³ (E). As mudas foram acomodadas em bancadas protegidas com tela de 30% de sombreamento (F). Após 120 dias de cultivo, 10 mudas de cada tratamento foram seccionadas em parte aérea e sistema radicular para análise morfo-fisiológica (G). Barra = 1 cm.



Posteriormente realizou-se o cálculo do índice de qualidade de Dickson conforme a seguinte equação (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{HPA(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}} \quad (3)$$

Sendo:

MST = Massa seca total;

HPA = Altura da parte aérea;

DC = Diâmetro de colo;

MSPA = Massa seca da parte aérea;

MSR= Massa seca das raízes.

O experimento foi um fatorial 4 x 4 (épocas do ano x tipos e volumes dos recipientes) no delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições variando de 5 a 20 mudas por repetição, conforme a quantidade de miniestacas enraizadas por época do ano. Para atender a normalidade, os dados de porcentagem foram transformados para arcoseno $\sqrt{x/100}$ e de contagem e comprimento para $\sqrt{x+0,5}$ e submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos com diferenças significativas ($p < 0,05$) foram comparadas pelo Teste de Tukey, com o auxílio do programa ESTAT (UNESP – Jaboticabal).

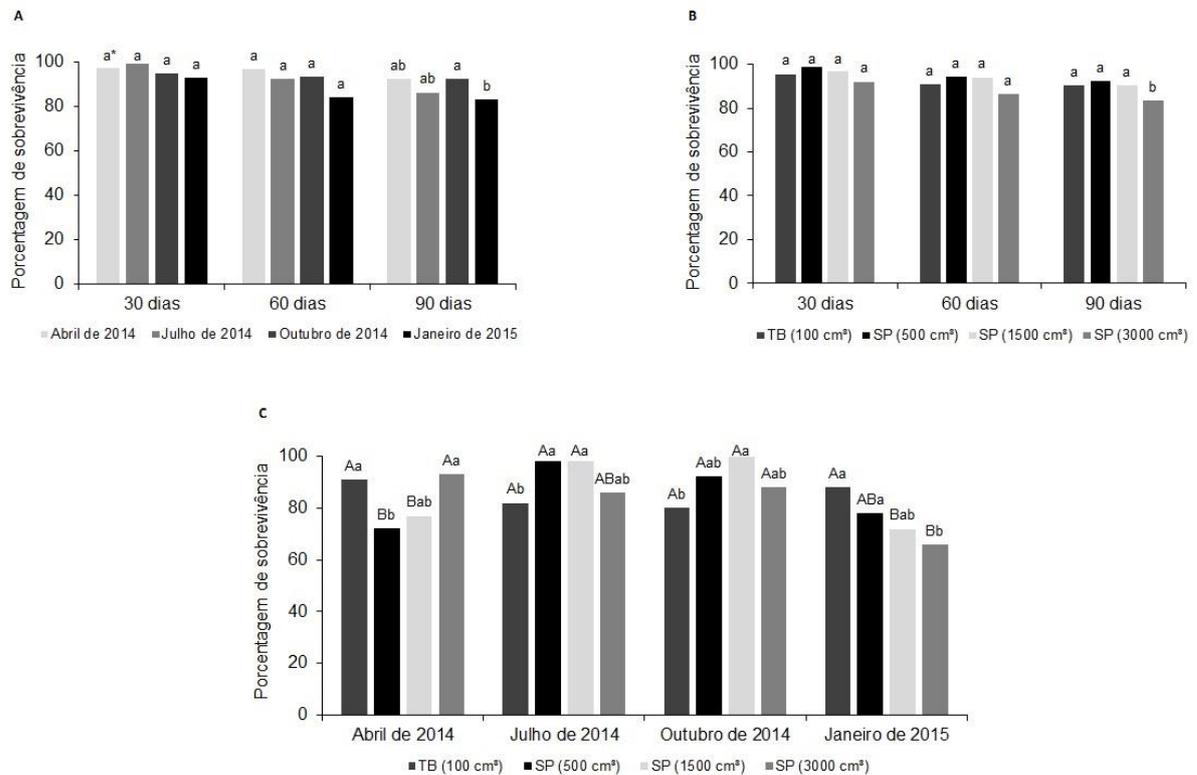
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a porcentagem de sobrevivência, não houve interação significativa entre as épocas do ano e os recipientes utilizados na produção das mudas de erva-mate ($p > 0,05$), aos 30, 60 e 90 dias de cultivo (Figura 12). Aos 90 dias de cultivo houve influência das épocas do ano na porcentagem de sobrevivência, sendo que a maior média foi verificada nas mudas de miniestacas coletadas em outubro (92,0%) sem diferir estatisticamente das mudas produzidas em abril e julho, com 91,0 e 86,0% das plantas sobreviventes, respectivamente (Figura 12A). Também, a porcentagem de sobrevivência foi influenciada pelos recipientes, sendo os maiores valores observados nos sacos de polietileno com capacidade de 500 e 1500 cm³ (92,2 e 90,5%, respectivamente) e no tubete de polietileno (90,5%), aos 90 dias de cultivo (Figura 12B).

Aos 120 dias de cultivo, houve interação significativa entre as épocas do ano e os recipientes para a porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate ($p < 0,05$). Os maiores valores de sobrevivência foram verificados nas mudas de miniestacas coletadas em julho e outubro e cultivadas nos sacos de polietileno de

1500 cm³ (98,0 e 100,0% respectivamente) e 500 cm³ (98,0 e 92,0% respectivamente) (Figura 12C). Esses resultados foram superiores aos verificados na produção de mudas de cancorosa (*Maytenus ilicifolia* Martius ex Reissek), nos quais os sacos de polietileno com volume de 1515 cm³ possibilitaram a maior porcentagem de sobrevivência das mudas (75,0%), aos 120 dias após a emergência (NICOLOSO et al., 2000).

Figura 12 – Porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate aos 30, 60 e 90 dias de cultivo produzidas em quatro épocas do ano (A) e cultivadas em diferentes recipientes (B) e a interação entre as épocas do ano e os recipientes aos 120 dias de cultivo (C). SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.



*Tratamentos seguidos pela mesma letra, minúsculas comparam tratamentos dentro de um mesmo grupo e maiúsculas o mesmo tratamento em diferentes grupos, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação entre altura da parte aérea e diâmetro de colo (H/D) e número de folhas, não houve interação significativa entre as épocas do ano e os recipientes ($p > 0,05$) aos 30, 60 e 90 dias de cultivo (Figura 13). A altura da parte aérea foi influenciada pela época do ano, assim como pelo tipo e volume do recipiente. Mudas de miniestacas coletadas em julho apresentaram maior altura da parte aérea, atingindo média de 7,1 cm aos 90 dias de

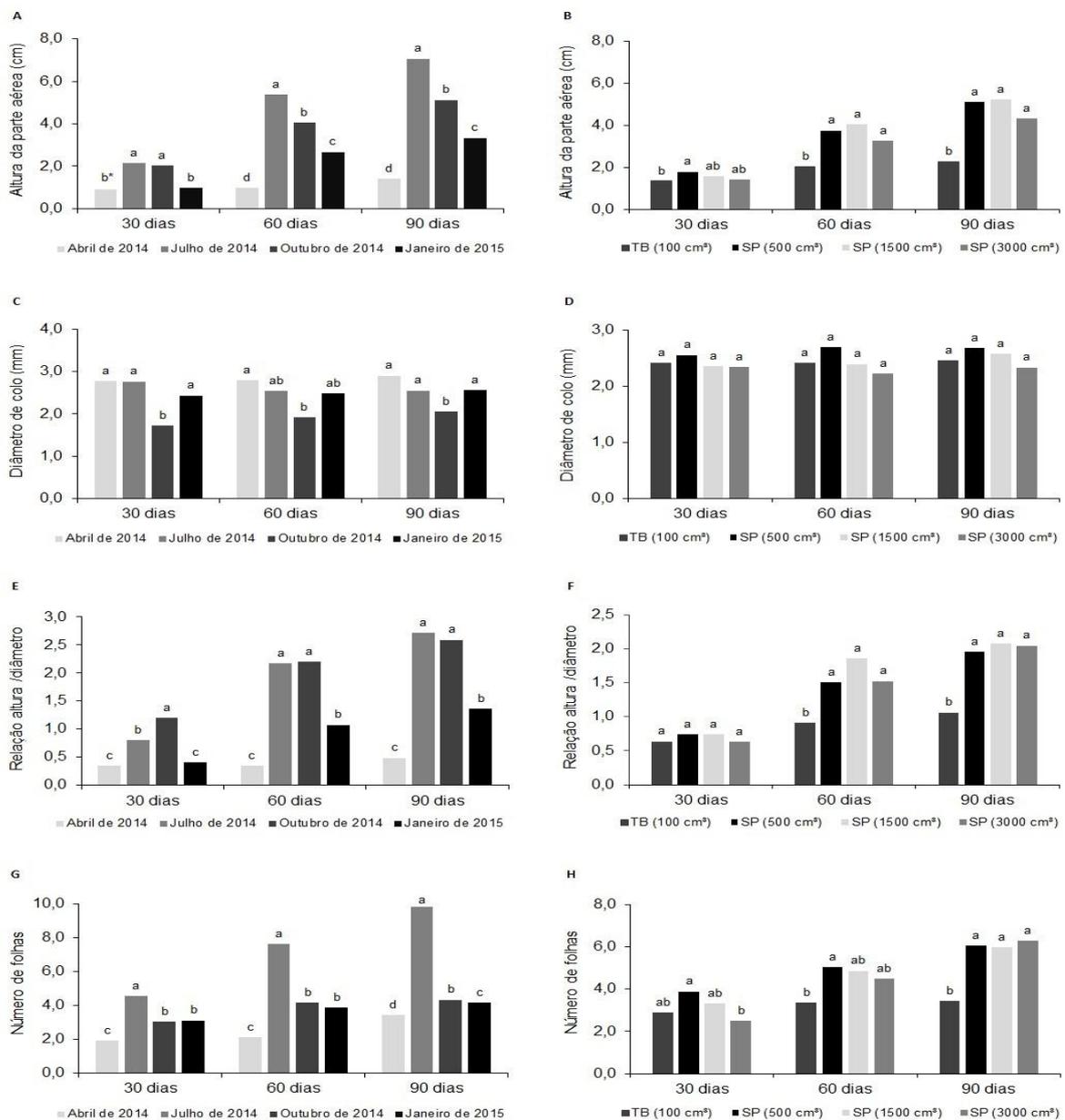
cultivo (Figura 13A). Quanto aos tipos e volumes dos recipientes, verificou-se que os sacos de polietileno nos três volumes estudados (500, 1500 e 3000 cm³) possibilitaram a maior altura da parte aérea, aos 30, 60 e 90 dias de cultivo (Figura 13B). Este resultado pode estar associado ao maior volume de substrato contido nos sacos de polietileno que resulta em maior disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento das mudas (BARROSO et al., 2000). Cunha et al. (2005), também verificaram que as melhores condições para o desenvolvimento de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex D.C. Standl) foram oferecidas pelos recipientes de maiores volumes.

