



FAMV - Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
PPGAgro - Agronomia

**VARIABILIDADE FENOTÍPICA E POTENCIAL DE
ENRAIZAMENTO POR ESTAQUIA DE GENÓTIPOS
DE ERVA-MATE *CAMBONA 4***

VALESCA FRANCIELE JOANA MELLO HETTWER

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2013.



FAMV - Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
PPGAgro - Agronomia

**VARIABILIDADE FENOTÍPICA E POTENCIAL DE
ENRAIZAMENTO POR ESTAQUIA DE GENÓTIPOS
DE ERVA-MATE *CAMBONA 4***

VALESCA FRANCIELE JOANA MELLO HETTWER

ORIENTADOR: Prof. Dr. ALEXANDRE AUGUSTO NIENOW

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2013.



FAMV - Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
PPGAgro - Agronomia

ppgAgro

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

"Variabilidade fenotípica e potencial de enraizamento por
estaquia de genótipos de erva-mate Cambona 4"

Elaborada por

Valesca Franciele Joana Mello Hettwer

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Área de Produção Vegetal

Aprovada em: 21/03/2013
Pela Comissão Examinadora


Dr. Alexandre Augusto Nienow
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador


Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia


Dr. Claudimar Sitrini Fior
UFRGS


Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV


Dra. Tanea Maria Bisognin Garlet
UFSM

CIP – Catalogação na Publicação

- H591v Hettwer, Valesca Franciele Joana Mello
Variabilidade fenotípica e potencial de enraizamento por
estaquia de genótipos de erva-mate *Cambona 4* / Valesca
Franciele Joana Mello Hettwer. – 2013.
99 f.: il. color. ; 25 cm.
- Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto Nienow.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de
Passo Fundo, 2013.
1. Erva-mate - Propagação. 2. Propagação por estaquia. 3.
Erva-mate – Melhoramento genético. I. Nienow, Alexandre
Augusto, orientador. II. Título.

CDU : 631.53

Catalogação: bibliotecária Fernanda Spíndola - CRB 10/2122

Dedico....

Aos meus pais Egon Hettwer e Vera Mello Hettwer, e
minhas irmãs Patrícia e Michele, pelos
exemplos de vida e de conquistas.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida. Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização.

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UPF, através do programa de Pós-Graduação em Agronomia, que possibilitou a realização deste curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores e funcionários do PPGAgro, pela amizade.

Ao professor Dr. Alexandre Augusto Nienow, pela orientação, incentivo, dedicação, profissionalismo e amizade demonstrada ao longo de todo o curso.

À Associação dos Produtores de Erva-mate (Apromate), nas pessoas do Sr. Altair Rufftato e Sra. Selia Regina Felizari, pelo apoio ao projeto de pesquisa.

Ao amigo e colega mestrando Eng. Agr. Lucas Zerbielli, pela amizade, ajuda e colaboração na realização desse trabalho.

Ao acadêmico de Agronomia da UPF e bolsista Fapergs Ronaldo Jacobs, pela disposição e auxílio no presente trabalho.

À colega Maíra Filter (*in memorian*), pela disposição em auxiliar no trabalho.

Aos meus pais, pela educação base para minha vida e apoio nos meus estudos.

A Deus, pela vida, saúde, força e oportunidade de poder estudar e contribuir com o conhecimento científico.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 Histórico da erva-mate	8
2.2 Importância econômica, social, ambiental e medicinal da erva- mate.....	9
2.3 Área de ocorrência natural da erva-mate.....	12
2.4 Taxonomia e descrição botânica.....	14
2.5 Solo e clima.....	15
2.6 Erva-mate <i>Cambona 4</i>	16
2.7 Propagação por semente.....	17
2.8 Propagação vegetativa.....	18
2.8.1 Estaquia.....	20
2.8.1.1 Aspectos endógenos do enraizamento.....	21
2.8.1.2 Aspectos exógenos do enraizamento.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 Estudo 1 - Variabilidade fenotípica da erva-mate <i>Cambona 4</i> propagada por sementes.....	33
3.2 Estudo 2 - Variabilidade no enraizamento de estacas de genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> propagados por sementes.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Estudo 1 - Variabilidade fenotípica da erva-mate <i>Cambona 4</i> propagada por sementes.....	44
4.2 Estudo 2 - Variabilidade no enraizamento de estacas de genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> propagados por sementes.....	63
5 CONCLUSÃO	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	88

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Comprimento, largura e área foliar de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	46
2	Massa fresca e seca de folhas, e número de folhas, distância entre folhas e número por metro linear do ramo, de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	50
3	Índice Falker de Clorofila (IFC) a, b e total de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	55
4	Medidas de dissimilaridade obtidas a partir da distância euclidiana média entre pares de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	59
5	Contribuição relativa dos caracteres para divergência Singh (1981) entre 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	60
6	Coeficiente de correlação de Pearson entre as características fenotípicas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	60
7	Porcentagem de sobrevivência das estacas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , sem ácido indolbutírico (AIB) no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012.....	65

8	Porcentagem de sobrevivência das estacas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , com 6.000 mg L ⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012.....	66
9	Porcentagem de sobrevivência, retenção foliar e brotação das estacas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , sem e com o uso de 6.000 mg L ⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), 90 dias após a estaquia. FAMV, Passo Fundo, RS, 2012.....	67
10	Porcentagem de retenção de folhas nas estacas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , sem ácido indolbutírico (AIB), no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012.....	72
11	Porcentagem de retenção de folhas nas estacas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012.....	73
12	Porcentagem de estacas enraizadas e com calo de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , com e sem o uso de 6.000 mg L ⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), 90 dias após a estaquia. FAMV, Passo Fundo, RS, 2012.....	77
13	Porcentagem de enraizamento depois de refeita a estaquia, pelo período de abril a outubro de 2012, das estacas vivas não enraizadas e das que tiveram as raízes eliminadas para avaliação. Passo Fundo, RS, 2012.....	83
14	Comprimento da maior raiz e massa fresca de raízes de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , com e sem o uso de 6.000 mg L ⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB). FAMV, Passo Fundo, RS, 2012.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Genótipos de 1 a 6 de erva-mate <i>Cambona 4</i> selecionados em Machadinho, RS, 2012.....	34
2	Genótipos 7 a 14 de erva-mate <i>Cambona 4</i> selecionados em Machadinho, RS, 2012.....	35
3	Aspecto do erval de <i>Cambona 4</i> após submetido à poda drástica, iniciando a emissão das novas brotações (A) e com a copa novamente formada (B). Machadinho, RS, 2012.....	36
4	Medidor da área foliar (A) e clorofilômetro (B) utilizados na caracterização das folhas dos genótipos de <i>Cambona 4</i> em um erval em Machadinho, RS.....	38
5	Estufa com nebulização intermitente onde foi realizado o experimento (A); estacas padronizadas com duas meias folhas (B); bandejas com casca de arroz + vermiculita (C); vista da estaquia implantada (D). Passo Fundo, RS, 2012.....	43
6	Variação fenotípica das folhas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	45
7	Comprimento da folha de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	47

8	Largura da folha de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	48
9	Área foliar de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	49
10	Massa fresca da folha de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	51
11	Massa seca da folha de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	51
12	Distância entre folhas em 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , Machadinho, RS, 2012.....	52
13	Número de folhas por metro linear de ramos de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , Machadinho, RS, 2012.....	53
14	Índice de clorofila a nas folhas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	56
15	Índice de clorofila b nas folhas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> , Machadinho, RS, 2012.....	56
16	Índice de clorofila total nas folhas de 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	57
17	Dendrograma obtido pelo método de agrupamento ligação simples ou vizinho mais próximo, com base na matriz de Distâncias Euclidianas para os 14 genótipos de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Machadinho, RS, 2012.....	61
18	Estacas de erva-mate mortas (A); brotadas (B); enraizadas (C); e com calo (D) de erva-mate <i>Cambona 4</i> . Passo Fundo, RS, 2012.....	81

**VARIABILIDADE FENOTÍPICA E DO POTENCIAL DE
ENRAIZAMENTO POR ESTAQUIA DE GENÓTIPOS DE
ERVA-MATE *CAMBONA 4***

VALESCA FRANCIELE JOANA MELLO HETTWER¹

RESUMO – A produção de mudas de erva-mate por sementes é fator de variabilidade genética e de dificuldade para estabelecer um padrão de produtividade e qualidade da matéria-prima, sendo a propagação por estaquia uma alternativa para a implantação de ervais uniformes. O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade fenotípica de um erval comercial de *Cambona 4*, implantado com mudas obtidas por sementes, e a variação quanto ao potencial de enraizamento por estaquia. Foram realizados dois experimentos. No primeiro foi estudada a variabilidade fenotípica de 14 plantas (genótipos) selecionadas pelas características diferenciadas de ramo e de folhas, em um erval localizado em Machadinho, RS. No segundo experimento foi verificada a variabilidade no potencial de enraizamento das estacas dos genótipos selecionados, realizando a estaquia de janeiro a início de abril, com e sem a aplicação de 6.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB). Os resultados demonstraram que a produção de mudas de Cambona 4 por sementes, embora restringindo o cruzamento entre um genitor feminino e outro masculino selecionado, gera variabilidade

¹ Bióloga, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro), Área de Concentração em Produção Vegetal, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF).

fenotípica, não sendo elevada a predominância das características de um ou outro genitor nas plantas obtidas do cruzamento. A área foliar e o número de folhas por metro linear foram as variáveis mais determinantes da divergência entre os genótipos. Na estaquia foi verificado que a porcentagem de sobrevivência, de retenção foliar e de enraizamento variou entre os genótipos, e que a sobrevivência e a retenção de folhas foi satisfatória, principalmente no primeiro mês de estaquia, considerado o momento mais crítico. O uso do AIB estimulou ou, pelo menos, não prejudicou o enraizamento, mas dependendo do genótipo reduziu a sobrevivência e, mais acentuadamente, a retenção foliar. Com o uso de AIB o enraizamento variou entre 2,1% e 52,6%, mas taxas mais elevadas obtidas ao realizar novamente o processo com as estacas que se mantiveram vivas parecem indicar a necessidade de estender o período de estaquia para além de 90 dias. Assim, dada a variabilidade fenotípica e de enraizamento constatada, pode-se afirmar que a produção de mudas por estaquia passa, necessariamente, pela seleção de matrizes que possam representar o padrão *Cambona 4* e detenham elevado potencial de enraizamento.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis* St. Hil., mudas, propagação sexuada, propagação vegetativa, estacas.

**PHENOTYPIC AND THE POTENTIAL FOR ROOTING
CUTTING VARIABILITY FOR GENOTYPES OF *CAMBONA 4*
*MATE***

ABSTRACT - The seedling production of mate by seeds is a factor of genetic variability and difficulty to establish a standard of productivity and quality of raw material, and the cutting propagation is an alternative to deploying uniform herbal. The objective of this study was to evaluate the phenotypic variability of a *Cambona 4* commercial herbal, implanted with seedlings obtained from seeds and the variation in the potential for rooting cuttings. Two experiments were conducted. At first it was studied the phenotypic variability of 14 plants (genotypes) selected among different characteristics of branches and leaves in a herbal located in Machadinho, in the state of Rio Grande do Sul - Brazil. In the second experiment, it was checked the possible variability in rooting potential of cuttings of selected genotypes, carrying the cuttings from January to early April, with and without application of 6000 mg L⁻¹ *indolebutyric acid* (IBA). The results demonstrated that the production of seedlings of *Cambona 4* by seeds, while restricting the crossing between a male and another female selected, generates phenotypic variability, not being high the prevalence of the characteristics of either parent plants from the crossing. Leaf area and the number of leaves per meter were the most determinant variables of divergence between genotypes. In the cutting was found that the percentage of survival, leaf retention and rooting varied between genotypes and the survival and retention of leaves was satisfactory, especially in the first month of cutting, which is

considered the most critical moment. The using of IBA stimulated, or at least not damaged the rooting, but depending on the genotype, it reduced survival and in a greater extent the leaf retention. Using the IBA, the rooting ranged between 2.1% and 52.6% but higher rates obtained by performing the process again with the stakes that have been kept alive seem to indicate the need to extend the period beyond 90 cuttings days. Thus, given the phenotypic variability and rooting observed, it can be said that the production of seedlings by cutting necessarily involves the selection of matrices that can represent the standard of *Cambona 4* and hold high potential for rooting.

Key words: *Ilex paraguariensis* St. Hil., seedlings, sexual propagation, vegetative propagation, stakes.

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate é uma das espécies arbóreas nativas mais importantes economicamente para a Região Sul do Brasil, cultivada, basicamente, em pequenas propriedades. A exploração se dá por extrativismo, a partir de plantas nativas conservadas nas propriedades rurais, ou em ervais implantados, cujo produto é comercialmente denominado de “erva-mate cultivada”.

O plantio de ervais decorreu do aumento do consumo a partir da década de 1970. Os cultivos têm sido implantados com mudas produzidas a partir de sementes, muitas vezes obtidas de matrizes não selecionadas agronomicamente, o que compromete o potencial produtivo e a manutenção de um padrão de qualidade da matéria-prima. Além disso, a erva-mate é uma espécie dióica, ou seja, as plantas possuem apenas flores estaminadas ou pistiladas, exigindo a polinização cruzada. Conseqüentemente, a combinação e segregação genética resultam em variabilidade, observada claramente nos ervais implantados, no que se refere às características fenotípicas das plantas, potencial produtivo, vigor de crescimento, qualidade das folhas para a indústria, dentre outras características.

Donaduzzi et al. (2000) corroboram, afirmando que um dos problemas vividos pelo setor ervateiro é a falta de padrão comercial que caracterize a marca em termos de sabor e de métodos de controle de qualidade acessíveis às indústrias. Ressaltam que variações observadas nos teores de cafeína, polifenóis totais e de taninos em amostras de erva-mate podem estar correlacionados, em

parte, ao material genético, ressaltando que a erva-mate é uma espécie polimorfa e apresenta vários morfotipos.

STURION & RESENDE (2005) confirmam que tem sido constatada, visualmente, grande variabilidade fenotípica em populações de erva-mate, principalmente quanto às características cor de talo (pecíolo) da folha (roxo, branco ou amarelo), tamanho da folha, presença ou não de pilosidade nas folhas e susceptibilidade à queda de folhas. Técnicos e produtores envolvidos com o cultivo da espécie têm se referido a esta variabilidade como “variedades” de erva-mate. Porém, Resende et al. (1995) afirmam que, provavelmente, não existem variedades quanto à cor do talo e ao tamanho das folhas, mas uma grande segregação para estas duas características, decorrente da variabilidade genética intrapopulacional natural da espécie, mesmo porque parece não haver barreiras impedindo o fluxo gênico entre indivíduos dos diferentes tipos.

A erva-mate denominada *Cambona 4* foi obtida no município de Machadinho, RS, originária de sementes produzidas por um genótipo feminino selecionado, cujo pólen é proveniente também de um único genótipo masculino selecionado. A restrição do cruzamento entre dois genótipos específicos resulta, sem dúvida, em menor variabilidade das plantas obtidas, contudo, ainda assim persiste.

A alternativa para a implantação de ervais uniformes seria a propagação vegetativa, utilizando a estaquia, a enxertia ou a cultura de tecidos, que garantem a manutenção das características genéticas da planta matriz.

Dentre essas técnicas, a estaquia é aquela que apresenta maior viabilidade econômica, pela exigência de menor mão-de-obra

qualificada, infraestrutura e espaço para a produção, e maior rendimento de mudas, conforme também concorda Jacomini et al. (2000). Entretanto, para uma mesma espécie, a variabilidade genética entre plantas pode interferir no potencial de enraizamento, qualidade do sistema radicial obtido e posterior desenvolvimento das mudas no campo.

A hipótese do presente trabalho é que a partir da seleção de matrizes de *Cambona 4* com características superiores e alto potencial de enraizamento é possível viabilizar a técnica da estaquia para a obtenção de mudas uniformes, idênticas à planta matriz, com alta produtividade e qualidade do produto.

Os objetivos desta pesquisa foram, portanto, justamente avaliar a variabilidade fenotípica entre genótipos de uma população de *Cambona 4* implantada a partir de mudas produzidas por sementes, e propagar os genótipos pelo processo de estaquia, avaliando a possível variação também na capacidade de enraizamento, com e sem o tratamento com ácido indolbutírico (AIB).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da erva-mate

Os índios Guaranis, habitantes das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai foram os primeiros a fazer uso da erva-mate em forma de chá (BERKAI & BRAGA, 2000). Por sua vez, os jesuítas da Companhia de Jesus do Paraguai foram os primeiros a orientar os índios a realizar plantios de erva-mate, a partir do século XVII, sendo os precursores da produção de mudas e condução de ervais (BERKAI & BRAGA, 2000).

A erva-mate era conhecida entre os indígenas pelo nome de “Caa”, e a bebida como “Caa-i”, que significa água de erva saborosa. Essa bebida era utilizada pelo pajé da tribo para rituais de magia, sendo fornecida também para os índios como bebida estimulante para o corpo e o espírito (DA CROCE & FLOSS, 1999).

Os colonizadores espanhóis, ao chegarem à América do Sul, passaram a tomar o estranho chá produzido a partir de folhas fragmentadas de erva-mate, que era utilizado pelos índios Guaranis (KUMMER et al., 2005). A expulsão dos jesuítas da América do Sul, em 1767, interrompeu a evolução das técnicas de cultivo. Em 1813, o ditador Rodríguez Francia proíbe o Paraguai de exportar erva-mate e o sul do Brasil inicia um ciclo de riqueza econômica (BERKAI & BRAGA, 2000).

No início do século XIX, o naturalista francês August de Saint-Hilaire empreendeu várias viagens ao Brasil. Em 1820, Saint-Hilaire esteve no Rio Grande do Sul, Curitiba e litoral. Ao retornar à

França, em 1823, apresentou um relatório descritivo dos ervais sulinos brasileiros à Academia de Ciências do Instituto da França, onde propôs a designação de *Ilex paraguariensis* ou *I. mate* (DANIEL, 2009).

Durante o século XIX, o comércio de erva-mate se manteve ativo e foi generalizadamente utilizado na região onde hoje é o Peru e o Equador, embora após a independência das colônias espanholas, e a adoção do livre comércio, o chá inglês tenha começado a ser introduzido nessas regiões. O resultando dessa expansão comercial foi a perda gradual do mercado da erva-mate nos Andes (DANIEL, 2009).

2.2 Importância econômica, social, ambiental e medicinal da erva-mate

A produção brasileira de erva-mate, em 2010, atingiu um total de 653.103 t, sendo 227.462 t (34,83%) oriundas da produção extrativista. Trata-se do principal produto extrativista não madeireiro do Brasil, em termos de quantidade produzida, e o quarto em valor da produção (IBGE, 2012).

Espécie nativa da América do Sul, a erva-mate tem marcante importância na economia e vida cultural da Região Sul do Brasil e países limítrofes, como Argentina, Uruguai e Paraguai. A criação de cidades pela evolução dos negócios ervateiros, em várias regiões, foi corresponsável pela emancipação política do Paraná da província de São Paulo (VALDUGA et al., 1997).

A erva-mate é considerada espécie símbolo do Estado do

Rio Grande do Sul, de acordo com a lei 7.439 de 1980, demonstrando a sua grande importância na economia e cultura dos estados sulinos (ASSEMBLÉIA, 2011).

De acordo com Lorenzi (2002), é uma árvore ornamental que pode ser utilizada no paisagismo, possuindo frutos muito consumidos por pássaros, indicada para o plantio em áreas degradadas e na recomposição vegetal.

Centros de pesquisa e indústrias da Europa atentam para a erva-mate, principalmente na tentativa de sua aplicação em produtos químicos, farmacêuticos e na forma de refrigerantes, compartilhando inclusive de trabalhos de pesquisa em parceria com pesquisadores da Região Sul do Brasil (COELHO, 1995).

A erva-mate se constitui numa das melhores opções de renda, especialmente para os pequenos e médios produtores, formando um dos sistemas agroflorestais mais característicos do sul do Brasil (RODIGHERI et al., 2005). É uma atividade agrícola bastante relevante pelas características ambientais, reduzindo a erosão do solo, e sociais, gerando emprego e renda no meio rural (BENDLIN, 2003; RODIGHERI, 2005).

Na década de 70, com o avanço da fronteira agrícola no sul do Brasil, a erva-mate teve suas reservas diminuídas repentinamente para dar lugar, principalmente, às culturas da soja e do trigo. Parte dos ervais remanescentes foi também exaurido pelo desconhecimento de técnicas adequadas para o seu cultivo. Como consequência, houve gradativa diminuição da oferta da matéria-prima para a indústria, sendo necessário o aumento da área de plantio, com a formação de povoamentos em sistemas de monocultivo (PENTEADO, 1995).

De acordo com Daniel (2009), o Rio Grande do Sul foi, talvez, o estado que mais devastou áreas com ervais nativos para a implantação das culturas de grãos, seguido do Mato Grosso do Sul. Apesar disso, segundo dados do IBGE (2012), o Rio Grande do Sul possui a maior área de ervais entre os quatro estados brasileiros produtores, porém ocupa a quarta posição na produção de erva-mate. Somente o uso de técnicas modernas de adensamento, podas e recuperação de ervais degradados pode reverter esse quadro, potencializando esse Estado para assumir a vanguarda da produção de erva no Brasil.

Na década de 90, iniciou o plantio da erva-mate como uma forma de enriquecimento de florestas, consorciada com outras espécies florestais, ou até mesmo com culturas anuais, buscando a melhoria da qualidade da matéria-prima e o maior rendimento econômico. A diferenciação nos valores da matéria-prima pagos aos produtores tem sido observada conforme o sistema de cultivo, isto é, se a pleno sol ou em ambiente sombreado. A alegação é de que a fitomassa oriunda de cultivos em ambientes sombreados apresenta sabor mais suave, alcançando maior preço no mercado. Pequenos produtores rurais, responsáveis por 90% da produção na região sul do Brasil, por vezes enfrentam dificuldades para a venda do produto originário de plantios homogêneos (DA CROCE & FLOSS, 1999).

A arborização de monocultivos de erva-mate se constitui em alternativa de agregação de valor com qualidade ambiental. Como o desmatamento generalizado limita atualmente o manejo de ervais em ambientes naturais, a arborização surge como alternativa para minimizar os problemas ambientais, sociais e econômicos, decorrentes

das áreas de monocultivo (BAGGIO, 2013).

O Sistema Agroflorestal de cultivo da erva-mate Cambona 4, consorciada com outras espécies florestais, implantado inicialmente no município de Machadinho, RS, ambientalmente é o que mais se aproxima das condições naturais de ocorrência da erva-mate. Pelo estudo realizado pela Embrapa Florestas e Apromate, apresenta como serviço ambiental uma significativa capacidade de sequestro de carbono pela biomassa produzida (CORREA et al., 2009).

A erva-mate também possui importância na área medicinal, onde de acordo com Lorenzi et al. (2008) é muito utilizada na medicina popular e tradicional, bem como sobre ensaios farmacológicos. Reduz a fadiga muscular e mental, melhora o apetite e ajuda na digestão. Possui atividade antioxidante, ação estimulante do sistema nervoso central e tem efeito vasodilatador.

Devido à importância econômica, social, ambiental e medicinal da erva-mate, atualmente aguarda-se que os órgãos encarregados na pesquisa com esta planta, especialmente nos países onde a erva-mate é nativa, passem a dedicar maiores esforços na manutenção de bancos de germoplasma deste importante gênero, para que se possa dispor de variabilidade genética suficiente para superar os problemas que certamente virão no futuro, em função da intensificação do cultivo (DANIEL, 2009).

2.3 Área de ocorrência natural da erva-mate

A erva-mate encontra-se distribuída naturalmente em uma área de aproximadamente 540.000 km², entre as latitudes 22° e 30° S,

e longitudes 48° 30' e 56° 10' W, em altitudes que variam entre 500 e 1.500 m acima do nível do mar. No Brasil, corresponde a 450.000 km², representando cerca de 5% do território nacional, e na América do Sul, corresponde a 3% da área. Abrangem, no Brasil, os estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. A espécie ocorre em associações com a araucária, desde Campos de Jordão, a leste de São Paulo, e sudeste de Minas Gerais, ao sul do Rio Grande do Sul. Na Argentina, ocorre na Província de Misiones, parte da Província de Corrientes e em pequena parte da Província de Tucumã. No Paraguai, ocorre na área situada entre os rios Paraná e Paraguai. A erva-mate não ocorre em campos naturais, com exceção dos pontos de contato com as matas nativas anteriormente existentes (ROTTA & OLIVEIRA, 2010).