Houve influência significativa das épocas do ano para o diâmetro de colo e para a relação H/D das mudas de erva-mate ($p < 0,05$) aos 30, 60 e 90 dias de cultivo. As mudas de miniestacas coletadas em abril, julho e janeiro apresentaram os maiores diâmetros de colo e menor relação H/D (Figuras 13C e 13E). A relação H/D também foi influenciada pelo recipiente, onde o menor valor foi observado nas mudas produzidas em tubetes de polietileno, aos 60 e 90 dias de cultivo (Figura 13F). As mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia, independente da época e do recipiente, apresentaram valores de relação H/D que variaram de 0,34 a 2,71 (Figuras 13E e 13F). De acordo com Birchler et al. (1998), esta relação deve ser menor do que 10 para as mudas produzidas serem consideradas de adequado padrão de qualidade. Sendo assim, considera-se que as mudas de erva-mate produzidas apresentam equilíbrio de desenvolvimento da parte aérea e do diâmetro de colo, o que segundo Artur et al. (2007) assegura maior resistência e melhor fixação das mudas no solo quando plantadas em condições à campo.

Quanto ao número de folhas, houve influência da época do ano e do recipiente aos 30, 60 e 90 dias de cultivo (Figuras 13G e 13H). Mudanças de miniestacas coletadas em julho apresentaram média de 9,8 folhas aos 90 dias de cultivo, significativamente superior as demais épocas. É possível que este resultado tenha sido verificado devido ao período de cultivo das mudas de erva-mate produzidas em julho ocorrer na primavera e no início do verão (outubro a janeiro), épocas com temperaturas mais elevadas e de crescimento vegetativo intenso (STENZEL et al., 2005). Resultados semelhantes foram verificados em mudas de pinhão-manso, as quais apresentaram maior número de folhas quando cultivadas na época da primavera (DRANSKI et al., 2013). No presente estudo também foi observado que as mudas de erva-mate cultivadas em sacos de polietileno de 500 cm³ apresentaram maior número de folhas, não diferindo estatisticamente dos sacos

de polietileno de 1500 e 3000 cm³, aos 60 e 90 dias de cultivo (Figura 13H). Em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) também foi observado que os sacos de polietileno de 607,59 e 1962,5 cm³ apresentaram maior número de folhas quando comparados aos tubetes de polietileno (ANTONIAZZI et al., 2013).

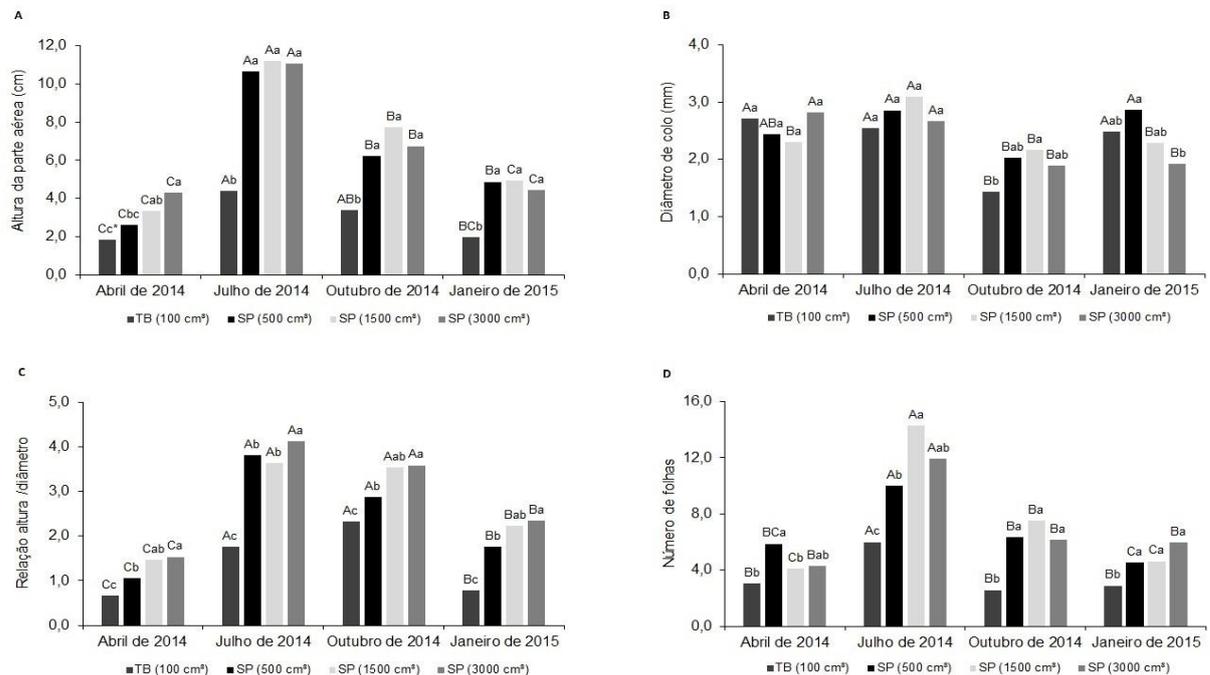
Figura 13 – Altura da parte aérea (A e B), diâmetro de colo (C e D), relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (E e F) e número de folhas (G e H) em mudas de erva-mate produzidas por miniestaqueia em quatro épocas do ano (A, C, E e G) e diferentes recipientes (B, D, F e H), avaliadas aos 30, 60 e 90 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.



*Tratamentos seguidos da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Aos 120 dias de cultivo, houve interação significativa entre as épocas do ano e os recipientes para altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação H/D e número de folhas emitidas nas mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia ($p < 0,05$) (Figura 14). Mudanças de miniestacas coletadas em julho e cultivadas em sacos de polietileno com volume de 500, 1500 e 3000 cm³ apresentaram as maiores alturas da parte aérea, sendo observadas médias de 10,7; 11,2 e 11,1 cm, respectivamente (Figura 14A). Estes resultados se assemelham aos obtidos por José et al. (2005), nos quais os sacos de polietileno apresentaram-se mais eficiente que os tubetes, proporcionando maior altura da parte aérea das mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi).

Figura 14 – Altura da parte aérea (A), diâmetro de colo (B), relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (C) e número de folhas (D) de mudas de erva-mate produzidas em quatro épocas do ano e cultivadas em diferentes recipientes, aos 120 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.