A erva-mate é uma espécie florestal ombrófila, que ocorre originalmente (nativa) em associações mais evoluídas de pinheirais de *Araucaria angustifolia*, acompanhada de outras espécies como *Ocotea porosa* (imbúia), *Cedrela fissilis* (pau-marfim), *Podocarpus* sp. (pinho-bravo), *Cabralea canjerana* (canjerana), além de espécies das famílias Myrtaceae, Fabaceae e Lauraceae (COELHO, 2000). Além de espécie característica da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), também ocorre em Floresta Estacional e Semidecidual do noroeste do Paraná e do sul do Mato Grosso do Sul (CARVALHO, 2003).

2.4 Taxonomia e descrição botânica

De acordo com o Sistema de Classificação APG (Angiosperm Phylogeny Group), a taxonomia de *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire pertence ao clado das Campanulídeas ou Euasterídeas II, ordem Aquifoliales e família Aquifoliaceae (JUDD et al., 2009)

O gênero *Ilex* apresenta cerca de 600 espécies, sendo que 220 são nativas da América do Sul, das quais 63 ocorrem no Brasil (LISTA, 2013).

A espécie é conhecida popularmente como erva-mate, caá, caáguasçu, carvalho-branco, caúna, congoín, congonha, erva-congonha, erveira, pau-de-erva, congonha-grande, congonha, congonhinha, erva, erva-periquita, erva-mate-peluda, erva-mate-de-talo-branco, erva-mate-de-talo-roxo, erva verdadeira, mate, orelha-de-burro, ka'a e yerba-mate (EDWIN & REITZ, 1967; LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

Segundo Carvalho (1994) e Da Croce & Floss (1999), a erva-mate mede, em geral, de 10 a 15 m de altura. Na floresta, pode atingir até 25 m, e em cultivo, de 3 a 5 m. As folhas são alternadas, simples, geralmente estipuladas, glabras, de 5 a 10 cm de comprimento e 3 a 5 cm de largura, variando de subcoriáceas a coriáceas, de formato que variam de obovadas até oblongas, e ligeiramente obtusas no vértice ou mesmo arredondadas. A coloração é verde escura na face superior e verde-clara na inferior. As bordas são levemente serreadas-crenadas. É uma espécie dióica, com flores pequenas, brancas e pouco vistosas. As inflorescências femininas apresentam-se em pequenos fascículos pedicelados, com 3 a 5 flores,

raramente com 6, e pedúnculo curto; as masculinas possuem de 3 a 5 pedicelos e flores, e às vezes com pedúnculo longo. As flores são emitidas sobre o lenho com mais de um ano, na axila das folhas. Conforme Judd et al. (2009), o fruto pode ser chamado de drupa globosa, geralmente com 4 a 6 sementes. A coloração é verde quando jovens, tornando-se vermelho-arroxeadado na maturidade, com polpa mucilagínosa. Mais de 90% dos frutos apresentam 4 sementes, de tegumento áspero e duro (DA CROCE & FLOSS, 1999).

2.5 Solo e clima

A espécie ocorre naturalmente em solos de baixa fertilidade, normalmente com baixos teores de cátions trocáveis, altos teores de alumínio e pH baixo (CARVALHO, 2003). A textura dos solos na região de ocorrência é muito variável, preferindo os solos de textura média, entre 15% e 35% de argila, a argilosa, acima de 35%, que mostram equilíbrio na presença de areia, silte e argila. Com relação à umidade do solo, a erva-mate prefere aqueles com maior permeabilidade (AMAZÔNIA, 2011).

Na distribuição da erva-mate, dois tipos climáticos são citados, segundo Koeppen: Cfb (clima temperado) e Cfa (clima subtropical), com chuvas regulares e distribuídas ao longo do ano, e precipitação média em torno de 1500 a 2000 mm. As temperaturas médias anuais variam de 15 a 18 °C na região dos pinhais, e de 17 a 21 °C em Misiones, Argentina. As geadas são frequentes ou pouco frequentes, dependendo da altitude, que varia de 500 a 1500 m sobre o nível do mar (MEDRADO & STURION, 2005).

2.6 Erva-mate *Cambona 4*

Em 1998, a partir das observações do produtor Theodoro Mendes da Fonseca, de Machadinho, RS, sobre um plantio de cerca de 0,4 hectares com oito anos de idade, originado das sementes de uma matriz em sua propriedade, a ervateira Camol, de Machadinho, fez um teste industrial com a folha daquele plantio e verificou que dela se produzia um chimarrão de sabor suave, valorizado pelo mercado interno. Portanto, a natureza propiciou na propriedade do “Seu Dorinho” um cruzamento de erva-mate que produzia um chimarrão de boa qualidade. Como havia quatro plantas masculinas próximo da matriz feminina, variando de 14 m a 23 m de distância, um teste de DNA com a matriz, as quatro plantas masculinas e 125 árvores daquele plantio indicou que 85% das 125 árvores eram filhas da planta masculina mais próxima da matriz. Estava identificado o cruzamento que garantia um chimarrão de boa qualidade. As duas plantas genitoras foram clonadas por estaquia e formaram o pomar de sementes da primeira progênie bi-parental de erva-mate do Brasil (CORREA et al., 2009).

A erva-mate *Cambona 4*, com o saber dos produtores, e com a intervenção da pesquisa e assistência técnica qualificada, foi implantada no Sistema Agroflorestal de Erva-Mate denominado de SAF *Cambona 4*, e também organizada a cadeia produtiva, desde a produção de sementes até a industrialização e comercialização, agregando para o produtor e a região benefícios sócio-econômicos, culturais e ambientais (MACHADO et al., 2011).

O sistema consiste no plantio da erva-mate *Cambona 4*

com a introdução de árvores de espécies regionais e nativas para sombreamento do erval, com o objetivo de melhorar a qualidade do produto, aproximar o plantio das condições naturais de ocorrência da erva-mate, com benefícios ambientais de proteção do solo, ciclagem de nutrientes e produção de madeira ao final do ciclo da cultura da erva-mate. Os primeiros plantios do sistema em Machadinho foram feitos com 2.666 mudas de erva-mate por hectare, no espaçamento de 1,5 m x 2,5 m, e 222 árvores de sombreamento, plantadas dentro das linhas de erva-mate, no espaçamento de 6,0 m x 7,5 m. A recomendação atual para o sistema agroflorestal é de se plantar 2.666 mudas da Cambona 4 por hectare, no espaçamento de 1,5 m x 2,5 m, e 88 árvores nativas no espaçamento de 9,0 m x 12,5 m (CORREA et al., 2009).

Em 2009, a *Cambona 4* era cultivada no Rio Grande do Sul em 180 hectares, produzindo, em média, 900 arrobas por hectare (13,5 t), totalizando, por ano, uma produção total de cerca de 60.000 kg de erva-mate sabor suave (EMATER/RS-ASCAR, 2013).

Dada a importância ambiental da erva-mate *Cambona 4*, a Secretaria do Meio Ambiente do RS, que fiscaliza a reposição, em relação ao impacto ambiental da Barragem de Machadinho, no RS, autorizou o repovoamento com a erva-mate *Cambona 4* em uma área de 105 hectares (CORREA, 2001).

2.7 Propagação por semente

Os plantios de erva-mate, em grande parte, são realizados com mudas produzidas com sementes de baixa qualidade,

provenientes de áreas de coleta de sementes de ervais nativos e plantados sem observar nenhum critério de seleção de plantas matrizes, o que na maioria dos casos compromete a produtividade dos ervais (DA CROCE & FLOSS, 1999).

As características agronômicas necessárias para selecionar árvores produtoras de sementes de erva-mate são árvores com ramificações laterais e bom número de ramos por unidade de área; bom estado fitossanitário e nutricional; resistência à queda de folhas; produtividade que supere a média dos demais indivíduos existentes no povoamento; alta densidade de folhas por unidade de área na copa; e uniformidade de amadurecimento dos frutos (DA CROCE & FLOSS, 1999).

A reprodução sexual inicia normalmente aos cinco anos de idade da planta. A baixa taxa de germinação das sementes pode variar de 5% a 20%, aliada à baixa qualidade genética e fisiológica (CARVALHO, 2003).

A dormência de sementes dificulta a produção de mudas por via sexuada. Além disso, mudas de sementes resultam em plantios heterogêneos, tendo como consequência baixa qualidade da produção (FOWLER & STURION, 2000).

2.8 Propagação vegetativa

A erva-mate pode ser propagada assexuadamente por enxertia, micropropagação e estaquia (WENDLING et al., 2009). Os plantios de mudas produzidas via propagação vegetativa apresentam grande uniformidade, possibilitando maiores produtividades e

uniformidade de crescimento, além de uma série de características desejáveis, como resistência a pragas e doenças, melhor aproveitamento de recursos hídricos e nutricionais do solo, entre outros (ELDRIGE et al., 1994).

A propagação vegetativa, por proporcionar indivíduos geneticamente idênticos à planta-mãe, constitui uma estratégia fundamental para obtenção de material propagativo homogêneo, assim como para a manutenção das características genéticas desejadas (MIRANDA et al., 2004).

Na enxertia, tanto a idade das plantas matrizes quanto o local de coleta dos enxertos nas plantas são importantes para o pegamento, apresentando melhores resultados para árvores mais novas e brotações apicais. A enxertia é utilizada principalmente em espécies de difícil enraizamento (KALIL FILHO et al., 2001). As desvantagens são a dificuldade de pegamento do enxerto para algumas espécies, a possibilidade de transmissão de doenças e a produção de menor número de mudas por área (WENDLING et al., 2005). Segundo Wendling et al. (2009), a enxertia da erva-mate sobre brotações oriundas de árvores adultas decepadas diretamente no campo é tecnicamente viável.

A micropropagação é uma técnica que oferece excelentes possibilidades para a propagação comercial de plantas, como também pode auxiliar em programas de melhoramento. A técnica possibilita a obtenção de grande número de plantas a partir de poucas matrizes, em curto espaço de tempo, e em reduzida área de laboratório (PAIVA & GOMES, 1995). Porém, pode não ser uma técnica viável economicamente devido à dependência de um laboratório de cultura

de tecidos, cuja manutenção implica em altos custos, além da exigência da mão-de-obra qualificada (DUTRA et al., 2009).

De acordo com Horbach (2008), o enraizamento *in vitro* da erva-mate pode ser realizado em apenas uma fase, por 30 dias, desde que seja realizada a adição de até 3 mg L⁻¹ de AIB ao meio com ¼ dos sais do MS. O autor também menciona que plantas de erva-mate produzidas *in vitro* podem ser aclimatizadas nos substratos casca de coco ou areia, em ambiente com temperatura e luminosidade controlada.

2.8.1 Estaquia

A estaquia é um método de propagação vegetativa em que segmentos destacados de uma planta, sob condições adequadas, emitem raízes e originam uma nova planta, com características idênticas à planta que lhe deu origem (PASQUAL et al., 2001).

Conforme Fachinello et al. (2005), dois aspectos são fundamentais no enraizamento de estacas: a desdiferenciação - processo pelo qual as células de um tecido já diferenciado retornam à atividade meristemática e originam um novo ponto de crescimento; e a totipotência - capacidade de uma célula originar um novo indivíduo, uma vez que contém toda a informação genética necessária para reconstituir todas as partes da planta e suas funções.

A seleção de árvores para a confecção de estacas é fundamental, considerando que as plantas resultantes apresentam as mesmas características da planta-mãe. A seleção deve ser criteriosa e levar em conta, principalmente, a produtividade individual de

biomassa foliar, a resistência à pragas e doenças, e a alta porcentagem de enraizamento das estacas (DANIEL, 2009).

Conforme Grossi et al. (2007), a propagação vegetativa comercial da erva-mate por estaquia tem sido limitada por uma série de fatores, como a falta de métodos eficientes de rejuvenescimento de material adulto e de técnicas de manejo do ambiente de propagação, além da dificuldade no manejo da nutrição e transplante das estacas após enraizadas.

2.8.1.1 Aspectos endógenos do enraizamento

A capacidade de uma estaca emitir raízes é função de fatores endógenos e das condições ambientais proporcionadas ao enraizamento. O manejo da estaquia, para proporcionar o desejado sucesso na produção de mudas, requer o conhecimento e a aplicação destes princípios. A formação de raízes adventícias deve-se à interação de fatores existentes nos tecidos e à translocação de substâncias localizadas nas folhas e gemas, como os reguladores de crescimento e outros compostos, alguns deles parcialmente conhecidos. A formação das raízes adventícias pode ser dividida em duas fases: de iniciação, caracterizada pela divisão celular; e a de diferenciação das células em primórdios radiculares, que resulta no crescimento das raízes (FACHINELLO et al., 2005).

A formação de raízes adventícias ocorre em resposta ao efeito da lesão sofrida no preparo da estaca. As células da superfície cortada são lesionadas, iniciando um processo de regeneração e cicatrização. A atividade de células jovens, presentes na região

lesionada, dão origem a uma massa de células parenquimatosas, de tecido pouco diferenciado, desorganizado e em diferentes etapas de lignificação, chamada calo. Na maioria das plantas, a formação de calo e de raízes adventícias são processos independentes, sendo que sua ocorrência simultânea deve-se a similaridade das condições favoráveis para ambos (HARTMANN et al., 2002).

Dentre os fatores internos de maior importância para o enraizamento está o balanço hormonal da planta na época da coleta das estacas, a condição fisiológica e a idade da planta matriz, o tipo de estaca (lenhosa, semilenhosa, herbácea; apical, mediana e basal) e a oxidação de substâncias (ASSIS et al., 2004).

A palavra hormônio vem do grego *horman*, que significa “estímulo”. Contudo, alguns hormônios possuem efeitos inibitórios (RAVEN et al., 2001). As estacas possuem certa quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento, mas é necessário que haja um balanceamento adequado entre auxinas, giberelinas, citocininas e cofatores para que haja enraizamento. Desse modo, o fornecimento de auxina exógena pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento (RAMOS et al., 2003). Além dos fitohormônios, outras substâncias de ocorrência natural, denominadas cofatores de enraizamento, atuam sinergicamente com as auxinas (HARTMANN et al., 2002).

Os cofatores de enraizamento atuam sinergicamente com as auxinas. Esses cofatores, assim como as auxinas, são sintetizados em gemas e folhas jovens e, em maior quantidade, em estacas provenientes de plantas jovens, transportados pelo floema a partir dos locais de síntese. Caracteriza-se, assim, a importância para muitas

espécies da manutenção de folhas e gemas em atividade vegetativa, atuando como um laboratório de produção de reguladores de crescimento, nutrientes e carboidratos (FACHINELLO et al., 2005).

As auxinas sintéticas são denominadas substâncias reguladoras do crescimento vegetal, enquanto o emprego do termo hormônio ou fitormônio tem ficado restrito às auxinas naturais. De um modo geral, quimicamente a característica que unifica todas as moléculas que expressam atividade auxínica é a existência de uma cadeia lateral ácida, a qual deve estar ligada a um anel aromático (KERBAUY, 2008).

O ácido-indol-3-acético (AIA) é a principal auxina de ocorrência natural, sendo sintetizada a partir do aminoácido triptofano. Os locais de sua biossíntese são, primeiramente, os primórdios foliares e as folhas jovens além das sementes em desenvolvimento. O AIA é transportado de célula a célula de forma unidirecional (polar) (BORTOLINE et al., 2008).

Hartmann et al. (2002) destacam que os níveis de AIA na planta são variáveis, sendo afetados por fatores como a idade fisiológica do órgão e da planta, as condições ambientais e a parte da planta. Salienta que o AIB, embora menos abundante que o AIA, também ocorre naturalmente nas plantas.

De acordo com Fachinello et al. (2005), espécies com elevados teores de citocininas, em geral, são mais difíceis de enraizar, sugerindo que a aplicação de citocininas inibe a formação de raízes em estacas. Uma relação auxina/citocinina elevada estimula a formação de raízes. Dentre as giberelinas encontradas na natureza, o AG3 (ácido giberélico) é o mais importante, responsável pelo estímulo

ao crescimento do caule, porém, em concentrações a partir de 10^{-3} molar, inibe o enraizamento. Embora o ácido abscísico, ao inibir a síntese de giberilinas possa favorecer o enraizamento, os resultados obtidos com esse hormônio são bastante contraditórios. Já o etileno, em baixas concentrações, estimula a formação e o desenvolvimento de raízes (FACHINELLO et al., 2005).

Entende-se por condição fisiológica da planta-matriz o conjunto das características internas, tais como o conteúdo de água e o teor de reservas e nutrientes. Estacas retiradas de uma planta matriz em déficit hídrico tendem a enraizar menos. Além disso, o teor de carboidratos em ramos em crescimento ativo (primavera/ verão) é mais baixo, enquanto ramos maduros e mais lignificados (outono/ inverno) tendem a apresentar mais carboidratos, influenciando de forma benéfica o enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

Conforme Rowe et al. (2002), reservas mais abundantes de carboidratos correlacionam com maiores porcentagens de enraizamento e sobrevivência das estacas. Assim, a real importância dos carboidratos para formação de raízes é que a auxina requer fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucléicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para formação das raízes (FACHINELLO et al., 2005).

A importância de determinados nutrientes é ressaltada por Hartmann et al. (2002). Por exemplo, o zinco é ativador do triptofano, precursor da auxina, e deve estar presente na planta matriz para que ocorra a formação de raízes. O excesso de nitrogênio e de manganês na planta-matriz pode prejudicar o enraizamento, demonstrando a importância do manejo da adubação para a obtenção de estacas.

A passagem da fase juvenil para a adulta pode alterar a capacidade de enraizamento das plantas. Isto gera problemas na propagação vegetativa, porque muitas vezes as características desejadas de uma planta matriz são expressas depois da maturidade (HARTMANN et al., 2002). Em muitos casos, a capacidade de enraizar está diretamente relacionada com a utilização de material juvenil, o que pode ser obtido por meio de poda drástica e rebrota das árvores que alcançaram a maturidade (ALFENAS et al., 2004).

Quadros (2009), em trabalho sobre a propagação vegetativa de erva-mate, verificou que a propagação de plantas adultas é viável, embora o enraizamento diminua com o aumento da idade da planta matriz. Koehler et al. (2009), estudando o enraizamento de estacas caulinares de erva-mate, constataram que o material rejuvenescido apresentou os melhores resultados quanto à porcentagem de enraizamento (65,5%), assim como de número de raízes (13,2 raízes/estaca) e comprimento de raízes (27,7 mm/estaca).

Com relação ao tipo de estaca, a escolha tem grande importância, principalmente para aquelas espécies com dificuldade de formar raízes adventícias. Quanto à posição ocupada no ramo, as estacas se dividem em apicais (ou terminais), medianas e basais, ocorrendo diferenças marcantes na composição química da base para o ápice dos ramos, influenciando a formação de raízes. Quanto à consistência e o grau de lignificação dos tecidos, as estacas podem ser herbáceas, semilenhosas e lenhosas (OLIVEIRA et al., 2003).

Segundo Oliveira et al. (2003), para espécies de difícil enraizamento, estacas mais herbáceas mostram maior capacidade de enraizamento do que as lenhosas. Por sua vez, em algumas espécies, o

tamanho e o diâmetro das estacas podem influenciar o enraizamento, até mesmo de espécies fáceis de enraizar. Nesse caso, os melhores resultados de enraizamento em estacas de maior diâmetro, geralmente, estão associados à maior quantidade de reservas. Kricum (1995), propagando vegetativamente plantas adultas de erva-mate, obteve 30,1% de enraizamento de ramos lenhosos, e 52% de ramos herbáceos, concluindo que o uso de materiais juvenis, do ano, permite melhores condições para a formação de raízes.

As folhas presentes nas estacas são importantes fontes de produção de fotoassimilados, auxinas e cofatores. Zerbielli et al. (2011) e Santos (2011) verificaram que a mortalidade das estacas de erva-mate apresentam forte relação com a queda de folhas, possivelmente pela redução na disponibilidade fotoassimilados, antes produzidos pelas mesmas.

Hartmann et al. (2002) afirmam que, no período de intensa atividade vegetativa, as gemas vegetativas exercem efeito estimulador no enraizamento, pela produção de auxinas e cofatores, mas estacas com gemas floríferas, ou coletadas durante o período de floração, apresentam baixos índices de enraizamento, demonstrando um antagonismo entre a regeneração vegetativa e a floração.

A oxidação de compostos fenólicos influencia o enraizamento. À medida que avança a maturidade das plantas, as dificuldades de enraizamento aumentam, provavelmente, também em função da maior concentração de fenóis. Isto afeta diretamente os procedimentos de estaquia da erva-mate, quando as plantas matrizes são de plantios comerciais em idade avançada ou em povoamentos naturais (DANIEL, 2009). Observações práticas permitem detectar o

escurecimento dos tecidos nos locais onde ocorrem injúrias (cortes), sintoma de processo oxidativo, que interfere negativamente na propagação por estaquia e enxertia (WENDLING & FERRARI, 2004).

Alguns procedimentos para a redução da oxidação fenólica podem ser adotados, como a utilização de substâncias antioxidantes, a redução dos danos mecânicos e químicos causados, a lavagem dos propágulos vegetativos em água corrente, a utilização de meios básicos mais diluídos, e remoção de substâncias fenólicas, entre outros (SILVA et al., 2009).

Diversos antioxidantes vêm sendo utilizados na propagação vegetativa de plantas, tais como o ácido cítrico, bastante conhecido inclusive pela indústria de alimentos; a polivinilpirolidona (PVP) e o carvão vegetal (WENDLING & FERRARI, 2004; FACHINELLO et al., 2005).

De acordo com Cordeiro et al. (2002), o carvão ativado apresenta cargas residuais capazes de adsorver substâncias fenólicas ou seus produtos da oxidação, como as quinonas. Já os PVP são considerados compostos adsorventes, reagindo com compostos oxidantes, sendo uma poliamida utilizada em cromatografia de separação de ácidos aromáticos, aldeídos e fenóis pela função adsorvente.

2.8.1.2 Aspectos exógenos do enraizamento

A aplicação de fitoreguladores, a temperatura, a umidade, a luminosidade e o substrato são os fatores externos mais importantes

no processo de estaquia (FACHINELLO et al., 2005).

A utilização de fitorreguladores no enraizamento é prática bastante difundida e, em muitas espécies, é o principal fator que viabiliza a produção de mudas por meio de estaquia (FACHINELLO et al., 2005). De acordo com Pires & Biasi (2003), o ácido indolbutírico (AIB) é, provavelmente, o melhor regulador vegetal de uso geral, porque não é tóxico para a maioria das espécies, mesmo em altas concentrações, é bastante efetivo para um grande número de espécies e relativamente estável, sendo pouco suscetível à ação dos sistemas de enzimas de degradação de auxinas.

Hartmann et al. (2002) destacam que a aplicação exógena de AIB sintético pode simplesmente elevar a sua condição interna, convertendo-se parcialmente em AIA no tecido vegetal, ou apresentar efeito sinérgico, modificando a ação ou a síntese do AIA, ou a sensibilidade dos tecidos ao AIA.

Segundo Taiz & Zeiger (2004), a resposta da planta à auxina endógena ou aplicada pode variar com a natureza do tecido e com a concentração desse regulador de crescimento já presente no propágulo. É importante testar várias concentrações do regulador vegetal, permitindo a escolha mais econômica e menos fitotóxica para a espécie.

No momento em que a auxina é aplicada há um aumento da concentração na base da estaca e, caso os demais requerimentos fisiológicos sejam satisfeitos, há formação de calo, resultante da ativação das células do câmbio, e de raízes adventícias. A aplicação na base das estacas, até determinada concentração, pode promover o enraizamento, mas qualquer acréscimo além da dose ideal pode

proporcionar efeito inibitório. O teor adequado de auxina exógena necessária para estimular o enraizamento depende da espécie e da concentração endógena do tecido (FACHINELLO et al., 2005).

Vários estudos apontam benefícios para o enraizamento da erva-mate quando utilizado reguladores de crescimento, especialmente o AIB, como (HORBACH, 2008; QUADROS, 2009; ZERBIELLI et al., 2011; SANTOS, 2011).

O sucesso do enraizamento de estacas depende da manutenção de um balanço hídrico satisfatório nos tecidos, e do controle da luz e da temperatura, utilizando estruturas de sombreamento e de nebulizadores (OLIVEIRA et al., 2003).

De acordo com Hartmann et al. (2002), a divisão celular é favorecida com o acréscimo da temperatura, auxiliando a formação de raízes e a produção de brotos. Porém, temperaturas muito elevadas durante a fase de enraizamento devem ser evitadas, por estimularem o desenvolvimento de gemas laterais antes do aparecimento de raízes. Também ocasiona aumento da transpiração e perda de água pelas folhas, provocando a necrose dos tecidos.