*Tratamentos seguidos pela mesma letra, minúsculas comparam diferentes tratamentos dentro de um mesmo grupo e maiúsculas o mesmo tratamento em diferentes grupos, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

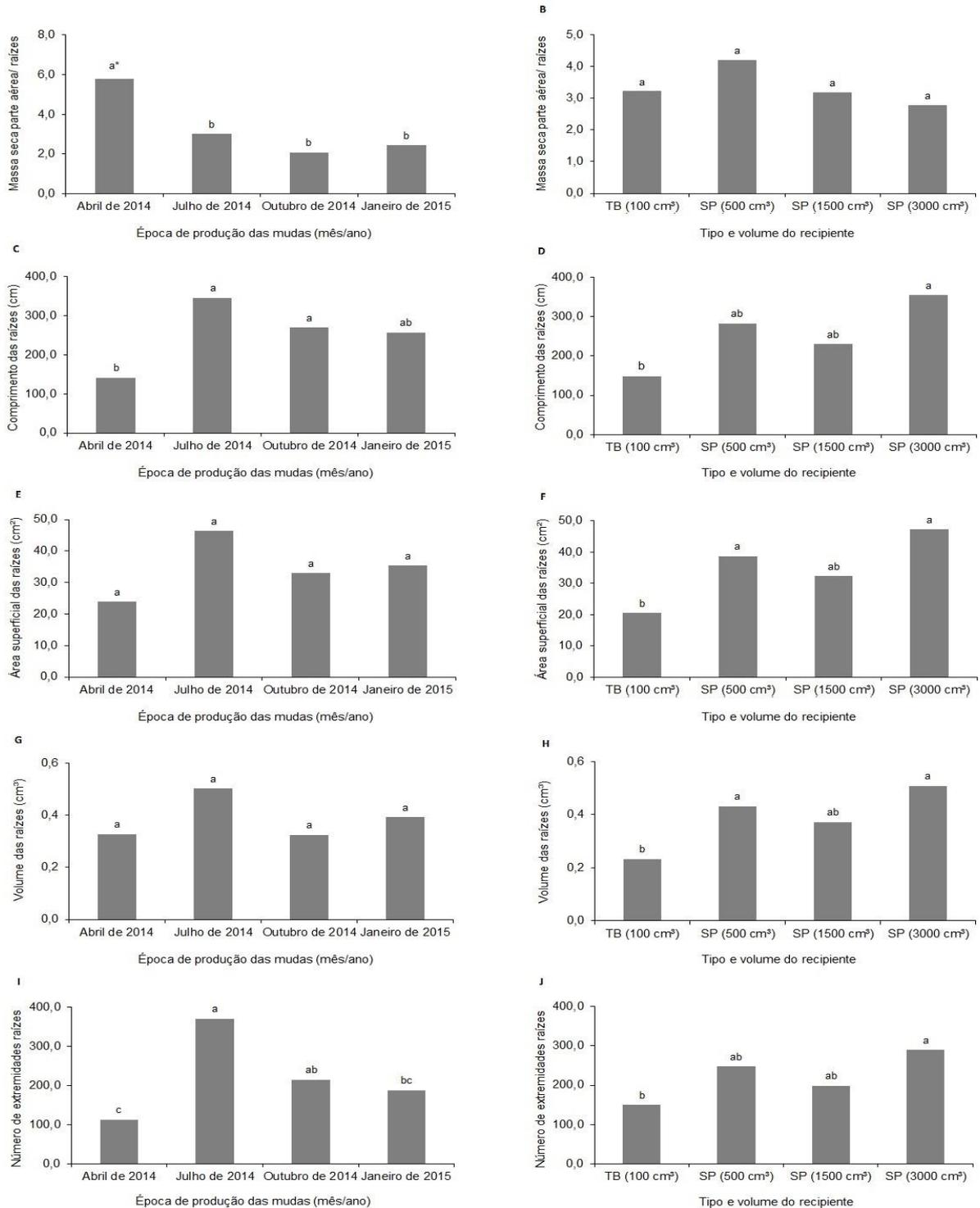
A produção de mudas no mês de julho também favoreceu o aumento do diâmetro de colo para os quatro recipientes estudados, mas sem diferir

estatisticamente das mudas de miniestacas coletadas em abril, exceto quando cultivadas nos sacos de polietileno com volume de 1500 cm³, aos 120 dias de cultivo (Figura 14B). Já os menores valores de relação H/D foram observados nas mudas de miniestacas coletadas em abril em todos os recipientes (Figura 14C). Este resultado pode ser explicado devido ao período de cultivo das mudas produzidas em abril ocorrer nos meses de julho a outubro, ou seja, em sua grande maioria, na estação do inverno. No inverno, a planta inicia o repouso vegetativo e o acúmulo de carboidratos (HAMMAN et al., 1996), o que possivelmente permitiu maior incremento em diâmetro de colo das mudas de erva-mate (Figura 14B) e conseqüentemente, menor relação H/D (Figura 14C), já que estas variáveis são inversamente proporcionais (CARNEIRO, 1995).

O maior número de folhas foi observado nas mudas de erva-mate produzidas em julho e cultivadas em sacos de polietileno com volume de 1500 cm³, sem diferir estatisticamente dos sacos de polietileno de 3000 cm³ (Figura 14D). Resultados semelhantes foram observados em mudas de angico, pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link) e angelim (*Andira fraxinifolia* Benth.), nos quais foi verificado que o tamanho do recipiente influenciou positivamente no número de folhas emitidas pelas mudas (ALVES et al., 2012; VIANA et al., 2008; CARVALHO FILHO et al., 2004).

Para a relação entre a massa seca da parte aérea e das raízes (MSPA/MSR), comprimento total, área superficial, volume total e número de extremidades das raízes, bem como para o índice de qualidade de Dickson das mudas de erva-mate, não houve interação significativa entre as épocas do ano e os recipientes ($p > 0,05$) aos 120 dias de cultivo (Figura 15). A relação MSPA/MSR foi influenciada pela época do ano, sendo que as mudas de erva-mate produzidas em abril apresentaram as maiores relações MSPA/MSR (5,8), significativamente superiores aos demais tratamentos. Entretanto, a faixa considerada ideal para que as mudas apresentem satisfatório desempenho no campo é entre 1,0 e 3,0 (WAKELEY, 1954; BARNETT, 1979). Segundo Carneiro (1995), plantas que apresentam valores de relação MSPA/MSR fora desse intervalo apresentam desfavorável balanço entre a parte aérea e o sistema radicular, podendo ter menor probabilidade de sobrevivência quando plantadas à campo. Assim, as mudas de erva-mate produzidas em julho, outubro e janeiro apresentaram média de relação MSPA/MSR dentro da faixa ideal (3,0; 2,1 e 2,4, respectivamente) (Figura 15A).

Figura 15 – Relação entre a massa seca da parte aérea e das raízes (A e B), comprimento total (C e D), área superficial (E e F), volume total (G e H) e número de extremidades (I e J) das raízes de mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia nas quatro épocas do ano (A, C, E, G e I) e em diferentes recipientes (B, D, F, H e J), aos 120 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.



*Tratamentos seguidos da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

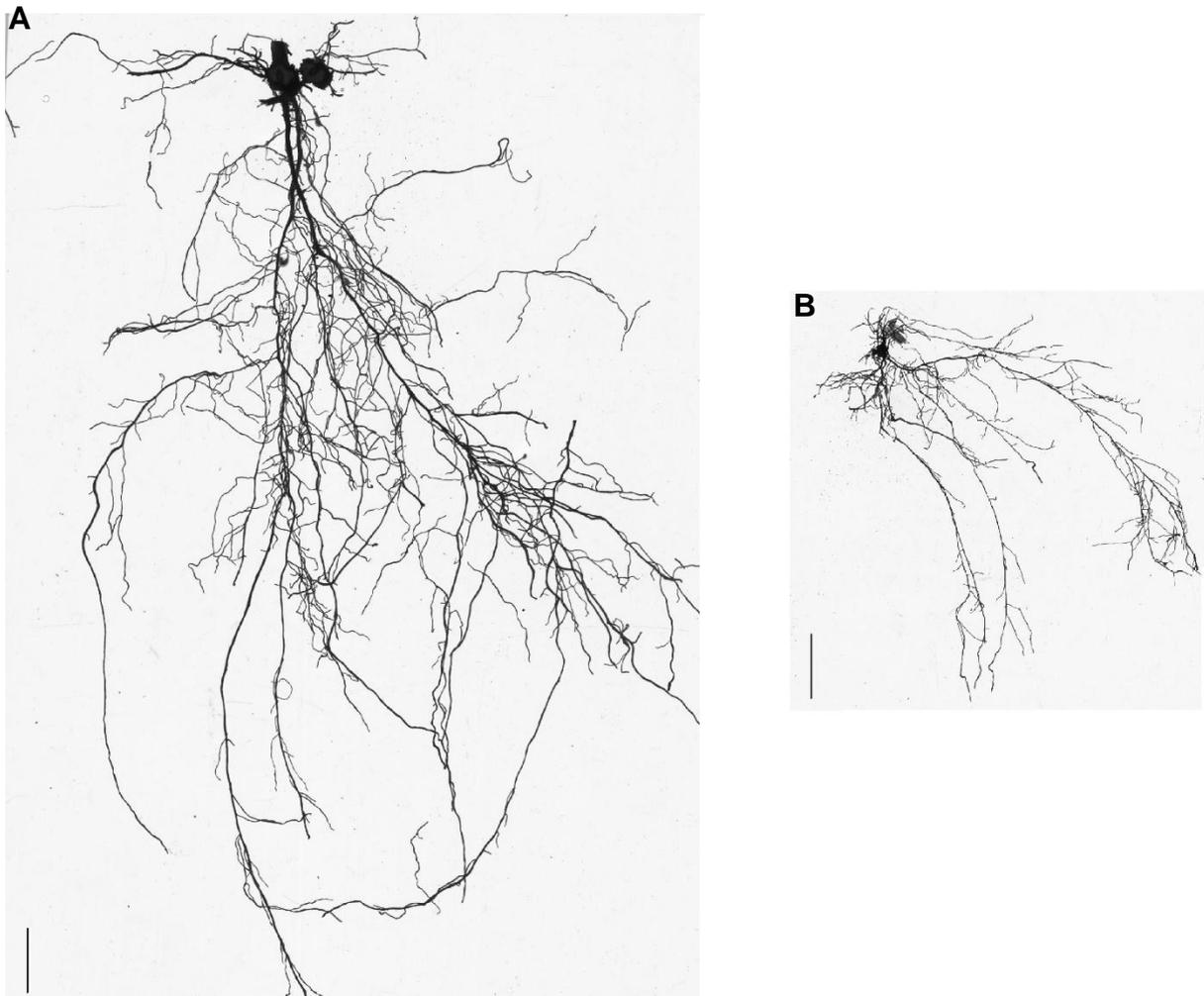
Quanto ao tipo e volume dos recipientes, não foi verificada diferenças significativas para a relação MSPA/MSR das mudas de erva-mate (Figura 15B). Lisboa et al. (2012) também verificaram ausência de resposta significativa para a relação entre a massa seca da parte aérea e das raízes das mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) cultivadas em recipientes com diferentes volumes (115, 180 e 280 cm³), o que, segundo estes autores, indica que os recipientes estudados promoveram crescimento balanceado entre a parte aérea e as raízes das mudas.