A temperatura pode influenciar o enraizamento atuando na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical (CORRÊA & FETT-NETO, 2004). Temperaturas baixas diminuem o metabolismo das estacas, levando à menor produção de brotações e ao maior tempo para o enraizamento, ou até mesmo não proporcionando condições adequadas para que ocorra a indução e o desenvolvimento radicial (WENDLING & XAVIER, 2001).

A influência da luminosidade no enraizamento de estacas é

devido ao fato de se constituir fonte de energia na fotossíntese, para que haja um acúmulo de substâncias indutoras de enraizamento (HARTMANN et al., 2002). Boas condições de iluminação favorecem o transporte basípeto de auxinas endógenas, se comparadas às plantas sombreadas, conseqüentemente podendo afetar a rizogênese adventícia (MORELLI & RUBERTI, 2002). As estacas com folhas, que é a modalidade mais comum e eficiente de estaqueamento da erva-mate, necessitam de luz para a realização da fotossíntese, que é essencial para o início do processo de enraizamento (DANIEL, 2009).

A umidade é fundamental para que haja divisão celular, sendo necessário que as células se mantenham túrgidas. O potencial de perda de água numa estaca é muito grande, seja pelas folhas ou brotações em desenvolvimento, especialmente considerando o período em que não há raízes formadas. A perda de água é uma das principais causas da morte de estacas (FACHINELLO et al., 2005).

Zuffellato-Ribas & Rodrigues (2001) também afirmam que a morte da estaca por desidratação, antes de atingido o enraizamento, é uma das causas principais do fracasso da propagação por estacas. A falta de raízes impede a absorção de água suficiente, enquanto as folhas intactas e o crescimento da nova brotação continuam a perder água por transpiração.

A maior umidade relativa pode ser proporcionada pelo uso de um sistema de nebulização, que também forma uma fina película de água na superfície da folha, reduzindo a transpiração e mantendo uma temperatura relativamente constante na superfície das folhas das estacas (PAIVA & GOMES, 2005).

O substrato é o meio onde as raízes se desenvolvem,

devendo ser bem drenado, livre de patógenos, pragas e ervas daninhas, de baixa densidade, e disponibilidade e viabilidade econômica (KÄMPF, 2000). O substrato deve permitir um bom suprimento de água e de oxigênio na base da estaca, pois a deficiência de oxigênio causa a paralisação do crescimento de raízes (WENDLING, 2002).

Carijo et al. (2002) citam que um substrato ideal para a estaquia deve possuir, dentre outras características, porosidade acima de 85% , capacidade de aeração entre 10% e 30%, e água facilmente assimilável de 20% a 30%. A escolha do material a ser utilizado depende não só do objetivo a ser alcançado, mas também da disponibilidade no local e do custo da aquisição.

Há diferentes tipos de substratos que podem ser usados de forma isolada ou em mistura. Para se conhecer qual melhor mistura de substrato para o enraizamento é aconselhável experimentá-la nas condições ambientais em que se vai trabalhar (WENDLING, 2002).

Wendling (2004) ressalta a necessidade de pesquisas com substratos que visem a melhoria do enraizamento de propágulos de erva-mate, destacando a vermiculita, a serragem, a casca de arroz carbonizada, a casca de *Pinus* semi-decomposta e diversas misturas desses substratos. As condições de manejo devem ser testadas, uma vez que os substratos apresentam diferentes capacidades de retenção de água e, conseqüentemente, potencialidades variáveis de proporcionar o enraizamento das estacas. Quadros (2009) verificou, na mini-estquia da erva-mate, que a vermiculita não é indicada, sendo mais eficientes a casca de arroz carbonizada e o substrato comercial a base de casca de pinus.

Em trabalho sobre o ambiente de enraizamento e

substratos, na mini-estquia da erva-mate, Brondani et al. (2007) verificaram que, tanto em ambientes de casa de vegetação automatizada (com controle de temperatura igual à 30 °C e umidade relativa > 80%), como em casa de vegetação simples (somente irrigação com microaspersões por 10 segundos), o substrato casca de pinus + vermiculita proporcionou maior comprimento total do sistema radicial, não diferindo significativamente apenas do substrato de casca de pinus na casa de vegetação automatizada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo 1 - Variabilidade fenotípica da erva-mate *Cambona 4* propagada por sementes

A pesquisa foi desenvolvida a partir de plantas selecionadas em um erval comercial de erva-mate *Cambona 4* localizado no município de Machadinho, Rio Grande do Sul, com 7 anos de idade, no espaçamento de 1,0 m x 2,0 m (5.000 plantas por hectare).

O erval foi implantado com mudas propagadas por semente. Em 05 de janeiro de 2012 foram selecionadas 14 plantas (Figuras 1 e 2), denominadas como “genótipos”, com características fenotípicas diferenciadas, principalmente em relação ao aspecto foliar. Os genótipos haviam sido colhidos pela última vez em julho de 2010, no sistema de poda drástica, utilizando podão (Figura 3).

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi utilizado para geograficamente localizar os 14 genótipos, encontrando-se a 610 m de altitude, nas coordenadas 27° 31' 92" S e 51° 42' 92" O.

A caracterização fenotípica foi realizada entre 05 e 15 de janeiro de 2012, e constou da determinação dos seguintes parâmetros:

a) Ramos: distância entre folhas e número de folhas por metro linear de ramo; b) Folhas: comprimento, largura, área foliar, massa fresca e seca, teor de clorofila a, b e total.



Figura 1 - Genótipos 1 a 6 de erva-mate *Cambona 4* selecionados em Machadinho, RS, 2012.

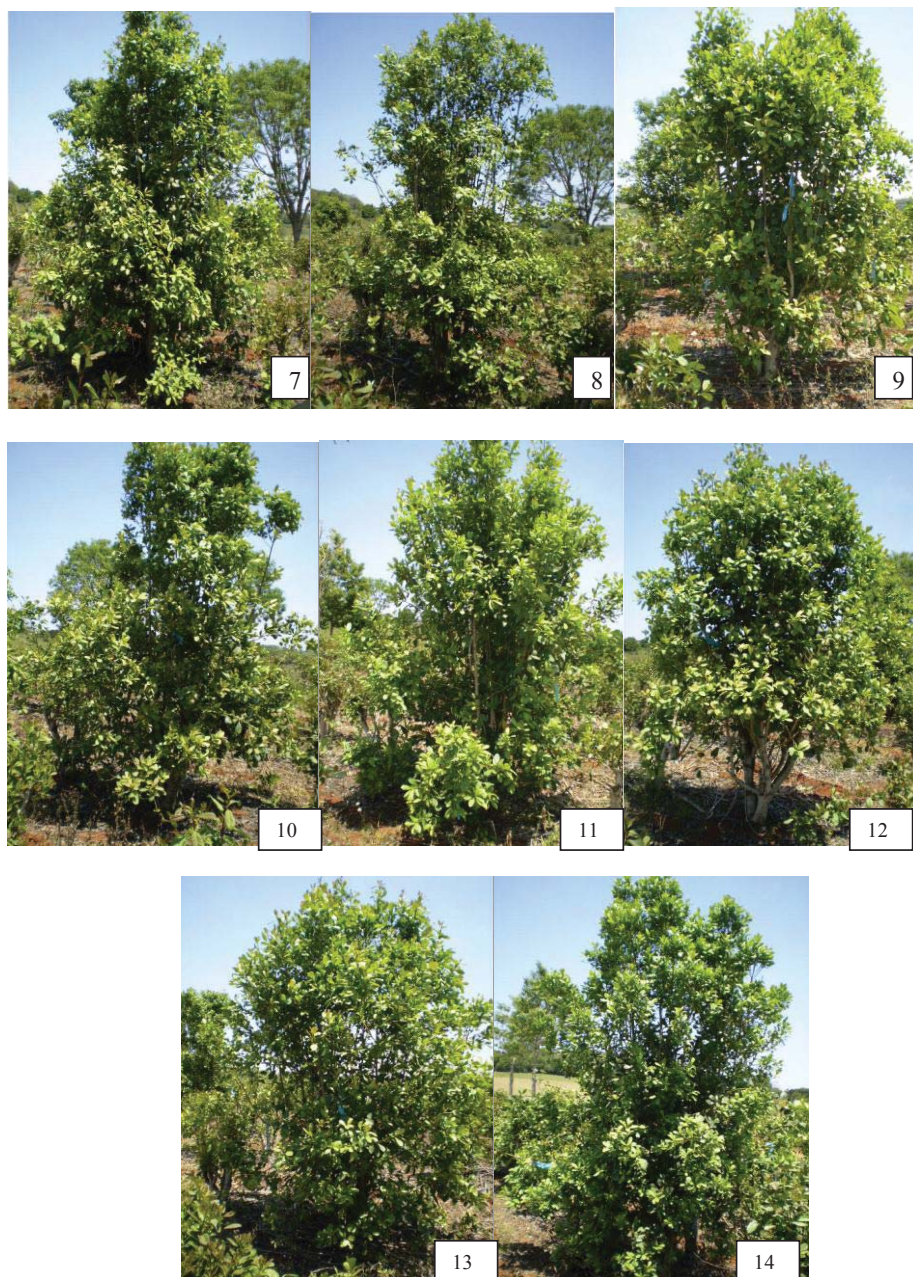


Figura 2 - Genótipos 7 a 14 de erva-mate *Campona 4* selecionados em Machadinho, RS, 2012.



Figura 3 – Aspecto do erval de *Campona 4* após submetido à poda drástica, iniciando a emissão das novas brotações (A), com a copa novamente formada (B). Machadinho, RS, 2012.

As características dos ramos e folhas foram determinadas a partir de 10 ramos, de médio vigor, coletados no sentido da entrelinha (5 ramos de cada lado), com cerca de 35-40 cm, descartada a porção apical. A caracterização das folhas foi feita a partir de amostras de 50 folhas adultas por planta, sendo 5 folhas de cada ramo.

Os ramos, após destacados das plantas, foram umedecidos com pulverizador manual, colocados em saco de polietileno fechado e transportados em caixas de isopor com gelo. As análises foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da FAMV/ UPF.

Uma régua foi utilizada para medir o comprimento e a largura das folhas, considerando apenas o limbo foliar. A área foliar foi determinada utilizando um integrador de área foliar fabricado pela LI-COR, modelo LI-3000. O clorofilômetro do modelo CFL 1030 (Figura 5) foi empregado para determinar o teor de clorofila.

Após a determinação da massa fresca, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel, mantidas em estufa a 60 °C por 96 h, até estabilizar a massa, para a avaliação da massa seca. As pesagens foram realizadas em balança eletrônica com precisão de 0,001 g.

A análise dos dados foi feita por estatística descritiva, determinando a média \pm desvio padrão da média dos 14 genótipos. A partir da análise multivariada foi gerada a matriz de dissimilaridade entre as plantas por Distâncias Euclidianas Médias, e a contribuição relativa das variáveis sobre a variabilidade fenotípica dos genótipos pelo método de Singh (1981). Gerou-se um dendrograma utilizando o método de agrupamento de ligação simples ou vizinho mais próximo e calculou-se a relação entre as variáveis por Correlação de Pearson. As análises estatísticas foram realizadas no *software* Genes.