Quanto ao comprimento total das raízes, as maiores médias foram observadas nas mudas de erva-mate produzidas nos meses de julho e outubro (345,8 e 269,4 cm, respectivamente) diferindo estatisticamente das mudas produzidas em abril (141,1 cm), aos 120 dias de cultivo (Figura 15C). Além disso, a maior área superficial e volume total das raízes foram observados nas mudas de miniestacas coletadas em julho (46,3 cm² e 0,5 cm³, respectivamente), porém sem diferir estatisticamente das demais épocas do ano (Figuras 15E e 15G). Mudas produzidas em julho também apresentaram o maior número de extremidades das raízes (371,2), mas sem diferenças estatísticas das mudas de miniestacas coletadas em outubro, as quais apresentaram 215,4 extremidades nas raízes (Figura 15I). Estas respostas podem ser explicadas devido as mudas produzidas em julho apresentarem como período de cultivo os meses de outubro a janeiro (primavera e verão), ou seja, épocas do ano com temperaturas mais elevadas. Nesse período ocorre um aumento na taxa de transpiração, que por sua vez pode levar ao desenvolvimento das raízes com a finalidade de explorar camadas mais profundas e úmidas do solo, como alternativa de escape aos déficit hídricos (HSIAO; XU, 2000).

Em relação aos volume de substrato dos recipientes, verificou-se que o maior comprimento total, área superficial, volume total e número de extremidades das raízes foram observados nas mudas de erva-mate produzidas em sacos de polietileno com volume de 500, 1500 e 3000 cm³ (Figura 16A), enquanto os menores resultados foram verificados em tubetes (Figura 16B), aos 120 dias de cultivo (Figuras 15D, 15F, 15H, 15J). Este resultado pode ser explicado devido ao volume de substrato dos sacos de polietileno ser 5, 15 e 30 vezes maior que o volume dos tubetes de polietileno rígido, possibilitando maior desenvolvimento, distribuição espacial e qualidade morfo-fisiológica das raízes. Resultados similares foram verificados em mudas de híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus*

saligna Sm. produzidas por miniestaquia em tubetes de 50 cm³, as quais apresentaram restrição do sistema radicular (FREITAS et al., 2006).

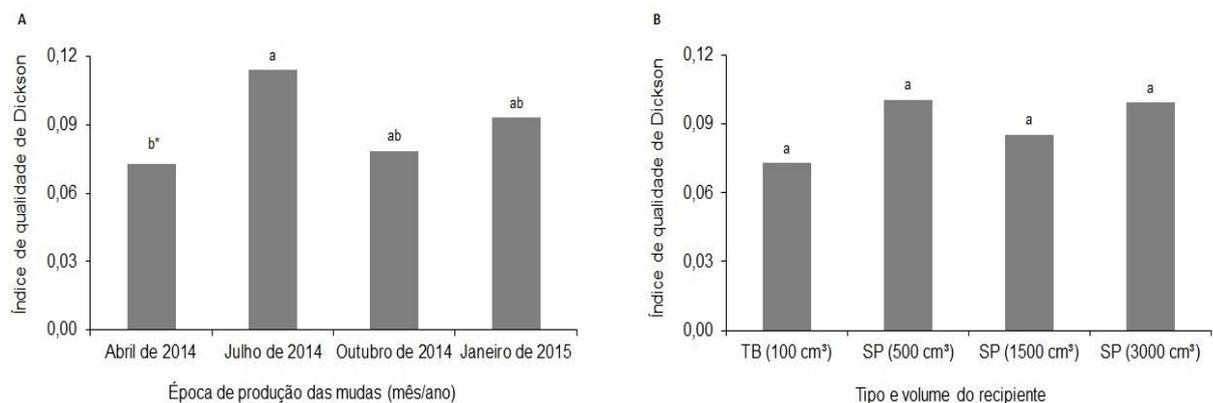
Figura 16 – Sistema radicular de mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia e cultivadas em sacos de polietileno de 1500 cm³ (A) e tubetes de polietileno rígido de 100 cm³ (B), aos 120 dias de cultivo. Barra = 1 cm.



Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD), verificou-se que houve influência significativa das épocas do ano realizada a produção das mudas ($p < 0,05$), aos 120 dias de cultivo. As melhores mudas de erva-mate foram produzidas nas épocas de julho, outubro e janeiro (Figura 17A), uma vez que, quanto maior for o valor deste índice, melhor o padrão de qualidade das mudas (GOMES et al., 2003). Já entre os diferentes recipientes não houve diferença estatística para o IQD ($p > 0,05$), sendo observado valores entre 0,07 e 0,10 (Figura 17B). Valores semelhantes deste índice foram verificados em mudas das espécies

arbóreas exóticas *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* Engelm., as quais apresentaram IQD variando de 0,01 a 0,05 e 0,01 a 0,16, respectivamente, aos 120 dias após a emergência (BINOTTO, 2007). Assim, cabe ressaltar que os valores do índice de qualidade de Dickson observados em mudas de erva-mate produzidas por miniestaqueia são satisfatórios, visto se tratar de uma espécie arbórea nativa, as quais, em sua grande maioria, apresentam crescimento mais lento quando comparadas as espécies arbóreas exóticas pertencentes aos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

Figura 17 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de erva-mate produzidas por miniestaqueia em diferentes épocas do ano (A) e cultivadas em diferentes recipientes (B), aos 120 dias de cultivo. SP= sacos de polietileno e TB= tubete de polietileno rígido.



*Tratamentos seguidos da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados deste trabalho mostram que as mudas de miniestacas coletadas em julho apresentaram maior sobrevivência, altura da parte aérea, diâmetro de colo e número de folhas, bem como maior comprimento total, área superficial, volume total e número de extremidades das raízes. Conforme os resultados observados no presente estudo, mudas de erva-mate também podem ser produzidas em janeiro e outubro. Entretanto, no mês de abril, as plantas apresentaram qualidade morfo-fisiológica inferior as demais épocas do ano, evidenciada pela menor altura da parte aérea, relação H/D, número de folhas, comprimento total e número de extremidades das raízes, assim como menor IQD. Em relação aos recipientes, os sacos de polietileno, independentemente do volume

(500, 1500 e 3000 cm³), contendo substrato comercial à base de casca de pinus e terra de subsolo (3:1 v/v), permitem a produção de mudas de erva-mate vigorosas e com qualidade morfo-fisiológica adequada para o plantio. Portanto sugere-se a utilização dos sacos de polietileno com volume de 500 cm³, os quais utilizam menor quantidade de substrato e menor área no viveiro, reduzindo os custos de produção das mudas de erva-mate por miniestaquia.

4.4 CONCLUSÃO

Mudas de erva-mate apresentam alta qualidade morfo-fisiológica quando produzidas por miniestaquia durante, pelo menos, os meses de julho a janeiro e cultivadas em sacos de polietileno com volume de 500 cm³.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJALA, M. C. et al. Efeito do volume do recipiente na produção de mudas e no crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. no Oeste Paranaense. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2039-2046, 2012.

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.

ALVES, A. S. et al. Produção de mudas de angico em diferentes tamanhos de recipientes e composições de substratos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 2, p. 39-44, 2012.

ANTONIAZZI, A. P. et al. Eficiência de recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 313-317, 2013.

ARTUR, A. G. et al. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

BARNETT, Y. P. Maturation of tree seeds. In: SYMPOSIUM ON FLOWERING AND SEED DEVELOPMENT IN TREES, 1979, Starkville. **Anais...** Starkville: USDA. Forest Service, 1979.

BARROSO, D. G. et al. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, Soropédica, v. 7, n. 1, p. 238-250, 2000.

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementation practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2003. 1039 p.

CARVALHO FILHO, J. L. et al. Produção de mudas de angelim (*Andira fraxinifolia* Benth.) em diferentes ambientes, recipientes e substratos. **Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 61-67, 2004.

CUNHA, A. O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DRANSKI, J. A. L. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-mansão em função da época de plantio e do uso de hidrogel. **Revista Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 489-498, 2013. Disponível em: < <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/10560/6401>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

FERMINO, M. H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise.** Guaíba: Agrolivros, 2014. 112p.

FREITAS, T. A. S. et al. Mudas de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 519-528, 2006.

GOMES, J. M. et al. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico-vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

GOMES, J. M. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GONZALEZ ROQUE, A. et al. Estudio sobre el comportamiento en vivero de *Pinus caribaea* var. *caribaea* cultivado en envases de polietileno de 12 dimensiones diferentes. **Revista Forestal Baracoa**, v. 18, n. 1, p. 39-51, 1988.

HAMMAN, R. A. Jr. et al. Seasonal Carbohydrate changes and cold hardiness of Chardonnay and Riesling grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 47, p. 31-36, 1996.

HARTMANN, H. T.; DALE, E. K. **Propagación de plantas**. México: Continental, 1975. 662 p.

HSIAO, T. C.; XU, L. K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 350, p. 1595-1616, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. **Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2012**. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2012_v27.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2015.

JOSÉ, A. C. et al. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

KOSTOPOULOU, P. et al. Effect of mini-plug container depth on root and shoot growth of four forest tree species during early developmental stages. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, p. 379-390, 2011.

LIMA, R. L. S. et al. Volume de recipientes e composição de substratos para produção de mudas de mamoneira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 480-486, 2006.

LISBOA, A. C. et al. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.

NICOLOSO, F. T. et al. Recipientes e substratos na produção de mudas de *Maytenus ilicifolia* e *Apuleia leiocarpa*. **Revista Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 987-992, 2000.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS - SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 10., 1985, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa-CNPQ, 1985.

QUEIROZ, J. A.; MELÉM JÚNIOR, N. J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 1, p. 460-462, 2001.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don. **Revista Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SOUZA, P. V. D. **Optimización de le produccion de plantones de cítricos en vivero: inoculación com micorrizas vesiculares arbusculares**. 1995. 201 p. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1995.

SOUZA, C. C. et al. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* S. T. Black. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 1, p. 67-77, 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0100-67622013000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 15 dez. 2015.

STENZEL, N. M. C. et al. Crescimento vegetativo de plantas cítricas no norte e noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 412-417, 2005.

TEIXEIRA, S. A. et al. Efeito de diferentes tamanhos de sacos plásticos na produção de mudas de *Triplaris americana* L. e *Jacaranda micrantha* Cham. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 765-767, 2008.

VIANA, J. S. et al. Crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. em diferentes tamanhos de recipientes. **Revista Floresta**, v. 38, n. 4, p. 663-671, 2008. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/viewFile/13161/8908>>. Acesso em: 10 out. 2015.

WAKELEY, P. C. **Planting the southern pines**. Washington: V. S. Dep. Agr., 1954. p. 18-233.

WENDLING, I. et al. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 289-292, 2007.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.

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

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a produtividade de minicepas, estudar o efeito da época do ano e do tratamento com AIB no enraizamento das miniestacas, e de verificar a influência da época do ano e do tipo e volume dos recipientes na qualidade morfo-fisiológica de mudas de erva-mate produzidas por miniestaquia. Os quatro clones de erva-mate apresentaram alta sobrevivência (100%) em minijardim clonal com sistema fechado de cultivo e diferiram quanto a produção de miniestacas por minicepa. As minicepas do clone 10SM07 produziram o maior número de miniestacas quando coletadas no verão, enquanto os clones 06SM17, 06SM15 e 06SM12 mantiveram constante produção de miniestacas por minicepa nas quatro épocas do ano. Além disso, o clone 10SM07 apresentou o menor número de miniestacas enraizadas por minicepa, o que pode estar relacionado com o grau de maturação do mesmo. Assim sugere-se a realização de estudos avaliando técnicas de rejuvenescimento, como a miniestaquia seriada, com a finalidade de minimizar o efeito da sazonalidade na produção de miniestacas e aumentar a capacidade rizogênica do clone 10SM07.

Para todos os clones de erva-mate, a coleta de miniestacas nas épocas de outono e inverno favoreceu o enraizamento e desenvolvimento do sistema radicular, não sendo necessário o tratamento com AIB para ocorrer a rizogênese nas miniestacas. Entretanto, o uso de AIB e a escolha do clone influenciam no tempo ótimo de permanência das miniestacas em câmara úmida, o qual deve ser avaliado para cada clone e em condições específicas do ambiente de enraizamento que se deseja utilizar, com a finalidade de otimizar as estruturas de propagação e, conseqüentemente, reduzir os custos de produção de mudas de erva-mate.

Considerando as diferenças genéticas observadas nesse trabalho, o clone 06SM15 mostrou alta produtividade das minicepas e maior porcentagem de enraizamento das miniestacas, resultando em até 15,5 miniestacas enraizadas por minicepa a cada coleta. Além disso, as miniestacas enraizadas de erva-mate apresentaram alta sobrevivência (85,1% aos 120 dias de cultivo), independentemente da época do ano e do recipiente, o que permitiu uma alta quantidade de mudas produzidas por minicepa do clone 06SM15 (13,2). Isso indica que o clone 06SM15 tem grande potencial para a produção massal de mudas de erva-mate por miniestaquia. Além disso, é muito relevante a realização de estudos

que visem avaliar a sobrevivência, o crescimento, a produtividade comercial e a qualidade da matéria-prima produzida pelo clone 06SM15 em condições de campo.

A qualidade das mudas de erva-mate foi diretamente influenciada pela época do ano e pelos tipos e tamanhos dos recipientes. A miniestaquia realizada nos meses de julho a janeiro permitiu a produção de plantas de erva-mate com satisfatória qualidade morfo-fisiológica, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular. De maneira geral, os sacos de polietileno com volume de 500, 1500 e 3000 cm³ permitiram a produção de mudas de erva-mate vigorosas e com qualidade adequada para o plantio, porém considerando a viabilidade econômica desta etapa, sugere-se o uso de sacos de polietileno com volume de 500 cm³. No entanto, é de grande importância a realização de estudos avaliando a influência dos diferentes recipientes utilizados na fase de viveiro, no crescimento da parte aérea e no desenvolvimento e arquitetura das raízes das plantas em condições de campo, bem como de recipientes mais adequados para a produção massal de mudas de erva-mate.

Mudas de erva-mate cultivadas em tubete de polietileno rígido (100 cm³) apresentaram inferior qualidade morfo-fisiológica quando comparadas as mudas produzidas em sacos de polietileno, independentemente da época do ano que foi realizada a miniestaquia. Entretanto, quando as plantas são cultivadas em tubetes há a necessidade de se realizar frequentes fertilizações, visto que quanto menor o recipiente, maiores serão as perdas de nutrientes do substrato por lixiviação. No presente estudo, este manejo não foi realizado no decorrer de 120 dias de cultivo, sendo que as diferenças nos parâmetros morfo-fisiológicos verificadas entre os tubetes e os demais recipientes poderão ser minimizadas mediante a realização da compensação nutricional destas mudas. Portanto, novos estudos devem ser realizados avaliando a frequência de fertilização necessária para a produção de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, J. E. Operational planting of container grown slash pine seedlings on problem sites. In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE. 1981, Savannah. **Proceedings...** New Orleans: 1982. p. 115-116.

ALCANTARA, G. B. de. et al. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622007000300005>. Acesso em: 22 nov. 2015.

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.

ALICEWEB. **Comércio Exterior**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

ALM, A. A.; SCHANTZ-HANSEN, R. Tubeling research plantings in Minnesota. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM, 1974, Denver. **Proceedings...** Washington, D.C. Government Printing Office, 1974. p. 384-387.

ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622007000300011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 22 nov.2015.

ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 101, p. 47-55, 1983.

ASSIS, T. F. et al. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 7, 1992, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal, 1992. p. 824-836.

ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por Microestaquia. In: REUNIÃO TÉCNICA DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA, 11, REUNIÃO DE SILVICULTURA CLONAL, 1, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: 1996. p. 1-9.

BASTOS, D. C. **Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**. 2006. 65 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BITENCOURT, J. et al. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbpm/v11n3/08.pdf>. Acesso em: 07 out. 2015.

BLAZICH, F. A.; HEUSER, C. W. A histological study of adventitious root initiation in mung bean cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 104, p. 63-67, 1979.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin, Springer Verlag, 1979. 188 p.

BORGES, S. R. et al. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622011000300006&script>>. Acesso em: 10 out. 2015.

BRONDANI, G. E. et al. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/agraria/article/view/9540>>. Acesso em: 22 set. 2015.

BRONDANI, G. E. et al. Micropropagation of *Eucalyptus benthamii* to form a clonal micro-garden. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 48, n. 5, p. 478-87, 2012.

CANSIAN, R. L. **Variabilidade genética e de compostos voláteis e semi-voláteis em populações nativas de *Ilex paraguariensis*. (St Hil) do Brasil, visando a conservação da espécie**. 2003. 82 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2003. 1039 p.

CARNEIRO, J. G. A.; PARVIAINEN, I. V. Comparison of production methods for containerized pine (*Pinus elliottii*) seedlings in southern Brazil. **Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja**, v. 302, p. 6-24, 1988.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CORROCHE, P. do C. et al. Avaliação de diferentes tipos de recipientes para produção de mudas de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9, 2003, Nova Prata, RS. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal, 2003.

COUTINHO, E. F. et al. **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125p. (Sistema de Produção, 16). Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/sistemas/sistema_16.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2015.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Influência da presença ou ausência de folhas no enraizamento de miniestacas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) obtidas em sistema hidropônico, **Comunicado Técnico Embrapa Florestas**, Colombo, n. 89, 2003.

CUNHA, A. C. M. C. M. da. et al. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de Eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, p. 591-599, 2009.

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. 415-21, set./dez., 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161994000300006&script=sci_arttext>. Acesso em: 22 set. 2015.

DAVIES, F. T. Jr.; HARTMANN, H. T. The physiological basis of adventitious root formation. **Acta Horticulturae**, n. 227, p. 113-120, set. 1988.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1995. p. 1-12.

DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622012000300001&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 out. 2015.

ELDRIDGE, K. G. et al. Eucalypt domestication and breeding. Oxford: Clarendon Press, 1994. p. 228-246.

FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: [s.n.], 2005. 221 p.