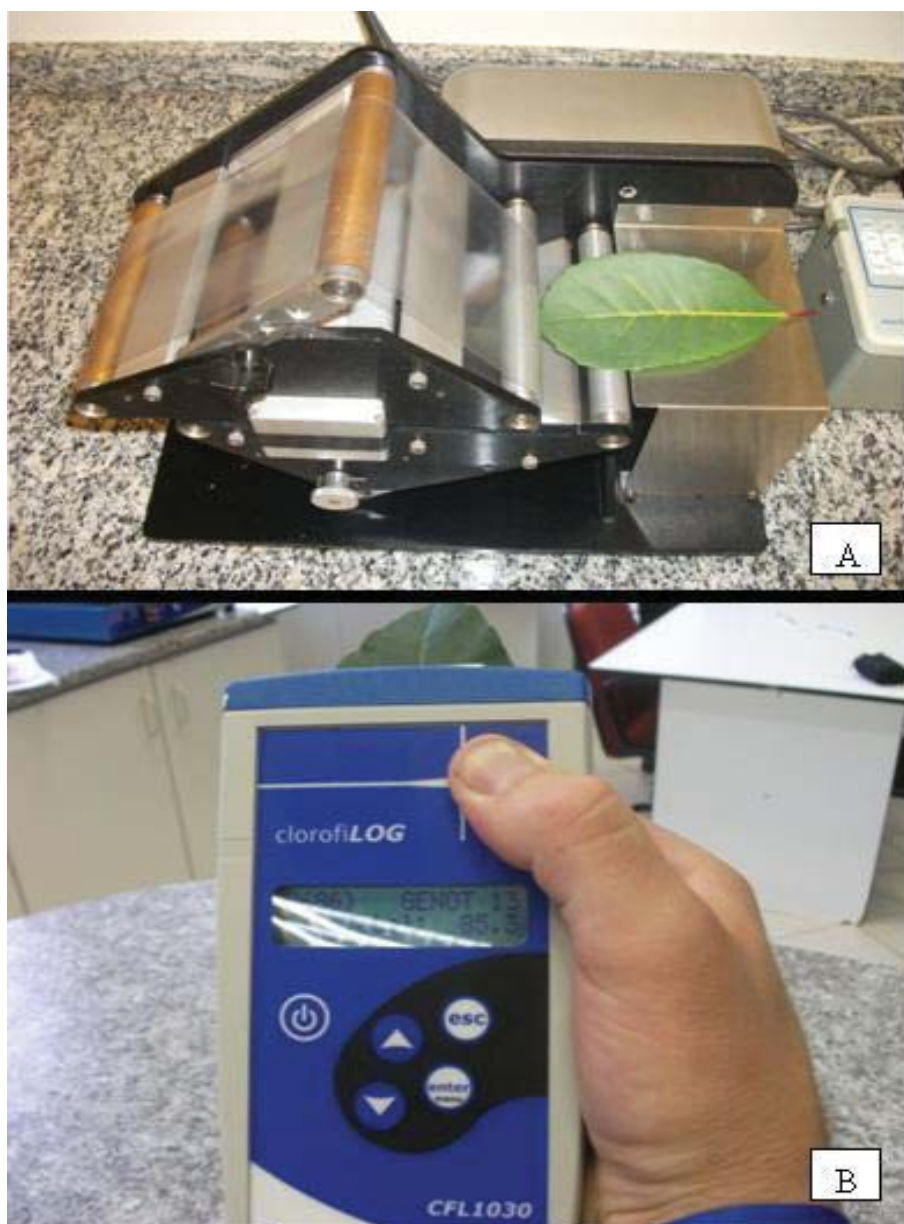


Figura 4 - Medidor da área foliar (A) e clorofilômetro (B) utilizados na caracterização das folhas dos genótipos de *Cambona 4* em um erval em Machadinho, RS.

3.2 Estudo 2 - Variabilidade no enraizamento de estacas de genótipos de erva-mate *Cambona 4* propagados por sementes

O experimento foi conduzido em estufa plástica, no Setor de Horticultura da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), em Passo Fundo, Rio Grande do Sul.

O município de Passo Fundo está situado nas coordenadas 28°15' S e 52°24' O, a uma altitude de 680 m, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Conforme Mota et al. (1970), o clima local é do tipo subtropical úmido (Cfa), pela classificação de Köppen, caracterizado por apresentar chuvas bem distribuídas durante o ano.

De acordo com Cunha (1997), as normais climatológicas de Passo Fundo são: temperatura média anual de 17,5 °C; média das mínimas de 13,2 °C; média das máximas de 23,6 °C; precipitação média anual de 1787 mm; média anual da umidade relativa do ar de 72 %; insolação total de 2329,6 h; média anual de horas de frio com temperaturas $\leq 7,0$ °C de 422 h, variando de 214 h a 554 h. Mota (1992) menciona acúmulos médios entre os meses de maio e agosto de 375 h, e entre maio e setembro de 420 h $\leq 7,2$ °C.

A estufa (Figura 5A), disposta no sentido nordeste-sudeste, apresentava estrutura de aço galvanizado, medindo 10 m x 21 m, com pé direito de 2,5 m e cobertura em arco, revestida de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 150 μm de espessura, dotado de aditivo antiultravioleta. As cortinas laterais, do mesmo material, apresentavam sistema de abertura manual. Para minimizar os efeitos da temperatura e da insolação foi instalada uma tela tipo sombrite,

com capacidade de 75% de sombreamento, disposta horizontalmente na parte interna a 2,5 m de altura, e nas laterais da estufa.

O sistema de irrigação, do tipo intermitente, constava de seis linhas distanciadas de 1,5 m, com bicos nebulizadores dispostos a cada 1 m. O sistema de nebulização, controlado por um *timer* confeccionado para irrigar em intervalos curtos, era acionado a cada 10 minutos, com duração do molhamento de 10 segundos.

Neste trabalho, os genótipos de *Cambona 4* selecionados em um erval comercial no município de Machadinho, RS, caracterizados fenotipicamente no Estudo 1, foram avaliados quanto à variabilidade no potencial de enraizamento, realizando a estaquia no verão, entre 06 de janeiro e 10 de abril de 2012 (90 dias).

As estacas coletadas de 14 genótipos de *Cambona 4* foram submetidas a tratamentos sem e com a aplicação de 6.000 mg L^{-1} de AIB. O delineamento experimental foi em quatro blocos casualizados, no esquema fatorial 2×14 , com 12 estacas por parcela.

A coleta das estacas semilenhosas foi realizada com tesoura de poda. Por ocasião da coleta no campo eram mantidas apenas 4-5 folhas, para reduzir a transpiração, umedecidas com pulverizador manual, acondicionadas em sacos de polietileno e em caixas de isopor com gelo, para transporte até o Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da FAMV-UPF.

As estacas foram padronizadas com aproximadamente 12 cm de comprimento (Figura 5B), deixando um par de folhas cortadas pela metade, eliminando o ápice. Após a padronização, as estacas foram submetidas à desinfestação, mediante imersão por 5 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 1,5%, e lavadas em água corrente.

No preparo da solução de AIB, o produto puro ($C_{12}H_{13}NO_2$ - cristalino) da marca Sigma[®] foi diluído em 100 mL de álcool etílico 70 °GL, completando o volume de 200 mL com água destilada.

A região basal das estacas (em torno de 3- 4 cm) foi imersa por 10 segundos na solução de AIB e plantadas a uma profundidade média de 4 cm em bandejas alveoladas de 72 células, utilizando como substrato casca de arroz carbonizada + vermiculita média, na proporção de 1:1 (v:v) (Figuras 5C e 5D). As estacas foram mantidas por 90 dias no leito de enraizamento. Após 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 68, 76, 83, 90 dias foi avaliada a porcentagem de sobrevivência e de retenção de folhas. Aos 90 dias, além das variáveis citadas, foi verificada a porcentagem de estacas brotadas, enraizadas e com calo, o comprimento da maior raiz e a massa fresca de raízes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. A porcentagem de sobrevivência e de retenção de folhas, no decorrer do período de estaquia, foi analisada considerando o delineamento como parcelas subdivididas no tempo (genótipos como parcela principal e dias após a estaquia como subparcela), sem e com o uso de AIB. Para efeito de análise estatística, os dados em porcentagem foram submetidos à transformação em arc seno $[\text{raiz } (x+0,5/100)]$, e o comprimento da maior raiz e massa fresca de raiz em raiz de $x+0,5$. O *software* Sisvar foi utilizado para as análises estatísticas.

Depois de avaliado o experimento, todas as estacas vivas, incluindo as que haviam enraizado, mas cujas raízes foram retiradas para a determinação da massa fresca de raízes foram recolocadas nas

bandejas, sem aplicar AIB, e mantidas de abril a outubro para avaliar a capacidade de enraizar ou, para aquelas que tiveram as raízes eliminadas, retomar o processo. Não foi procedida a análise estatística.



Figura 5 - Estufa com nebulização intermitente onde foi realizado o experimento (A); estacas padronizadas com duas meias folhas (B); bandejas com casca de arroz + vermiculita (C); vista da estaquia implantada (D). Passo Fundo, RS, 2012.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo 1 - Variabilidade fenotípica da erva-mate *Cambona 4* propagada por sementes

As variáveis estudadas, relacionadas com as folhas e os ramos, confirmaram a existência de variabilidade entre plantas de erva-mate *Cambona 4* (Figura 6) obtidas pelo método convencional, a partir de sementes, mesmo com a restrição do cruzamento entre apenas uma genitora feminina e um genitor masculino, selecionados inicialmente por um produtor rural de Machadinho, RS, e posteriormente pelo melhoramento, com o auxílio da Embrapa Florestas e a Emater/RS. Obviamente que a metodologia de seleção das plantas (genótipos) empregada nesta pesquisa foi dirigida, buscando aquelas com alguma característica diferenciada. Contudo, caso a uniformidade do erval fosse muito elevada, pode-se considerar que seria muito difícil a seleção desses genótipos.

O comprimento médio das folhas foi superior à média em oito genótipos, destacando o G3 por apresentar maior comprimento (11,8 cm), acima de um desvio padrão da média (Tabela 1 e Figura 7). Os genótipos G4 e G14 apresentaram folhas mais curtas (7,6 cm e 8,0 cm, respectivamente), abaixo de um desvio padrão da média.

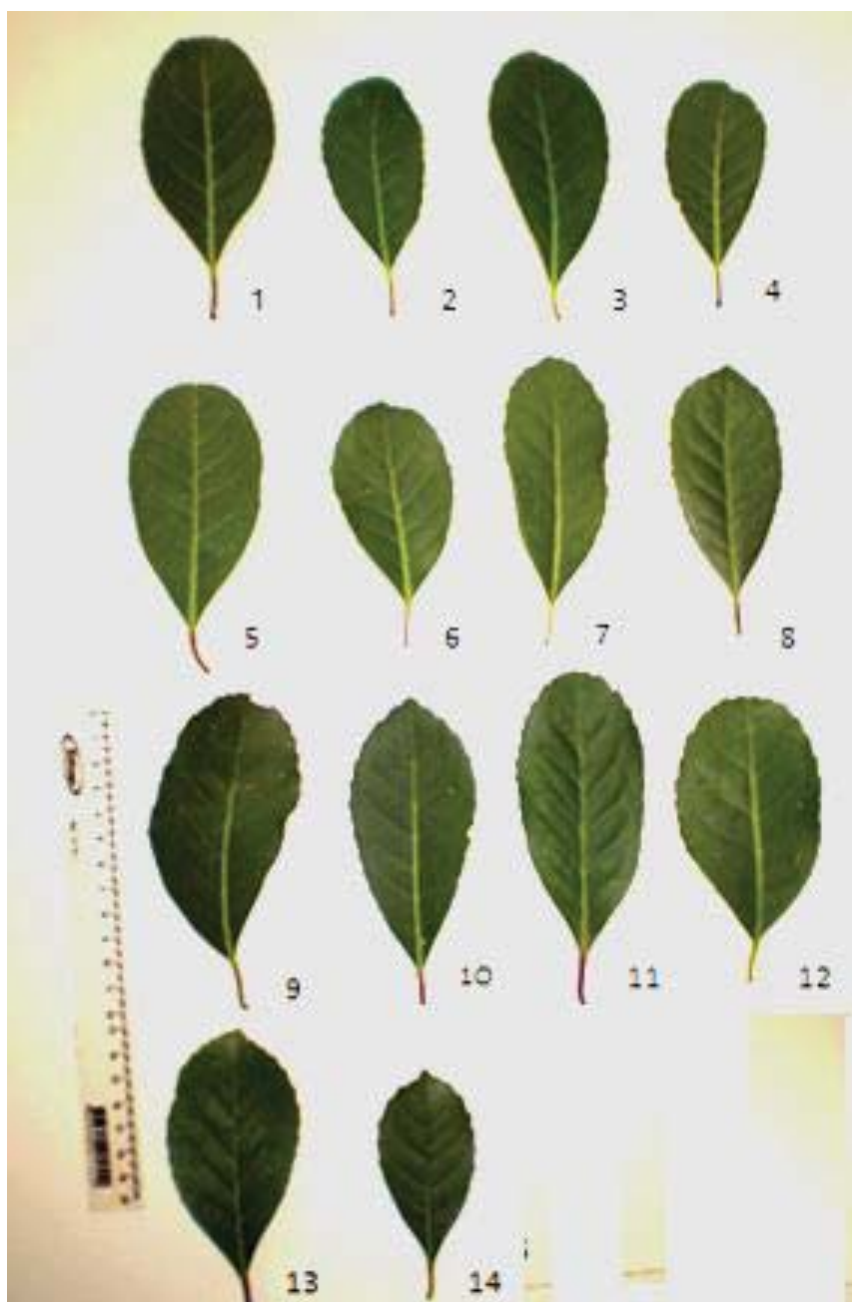


Figura 6 - Variação fenotípica das folhas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

Tabela 1 - Comprimento, largura e área foliar de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012

Genótipos	Folhas		
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm ²)
G1	9,8	5,4	49,6
G2	9,2	4,2	29,1
G3	11,8	5,7	49,5
G4	7,6	4,0	30,4
G5	10,2	5,3	46,9
G6	10,7	5,0	41,2
G7	9,2	5,2	41,0
G8	9,8	4,9	36,1
G9	10,4	5,6	47,8
G10	10,4	4,6	39,1
G11	10,1	4,8	43,9
G12	9,5	5,7	42,4
G13	9,6	4,8	36,7
G14	8,0	3,7	22,8
Média	9,7	4,9	40,2
Desvio Padrão	1,1	0,6	7,7
C.V. (%)	10,89	12,74	19,18

A largura das folhas foi acima da média em seis dos oito genótipos que apresentaram maior comprimento (G1, G3, G5, G6, G8 e G9), e também nos genótipos G7 e G12, com destaque para G3, G9 e G12, que apresentaram folhas mais largas (5,6 cm a 5,7 cm), e para G2, G4 e G14, por serem mais estreitas (3,7 cm a 4,2 cm) (Tabela 1 e Figura 8).