FERRARI, M. P. et al. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2004. 22 p. (Documentos, n.94).

FERREIRA, B. G. A. F. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Revista Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 19-31, jan./mar., 2010. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1758>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

FERRIANI, A. P. et al. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 102-109, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/363>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/172>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

FERRON, R. Erva-mate: muito mais que a árvore símbolo do RS. **Conselho em Revista**, n. 40, p. 32, 2013.

FONTANA, H. P. et al. **Estudios sobre la germinación y conservación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Cerro Azul: INTA, 1990. 14p. (Informe Técnico, 52).

FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. **Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação da erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 5 p.

FREITAS, J. A. A. et al. Goiabeiras Paluma, Pedro Sato e Cortibel 6 propagadas por miniestaquia e miniestaquia seriada. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p. 1351-1356, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782013000800002&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 jun. 2015.

GATTI, K. C. et al. Propagação vegetativa de jequitibá *Cariniana estrellensis* (RADDI) por miniestaquia. **Temas agrários**, v. 16, n. 2, p. 54-63, jul./dez. 2011.

GENEVE, R. L. Patterns of adventitious root formation in English Ivy. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 10, p. 216-220, 1991.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p. (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1).

GOMES, J. M. et al. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico-vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

GOMES, J. M. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rarv/v27n2/15930.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2015.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. de. **Viveiros florestais** (Propagação sexuada) - Série Didática. Editora UFV, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 116 p.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

GONZALEZ ROQUE, A. et al. Estudio sobre el comportamiento en vivero de *Pinus caribaea* var. *caribaea* cultivado en envases de polietileno de 12 dimensiones diferentes. **Revista Forestal Baracoa**, v. 18, n. 1, p. 39-51, 1988.

GRAÇA, M. E. C. et al. **Estaquia de erva-mate**. Curitiba: Embrapa Florestas, 1988, 6 p. (Circular técnica, 18).

GREENWOOD, M. S. Theoretical aspects of juvenility and maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Eds.). **Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species**. Bordeaux: [s.n.], 1992.

GOULART, P. B. **Influência do acondicionamento, antioxidantes, auxinas e seus cofatores no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

GULDIN, R. W. Nursery costs and benefits of container-grown southern pine seedlings. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 6, n. 2, p. 93-99, 1982.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides, 1987. p. 11-28. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

HAISSIG, B. E. Carbohydrate and amino acid concentrations during adventitious root primordium development in *Pinus banksiana* Lamb. cuttings. **Forest Science**, n. 28, p. 813-821, 1982.

HARRIS, H. G. Bare root versus containerized seedlings: a comparison of production problems and methods. In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE. 1981: Savannah. **Proceedings...** New Orleans: 1982. p. 77-80.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Propagacion de plantas, principios e prácticas**. 5. ed. México: Cia. Editorial Continental, 1976. 810 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Propagacion de plantas: principios y practicas**. 4. ed. México: Continental, 1990. 760 p.

HARTMANN, H. T et al. **Plant propagacion: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HERNANDEZ, W. et al. Propagação vegetativa do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (MART.) MACBR.) por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 813-823, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48824773003>>. Acesso em: 30 set. 2015.

HERNANDEZ, W. et al. Propagação vegetativa do Jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622013000500018>. Acesso em: 25 ago. 2015.

HIGASHI, E. N. et al. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. **Circular Técnica - IPEF**, n. 192, 2000.

HIGASHI, E. N. et al. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica - IPEF**, n. 194, 2002.

HINOJOSA, G. F. Auxinas. In: CID, L. P. B. (Ed.) **Introdução aos hormônios vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. p. 15-53.

HORBACH, M. A. **Propagação *in vitro* e *ex vitro* de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire - Aquifoliaceae)**. 2008. 52 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

HUANG, L. C. et al. Rejuvenation of trees and other perennials for restoration of plant regeneration competence. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos em plantas**. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPQ, 1990. p. 252-264.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. **Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2009**. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2009_v24.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. **Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2010**. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2010_v25.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. **Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2011**. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2011_v26.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. **Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2012**. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2012_v27.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. **Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2013**. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2013_v28.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2015.

IKEMORI, Y. K. **Resultados preliminares sobre enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp.** Aracruz: 1975. p. 12 (Informativo Técnico Aracruz, 1).

IVANCHECHEN, S. L. **Estudo morfológico e terminológico do tronco e casca de 30 espécies arbóreas em floresta ombrófila mista**. 1988. 221 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

KUNIYOSHI, Y. S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com *Araucaria***. 1983. 233 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

- LIMA, R. L. S. et al. Volume de recipientes e composição de substratos para produção de mudas de mamoneira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 480-486, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1413-70542006000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 ago. 2015.
- LINHARES, T. **Paraná Vivo**. Curitiba, Imprensa Oficial, 2000, 320 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2008. v. 1, 384 p.
- 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**, Colombo, n. 34, p. 75-98, jan./jun. 1997.
- MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-Mate do Paraná, 2000. p. 43-69.
- MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2006. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1883/0>>. Acesso em: 10 jul. 2015.
- MARTINS, W. A. et al. Estaquia e concentração de reguladores vegetais no enraizamento de *Campomanesia adamantium*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 58-64, 2015.
- MATTEI, V. L. Deformações radiculares em plantas de *Pinus taeda* L. produzidas em tubetes, quando comparadas com plantas originadas por semeadura direta. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 9-21, 1994.
- MAZUCHOWSKI, J. Z.; RUCKER, N. G. de A. **Erva-Mate - Prospecção tecnológica da Cadeia Produtiva**. Documento Executivo. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Departamento de Economia Rural, 27 p., 1997.
- MELO, I. B. **Mapeamento da cadeia produtiva da erva-mate no município de Machadinho: Desafios e Propostas**. 2010. 48 p. Monografia (Especialização em Gestão do Agronegócio) – Universidade do Vale dos Sinos, Novo Hamburgo, 2010.
- MEDEIROS, A. C. de S.; SILVA, L. C. da. Efeitos da secagem na viabilidade das sementes de *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50., 1999, Blumenau. **Anais....** Blumenau: Sociedade Botânica do Brasil: Universidade Regional de Blumenau, 1999.

MONTOYA, L. J. V. **Caracterizacion y evaluacion economica del sistema agroflorestal yerba mate em el sur de Brasil: un enfoque financeiro, de optimizacion y de risco**. 1999, 140 p. Tese (Doctor en Ciencias) – Colegio de Posgraduados, Institucion de Ensenanza e Investigacion en cienciasagrícolas, Instituto de Socioeconomia Estadística e Informática, 1999.

MORGADO, I. F. et al. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 27-35, 2000.

MOSIMANN, A. L. P. et al. Aqueuos extract of *Ilex paraguariensis* attenuates the progression of atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. **BioFactors**, v. 26, p. 59-70, 2006.

NESMITH, D. S.; DUVAL, J. R. The effect of container size. **HortTechnology**, v. 8, n. 4, p. 495-498, 1998.

NEVES, J. C. L et al. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS - SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 10., 1985, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa-CNPq, 1985.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Botucatu: Unesp/Funep, 1996. 83 p.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 40 p. (Boletim, 322).

PARVIAINEN, I. V.; TERVO, L. A new approach for production of containerized coniferous seedlings using peat sheets coupled with root pruning. **Forestry Supplement**, v. 62, p. 87-94, 1989.

PIRES, P. P. et al. Miniestaquia de erva-mate em relação a matrizes com diferentes idades. In: CONGRESSO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 5, 2011, Posadas. **Anais...** Posadas: Instituto Nacional de la Yerba Mate, 2011.

PITA JÚNIOR, J. L. **Propagação do rambutanzeiro (*Nephelium lappaceum* L.)**. 2010. 37 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

PRAT KRICUN, S. D. **Yerba mate: técnicas actualizadas de cultivo**. Missiones: E. E. A. Cerro Azul, 1993. 14 p.

REMADE. Revista da Madeira. **Melhoramento genético para a qualidade da madeira**, São Paulo, n. 75, ago. 2003. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=403&subject=Melhoramento Genético&title=Melhoramento genético para a qualidade da madeira#](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=403&subject=Melhoramento%20Gen%C3%A9tico&title=Melhoramento%20gen%C3%A9tico%20para%20a%20qualidade%20da%20madeira#)>. Acesso em: 2 ago. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Nº 7.439, de 8 de dezembro de 1980. Institui a Erva-Mate "*Ilex Paraquariensis*" como a Árvore Símbolo do Rio Grande do Sul.

Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 8 dez. 1980. Disponível em <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXT0&Hid_TodasNormas=25602&hTexto=&Hid_IDNorma=25602>. Acesso em 05 out. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Nº 11.929, de 20 de junho de 2003. Institui o churrasco como "prato típico" e o chimarrão como "bebida símbolo" do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. **Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS, 23 de jun. de 2003. Disponível em <www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/11.929.pdf >. Acesso em 05 out. 2015.

ROSSA, U. B. **Produtividade de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sob efeito de variação de luminosidade e adubação**. 2013, 208 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SANTOS, G. A. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestaquia**. 2002, 75 p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SANTOS, S. R. F. **Multiplicação de genótipos de erva-mate pelo processo de estaquia**. 2011, 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

SILANDER, V. Zanzibar forest tree nurseries. Report and Guidelines. **Metsantutkimuslaitoksen Tiedonantoja**, v. 127, p. 1-52, 1984.

SINDIMATE. **Dados estatísticos**. Unidade de Estudos econômicos. Porto Alegre-RS, 2013. Disponível em: <<http://www.sindimaters.com.br/pagina.php?cont=estatisticas.php&sel=9>>. Acesso em: 25 nov.2015.

STURION, J. A. **Produção de mudas e implantação de povoamentos com erva mate**. Circular Técnica, EMBRAPA-CNPf, Curitiba, n. 17, 1988.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. Programa de melhoramento genético da erva-mate no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da Embrapa. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIAO TECNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1997.

STURION, J. A. et al. **Métodos de produção de sementes melhoradas de erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas – CNPF, 1999, 17 p. (Circular Técnica, 34).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TITON, M. **Propagação clonal de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia e microestaquia**. 2001. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

TITON, M. et al. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 619-625, 2003.

UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Alimentus** - Alimentos e Novas Tecnologias na Ufrgs. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/mpoutro/ervamate/mporegio.htm>>. Acesso em: 23 out. 2015.

ULIANA, M. B. **Substratos e fertirrigação na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan e *Cedrela odorata* L.** 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.

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

WENDLING, I. et al. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 187-192, 2000.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa**. I semana do estudante universitário: Embrapa, 2003.

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

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

WENDLING, I. et al. **Técnicas de produção de mudas de plantas ornamentais**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, v. 3, 223 p., 2005.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p. 921-930, 2005.

WENDLING, I. et al. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 289-292, 2007.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto Colombo: **Embrapa Florestas**, 2010. cap. 2, p. 50-80.

WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. Embrapa, Brasília, DF, 2015. 195 p.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.

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

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. Clonagem de espécies florestais nativas. In ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Minas Gerais, Instituto Estadual de Florestas, 2002, 171 p.

XAVIER, A. et al. Propagação Vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.

ZAMPIER, A. C. **Avaliação dos níveis dos nutrientes, cafeína e taninos em erva-mate após adubação mineral e orgânica e sua relação com a produtividade na erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 2001. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A1 – Resumo da análise de variância para o número de miniestacas por minicepa de clones de erva-mate coletadas em diferentes épocas do ano.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	11034.4345	3678.1448	3.3553 *
Clones	3	46557.4839	15519.1613	4.1568 **
Épocas do ano x Clones	9	23445.5369	2605.0597	2.3764 *
Tratamentos	15	81037.4553	5402.4970	
Resíduo	107	117297.0667	1096.2343	

APÊNDICE A2 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de sobrevivência das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	21608.7658	7202.9219	66.9865 **
Clones	3	638.7526	212.9175	1.9801 NS
Concentrações AIB	1	154.2610	154.2610	1.4346 NS
Épocas X Clones	9	4071.8399	452.4267	4.2075 **
Épocas X AIB	3	617.3705	205.7902	1.9138 NS
Clones X AIB	3	240.0548	80.0183	0.7442 NS
Épocas X Clones X AIB	9	1164.8084	129.4232	1.2036 NS
Tratamentos	31	28495.8530	919.2211	
Resíduo	288	30968.0344	107.5279	

APÊNDICE A3 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de enraizamento das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	200.5137	66.8379	6.4312 **
Clones	3	262.0879	87.3626	8.4061 **
Concentrações AIB	1	309.1748	309.1748	29.7492 **
Épocas X Clones	9	660.5942	73.3994	7.0626 **
Épocas X AIB	3	212.5370	67.5123	0.6095 NS
Épocas X AIB	3	264.8122	64.9374	0.2861 NS
Épocas X Clones X AIB	9	271.3199	51.2578	0.9699 NS
Tratamentos	31	2081.0398	67.1303	
Resíduo	288	2993.0994	10.3927	

APÊNDICE A4 – Resumo da análise de variância para o número de raízes formadas nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	1.0799	0.3600	2.3242 NS
Clones	3	1.8465	0.6155	3.9741 *
Concentrações AIB	1	2.0953	2.0953	13.5292 **
Épocas X Clones	9	1.2600	0.5267	1.8020 NS
Épocas X AIB	3	1.2640	0.4213	2.7205 NS
Épocas X AIB	3	0.9068	0.3023	1.9518 NS
Épocas X Clones X AIB	9	0.6055	0.0673	0.4344 NS
Tratamentos	31	10.4799	0.3381	
Resíduo	19	2.9426	0.1549	

APÊNDICE A5 – Resumo da análise de variância para o comprimento das raízes formadas nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	0.1251	0.0417	2.5519 NS
Clones	3	0.2586	0.0862	5.2751 **
Concentrações AIB	1	0.2884	0.2884	17.6529 **
Épocas X Clones	9	0.4171	0.0463	2.8363 *
Épocas X AIB	3	0.8617	0.0539	0.2988 NS
Clones X AIB	3	0.9672	0.0557	0.4110 NS
Épocas X Clones X AIB	9	0.0907	0.0101	0.6170 NS
Tratamentos	31	1.5089	0.0487	
Resíduo	19	0.3105	0.0163	

APÊNDICE A6 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de calogênese nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	29539.3253	9846.4418	91.9488 **
Clones	3	1122.7624	374.2541	3.4949 *
Concentrações AIB	1	474.4720	474.4720	4.4308 *
Épocas X Clones	9	7126.4006	791.8223	7.3943 **
Épocas X AIB	3	682.8846	227.6282	2.1257 NS
Clones X AIB	3	321.9108	107.3036	1.0020 NS
Épocas X Clones X AIB	9	1122.7017	124.7446	1.1649 NS
Tratamentos	31	40390.4573	1302.9180	
Resíduo	288	30840.8090	107.0861	

APÊNDICE A7 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de sobrevivência das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	40449.2908	13483.0969	100.1663 **
Clones	3	965.9417	321.9806	2.3920 NS
Concentrações AIB	1	0.6164	0.6164	0.0046 NS
Épocas X Clones	9	4898.8821	544.3202	4.0438 **
Épocas X AIB	3	239.1340	79.7113	0.5922 NS
Clones X AIB	3	33.4030	11.1343	0.0827 NS
Épocas X Clones X AIB	9	2230.7898	247.8655	1.8414 NS
Tratamentos	31	48818.0578	1574.7761	
Resíduo	288	38766.8332	134.6071	

APÊNDICE A8 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de enraizamento das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	19578.4298	6526.1433	52.2297 **
Clones	3	28324.7422	9441.5807	75.5623 **
Concentrações AIB	1	84.6725	84.6725	0.6776 NS
Épocas X Clones	9	10908.8765	1212.0974	9.7006 **
Épocas X AIB	3	553.5625	184.5208	1.4767 NS
Clones X AIB	3	162.7583	54.2528	0.4342 NS
Épocas X Clones X AIB	9	869.3680	96.5964	0.7731 NS
Tratamentos	31	60482.4099	1951.0455	
Resíduo	288	35985.8539	124.9509	

APÊNDICE A9 – Resumo da análise de variância para o número de raízes formadas nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	0.1236	0.0412	0.5340 NS
Clones	3	13.5995	4.5332	58.7685 **
Concentrações AIB	1	0.0001	0.0001	0.0007 NS
Épocas X Clones	9	2.6549	0.2950	3.8243 **
Épocas X AIB	3	0.0184	0.0061	0.0793 NS
Clones X AIB	3	0.1255	0.0418	0.5425 NS
Épocas X Clones X AIB	9	1.0640	0.1182	1.5326 NS
Tratamentos	31	17.5859	0.5673	
Resíduo	208	16.0443	0.0771	

APÊNDICE A10 – Resumo da análise de variância para o comprimento das raízes formadas nas miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	0.7308	0.2436	8.9431 **
Clones	3	2.2980	0.7660	28.1222 **
Concentrações AIB	1	0.0885	0.0885	3.2488 NS
Épocas X Clones	9	0.4171	0.0463	2.8363 *
Épocas X AIB	3	0.0550	0.0183	0.6728 NS
Clones X AIB	3	0.0496	0.0165	0.6075 NS
Épocas X Clones X AIB	9	0.1395	0.0155	0.5692 NS
Tratamentos	31	3.7876	0.1222	
Resíduo	208	5.6656	0.0272	

APÊNDICE A11 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de calogênese das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e coletadas em diferentes épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas do ano	3	39452.2452	13150.7484	108.6505 **
Clones	3	1361.3378	453.7793	3.7491 *
Concentrações AIB	1	4.7071	4.7071	0.0389 NS
Épocas X Clones	9	5433.7683	603.7520	4.9882 **
Épocas X AIB	3	66.4631	22.1544	0.1830 NS
Clones X AIB	3	391.9646	130.6549	1.0795 NS
Épocas X Clones X AIB	9	1575.8792	175.0977	1.4466 NS
Tratamentos	31	48286.3654	1557.6247	
Resíduo	288	34858.6916	121.0371	

APÊNDICE A12 – Resumo da análise de variância para o número de miniestacas enraizadas de clones de erva-mate em diferentes épocas do ano, independentemente do tratamento com ácido indolbutírico (AIB), aos 60 dias de cultivo.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Épocas	3	98.4541	32.8180	14.6513 **
Clones	3	25.8150	8.6050	3.8416 *
Épocas x Clones	9	28.7205	3.1912	1.4247 NS
Tratamentos	15	152.9897	10.1993	
Resíduo	112	250.8727	2.2399	