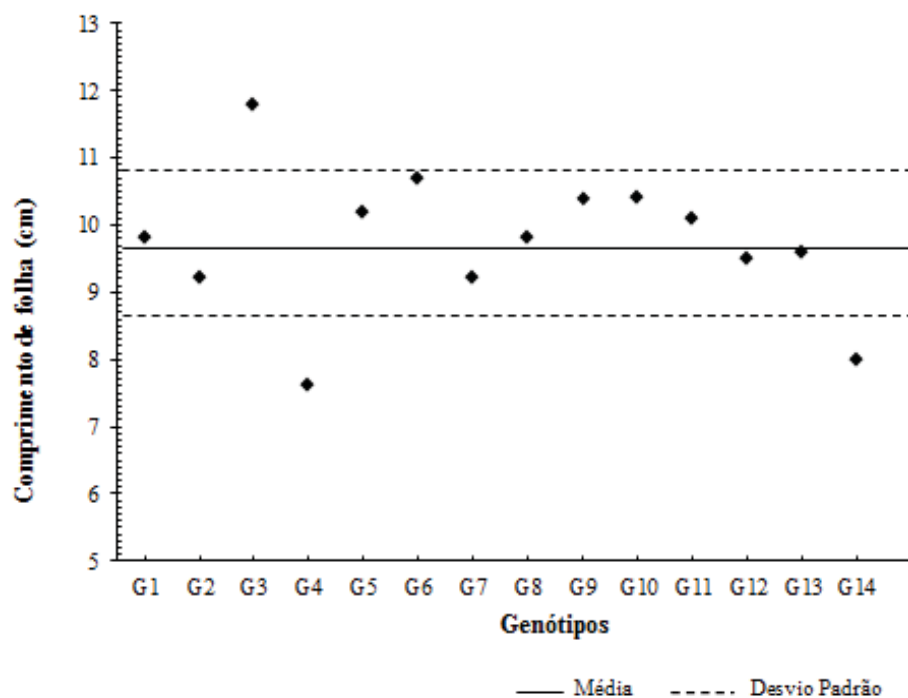


Figura 7 - Comprimento da folha de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

A respeito do comprimento e largura das folhas da erva-mate, Winge et al. (1995), estudando o comprimento, largura máxima e comprimento do pecíolo das folhas de plantas de talo roxo, de talo branco e periquita, não verificaram diferenças entre as “variedades”, exceto quanto ao comprimento entre as de talo branco e periquita.

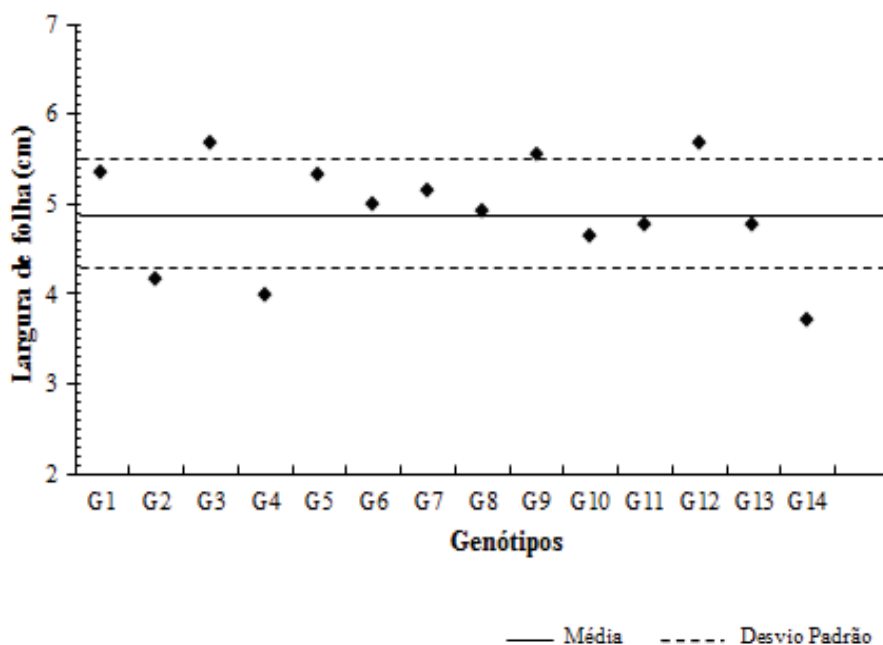


Figura 8 - Largura da folha de 14 genótipos de erva-mate *Cambona* 4. Machadinho, RS, 2012.

Em relação à área foliar, oito genótipos se posicionaram acima da média, destacando-se os genótipos G1 e G3 por apresentarem maior área foliar (49,6 cm² e 49,5 cm², respectivamente), acima de um desvio padrão da média, seguidos dos genótipos G9 e G5 (47,8 cm² e 46,9 cm², respectivamente). Os genótipos G2 e G14 apresentaram folhas de menor área foliar (29,1 cm² e 28,8 cm², respectivamente) (Tabela 1 e Figura 9).

Importante se faz destacar que não apenas o comprimento e a largura da folha determinam a maior ou menor área foliar, mas também o formato da folha, ou seja, se mais aguda ou obtusa nas extremidades. Portanto, folhas de mesmo comprimento e largura do limbo foliar apresentam maior área foliar a forma é mais obtusa.

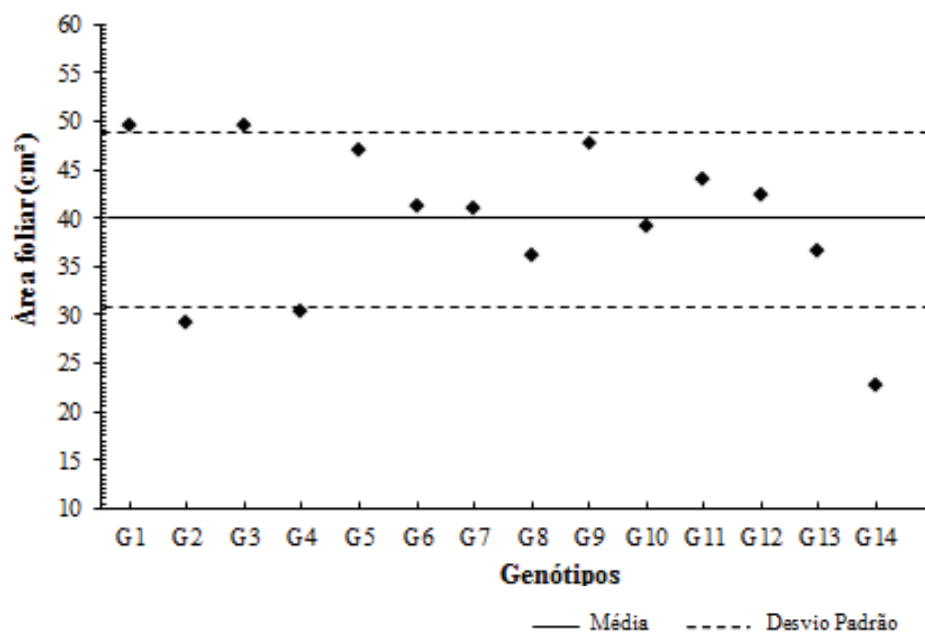


Figura 9 - Área foliar de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

Quanto à massa fresca da folha, sete genótipos (G1, G3, G5, G6, G7, G9 e G12) foram superiores à média (Tabela 2 e Figura 10), com destaque para os genótipos G5 e G9 (1,64 g e 1,63 g, respectivamente), porém nenhum se apresentou acima de um desvio padrão da média. Folhas de menor massa fresca apresentaram os genótipos G2 e G14.

Tabela 2 - Massa fresca e seca das folhas, distância entre folhas e número de folhas por metro linear de ramo de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012

Genótipos	Massa fresca de folhas (g)	Massa seca de folhas (g)	Distância entre folhas (cm)	Nº folhas/m linear de ramo
G1	1,55	0,559	3,11	32,2
G2	1,06	0,389	2,52	39,0
G3	1,56	0,581	2,97	33,7
G4	1,42	0,567	2,11	47,4
G5	1,64	0,645	3,30	30,3
G6	1,50	0,592	3,08	32,5
G7	1,59	0,518	2,72	36,8
G8	1,33	0,474	3,37	29,7
G9	1,63	0,688	2,73	36,6
G10	1,38	0,546	2,69	37,2
G11	1,42	0,562	3,07	32,6
G12	1,54	0,636	2,82	37,2
G13	1,17	0,464	2,40	32,6
G14	0,75	0,291	1,50	66,7
Média	1,41	0,536	2,75	37,5
Desvio Padrão	0,25	0,105	0,49	9,5
C.V. (%)	18,09	19,57	18,01	25,02

Folhas com massa seca acima da média foram obtidas em nove genótipos, destacando-se G5, G9 e G12. Os genótipos G2 e G14 apresentaram folhas de menor massa seca (Tabela 2 e Figura 11), refletindo a menor massa fresca.

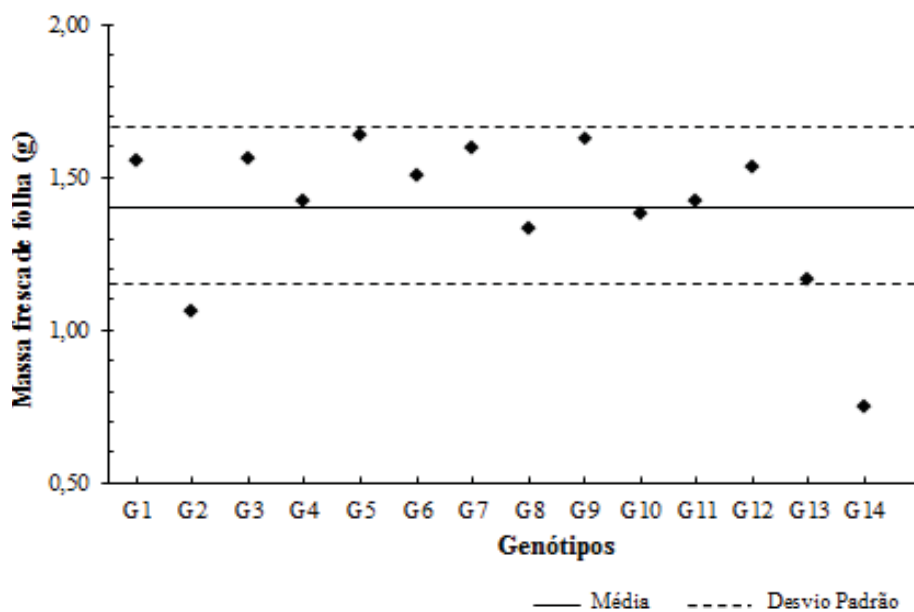


Figura 10 - Massa fresca da folha de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

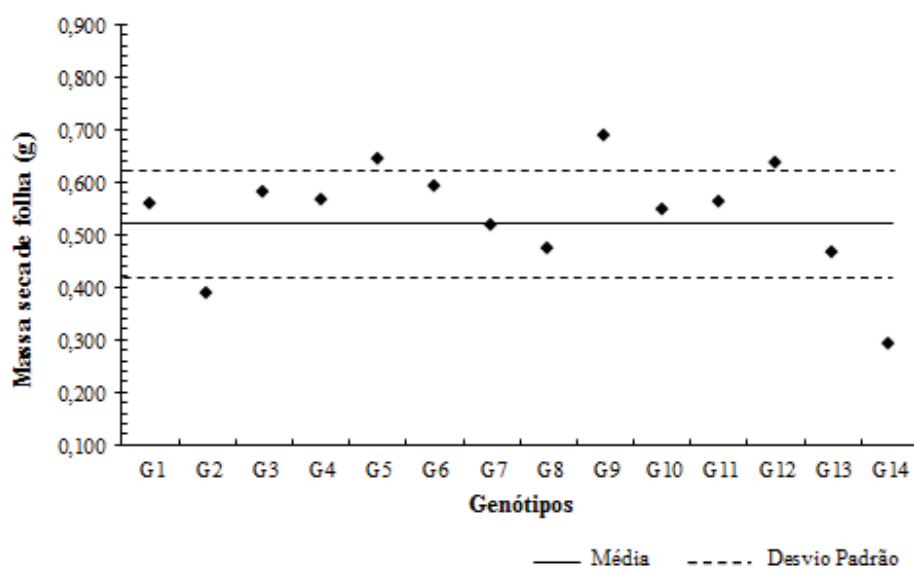


Figura 11 - Massa seca da folha de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

A distância entre folhas variou entre os 14 genótipos de 1,50 cm a 3,37 cm, sendo as distâncias superiores à média (2,75 cm) em sete genótipos, destacando-se G5 e G8 (Tabela 2 e Figura 12). Os genótipos G4 e G14 apresentaram menor distância entre folhas, propiciando, conforme se verifica na Tabela 2 e Figura 13, a presença de maior número de folhas por metro linear.