APÊNDICE A13 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de enraizamento das miniestacas de clones de erva-mate tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e avaliadas em diferentes tempos de cultivo.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clones	3	44181.6725	14727.2242	83.3715 **
Concentrações AIB	1	10660.9491	10660.9491	60.3521 **
Tempos	11	57076.5624	5188.7784	29.3739 **
Clones X AIB	3	14984.4554	4994.8185	28.2759 **
Clones X Tempos	27	16517.3289	611.7529	3.4632 **
AIB X Tempos	11	473.9867	43.0897	4.2439 **
Clones X AIB X Tempos	27	2804.5186	103.8711	2.5880 **
Tratamentos	95	163827.7850	1724.5030	
Resíduo	720	127184.9761	176.6458	

APÊNDICE B1 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	350.4550	116.8183	0.8245 NS
Épocas	3	529.5575	176.5192	1.2459 NS
Recipientes x Épocas	9	727.7154	80.8573	0.5707 NS
Tratamentos	15	1607.7278	107.1819	
Resíduo	64	9067.5068	141.6798	

APÊNDICE B2 – Resumo da análise de variância para porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	1070.0644	356.6881	1.3183 NS
Épocas	3	1272.6234	424.2078	1.5678 NS
Recipientes x Épocas	9	1933.2294	214.8033	0.7939 NS
Tratamentos	15	4275.9172	285.0611	
Resíduo	64	17316.7204	270.5738	

APÊNDICE B3 – Resumo da análise de variância para porcentagem de sobrevivência das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	1445.8089	481.9363	3.9636 *
Épocas	3	1697.8675	565.9558	4.6546 **
Recipientes x Épocas	9	6536.4012	726.2668	5.9731 **
Tratamentos	15	9680.0776	645.3385	
Resíduo	64	7781.7665	121.5901	

APÊNDICE B4 – Resumo da análise de variância para porcentagem de sobrevivência de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	472.2903	157.4301	1.2204 NS
Épocas	3	1933.4109	644.4703	4.9959 **
Recipientes x Épocas	9	6067.8340	674.2038	5.2264 **
Tratamentos	15	8473.5352	564.9023	
Resíduo	64	8255.9722	128.9996	

APÊNDICE B5 – Resumo da análise de variância para a altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.3954	0.1318	3.5758 *
Épocas	3	4.1323	1.3774	37.3670 **
Recipientes x Épocas	9	0.2791	0.0310	0.8413 NS
Tratamentos	15	4.8069	0.3205	
Resíduo	64	2.3592	0.0369	

APÊNDICE B6 – Resumo da análise de variância para a altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	3.5751	1.1917	12.0486 **
Épocas	3	18.6150	6.2050	62.7352 **
Recipientes x Épocas	9	1.5994	0.1777	1.7968 NS
Tratamentos	15	23.7895	1.5860	
Resíduo	64	6.3301	0.0989	

APÊNDICE B7 – Resumo da análise de variância para altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	6.7480	2.2493	25.0000 **
Épocas	3	22.2553	7.4184	82.4510 **
Recipientes x Épocas	9	1.7342	0.6927	0.2416 NS
Tratamentos	15	30.7375	2.0492	
Resíduo	64	5.7583	0.0900	

APÊNDICE B8 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.0718	0.0239	0.8788 NS
Épocas	3	1.6444	0.5481	20.1165 **
Recipientes x Épocas	9	0.2006	0.0223	0.8179 NS
Tratamentos	15	1.9169	0.1278	
Resíduo	64	1.7439	0.0272	

APÊNDICE B9 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.2797	0.0932	1.3961 NS
Épocas	3	0.9104	0.3035	4.5442 **
Recipientes x Épocas	9	0.3397	0.0377	0.5652 NS
Tratamentos	15	1.5298	0.1020	
Resíduo	64	4.2740	0.0668	

APÊNDICE B10 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.1796	0.0599	1.5851 NS
Épocas	3	1.4088	0.4696	12.4358 **
Recipientes x Épocas	9	0.6699	0.0744	1.9713 NS
Tratamentos	15	2.2583	0.1506	
Resíduo	64	2.4167	0.0378	

APÊNDICE B11 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.2425	0.0808	1.3187 NS
Épocas	3	9.4816	3.1605	51.5526 **
Recipientes x Épocas	9	0.8685	0.0965	1.5741 NS
Tratamentos	15	10.5926	0.7062	
Resíduo	64	3.9236	0.0613	

APÊNDICE B12 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	9.2676	3.0892	11.0178 **
Épocas	3	48.8989	16.2996	58.1334 **
Recipientes x Épocas	9	1.6906	0.6323	0.2551 NS
Tratamentos	15	63.8571	4.2571	
Resíduo	64	17.9445	0.2804	

APÊNDICE B13 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	14.2329	4.7443	12.7402 **
Épocas	3	67.5723	22.5241	60.4855 **
Recipientes x Épocas	9	4.5363	0.5040	1.3535 NS
Tratamentos	15	86.3414	5.7561	
Resíduo	64	23.8329	0.3724	

APÊNDICE B14 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 30 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	2.2151	0.7384	3.7811 *
Épocas	3	7.8369	2.6123	13.3773 **
Recipientes x Épocas	9	2.7339	0.3038	1.5556 NS
Tratamentos	15	12.7860	0.8524	
Resíduo	64	12.4978	0.1953	

APÊNDICE B15 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 60 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	2.0328	0.6776	5.1171 **
Épocas	3	18.6618	6.2206	46.9771 **
Recipientes x Épocas	9	1.2391	0.1155	1.1375 NS
Tratamentos	15	24.4337	1.6289	
Resíduo	64	8.4747	0.1324	

APÊNDICE B16 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 90 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	5.1046	1.7015	22.7550 **
Épocas	3	19.8713	6.6238	88.5807 **
Recipientes x Épocas	9	1.3018	0.1446	1.9344 NS
Tratamentos	15	26.2777	1.7518	
Resíduo	64	4.7857	0.0748	

APÊNDICE B17 – Resumo da análise de variância para a altura da parte aérea das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	10.2553	3.4184	49.7440 **
Épocas	3	19.2204	6.4068	93.2300 **
Recipientes x Épocas	9	1.5234	0.1693	2.4631 *
Tratamentos	15	30.9991	2.0666	
Resíduo	64	4.3981	0.0687	

APÊNDICE B18 – Resumo da análise de variância para o diâmetro de colo de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.0988	0.0329	1.8063 NS
Épocas	3	0.9736	0.3245	17.8050 **
Recipientes x Épocas	9	0.5002	0.0556	3.0491 **
Tratamentos	15	1.5725	0.1048	
Resíduo	64	1.1665	0.0182	

APÊNDICE B19 – Resumo da análise de variância para a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	27.8039	9.2680	33.4727 **
Épocas	3	66.4969	22.1656	80.0546 **
Recipientes x Épocas	9	0.9688	0.0552	2.9940 *
Tratamentos	15	99.2696	6.6180	
Resíduo	64	17.7204	0.2769	

APÊNDICE B20 – Resumo da análise de variância para o número de folhas em mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	8.3228	2.7743	51.7951 **
Épocas	3	17.0207	5.6736	105.9252 **
Recipientes x Épocas	9	2.7149	0.3017	5.6320 **
Tratamentos	15	28.0584	1.8706	
Resíduo	64	3.4280	0.0536	

APÊNDICE B21 – Resumo da análise de variância para a relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	26.3379	8.7793	0.4816 NS
Épocas	3	305.2372	101.7457	5.5808 **
Recipientes x Épocas	9	307.2522	34.1391	1.8726 NS
Tratamentos	15	638.8273	42.5885	
Resíduo	144	2625.3012	18.2313	

APÊNDICE B22 – Resumo da análise de variância para o comprimento total das raízes das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	744.0358	248.0119	5.6992 **
Épocas	3	577.0514	192.3505	4.4201 **
Recipientes x Épocas	9	205.1919	22.7991	0.5239 NS
Tratamentos	15	1526.2790	101.7519	
Resíduo	144	6266.4858	43.5173	

APÊNDICE B23 – Resumo da análise de variância para a área superficial das raízes de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	94.0711	31.3570	5.5544 **
Épocas	3	37.5677	12.5226	2.2182 NS
Recipientes x Épocas	9	26.7509	2.9723	0.5265 NS
Tratamentos	15	158.3897	10.5593	
Resíduo	144	812.9497	5.6455	

APÊNDICE B24 – Resumo da análise de variância para o volume total das raízes de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.7869	0.2623	5.1584 **
Épocas	3	0.2280	0.0760	1.4946 NS
Recipientes x Épocas	9	0.2594	0.0288	0.5668 NS
Tratamentos	15	1.2742	0.0849	
Resíduo	144	7.3222	0.0508	

APÊNDICE B25 – Resumo da análise de variância para o número de extremidades das raízes de mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	352.2832	117.4277	3.3484 *
Épocas	3	1033.5701	344.5234	9.8238 **
Recipientes x Épocas	9	231.8630	25.7626	0.7346 NS
Tratamentos	15	1617.7162	107.8477	
Resíduo	144	5050.1004	35.0701	

APÊNDICE B26 – Resumo da análise de variância para o índice de qualidade de Dickson das mudas de erva-mate cultivadas em diferentes recipientes nas épocas do ano, aos 120 dias de avaliação.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Recipientes	3	0.0203	0.0068	1.4685 NS
Épocas	3	0.0406	0.0135	2.9444 *
Recipientes x Épocas	9	0.0618	0.0069	1.4929 NS
Tratamentos	15	0.1226	0.0082	
Resíduo	144	0.6620	0.0046	