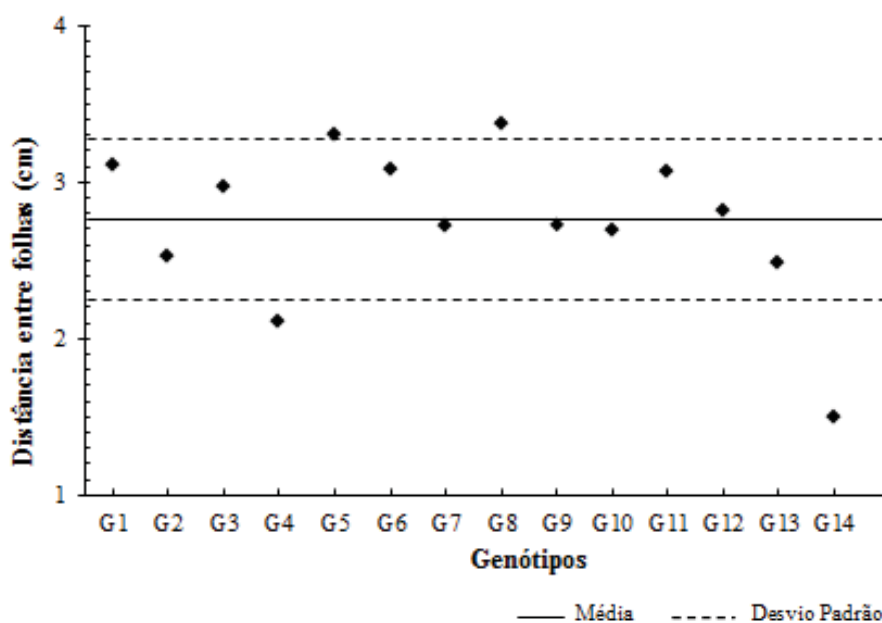


Figura 12 - Distância entre folhas em 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

A proximidade das folhas é um componente do rendimento da erva-mate, porém a produção de uma planta necessita levar em consideração a combinação de outros fatores, como a área foliar, o vigor de crescimento e a capacidade de retenção das folhas durante o ciclo de crescimento.

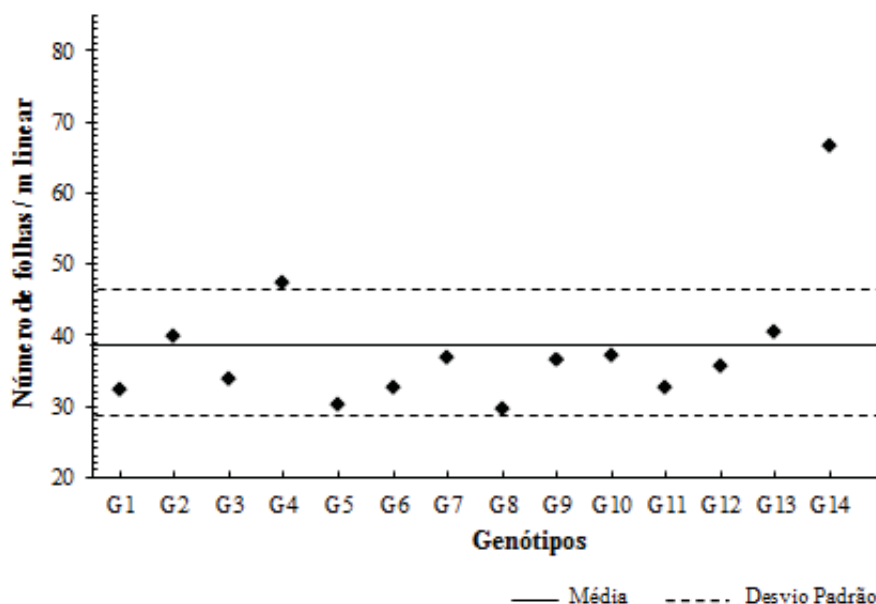


Figura 13 – Número de folhas por metro linear de ramo de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

De acordo com Sturion & Resende (2010), são fatores que afetam a expressão fenotípica o tipo e a estrutura do solo, a forma de preparo do mesmo, as atividades biológicas, as práticas de cultivo, a época e a frequência entre podas.

Neste trabalho não foi avaliada a área foliar, massa fresca e seca total de cada genótipo, mas é importante ressaltar que a combinação das variáveis relatadas na pesquisa se constitui em componentes de rendimento de um genótipo de erva-mate fundamentais no processo de seleção de plantas matrizes.

A variabilidade fenotípica decorrente da propagação sexuada, evidenciada no presente trabalho, foi também verificada por Dalazen et al. (2012), em dois ervaís nos municípios de Ilópolis (RS) e

Arvorezinha (RS), denominados de tipo A e tipo B, onde foram avaliadas a área foliar e a massa foliar seca de cada indivíduo. As características predominantes no tipo A eram de folhas pequenas, brilhosas, com coloração verde-clara e bordas pouco serrilhadas, aparentemente mais espessas, além de maior quantidade de folhas e sementes produzidas. Os indivíduos do tipo B apresentavam folhas maiores, com bordas bastante serrilhadas, menos espessas, com coloração verde-acinzentada e pouco brilho, além de menor quantidade de folhas e produção de sementes por indivíduo. As folhas do erval tipo B duplicaram a área foliar quando em sombreamento, comparadas à pleno sol, o que não foi verificado no erval tipo A.

Sturion & Resende (2005), em estudo que teve por objetivo selecionar progênies de erva-mate em Ivaí, PR, considerando a estabilidade, adaptabilidade e a produção de massa foliar por três safras, verificaram que houve variações no ordenamento das progênies para a produção de massa foliar ao longo das safras.

Ao determinar o Índice de Clorofila verificou-se que, para a clorofila a (Tabela 3 e Figura 14), cinco genótipos se posicionaram acima da média, e os genótipos G7, G12 e G13 acima, mas muito próximos de um desvio padrão. Somente dois genótipos (G3 e G14) ficaram abaixo de um desvio padrão, com menor índice de clorofila a.

Tabela 3 - Índice Falker de Clorofila (IFC) a, b e total de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012

Genótipos	Clorofila a (IFC)	Clorofila b (IFC)	Clorofila total (IFC)
G1	48,2	30,8	79,0
G2	47,6	27,2	74,8
G3	46,9	25,3	72,2
G4	49,2	34,3	83,5
G5	47,9	27,9	75,8
G6	48,5	29,0	77,5
G7	49,7	31,1	80,8
G8	49,3	29,7	79,0
G9	48,2	28,5	76,7
G10	48,2	29,0	77,2
G11	47,7	25,3	73,0
G12	49,6	35,6	85,2
G13	49,9	30,7	80,6
G14	46,6	38,6	85,2
Média	48,4	30,2	78,6
Desvio Padrão	1,0	3,8	4,1
C.V. (%)	2,09	12,48	5,22

O índice de clorofila b (Tabela 3 e Figura 15) foi acima da média em sete genótipos, com maior índice nas folhas de G12 e G14. Os genótipos G3 e G11 apresentaram-se abaixo de um desvio padrão da média.

O IFC total (Tabela 3 e Figura 16) foi superior nos genótipos G12 e G14 (85,2). Os genótipos G3 e G11, assim como ocorreu para o índice de clorofila b, se posicionaram com menor clorofila total (72,2 e 73,0, respectivamente).

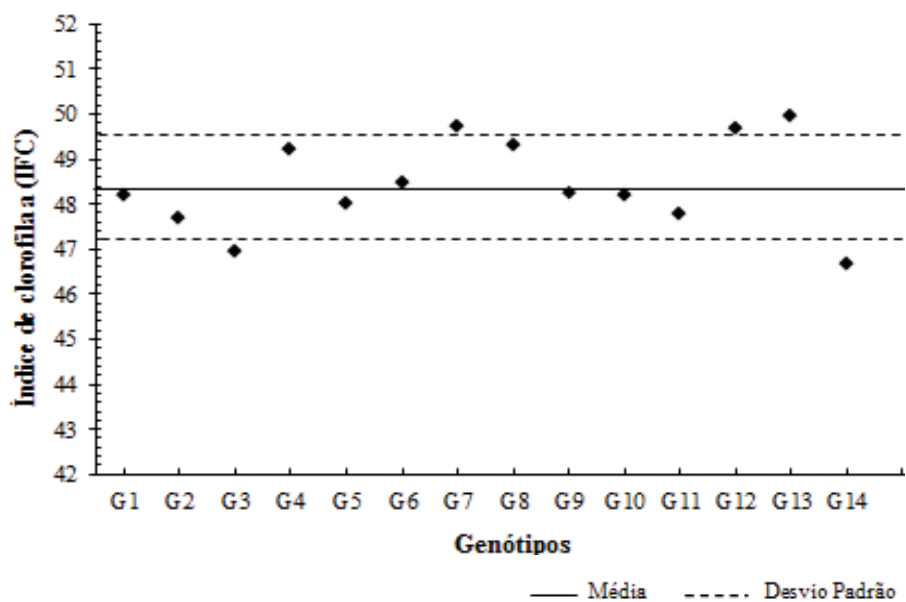


Figura 14 - Índice de clorofila a nas folhas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

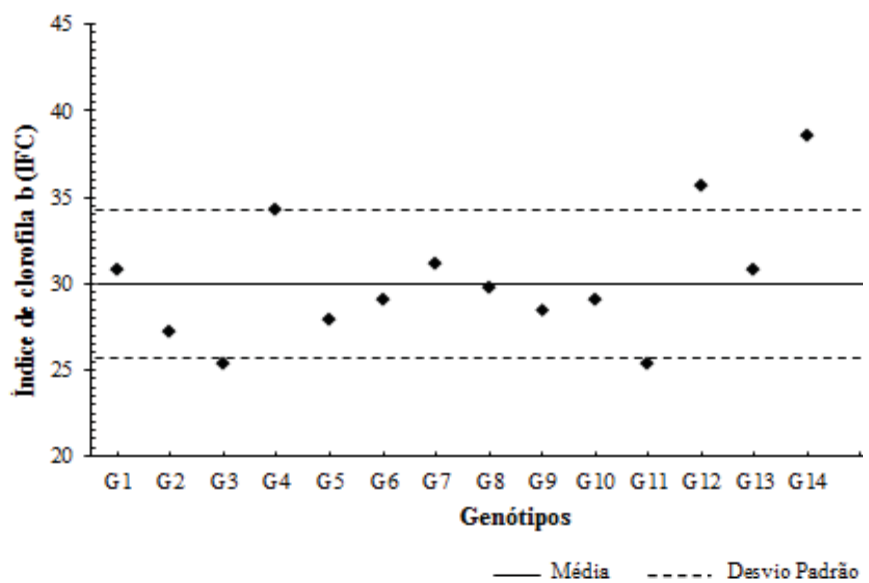


Figura 15 - Índice de clorofila b nas folhas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

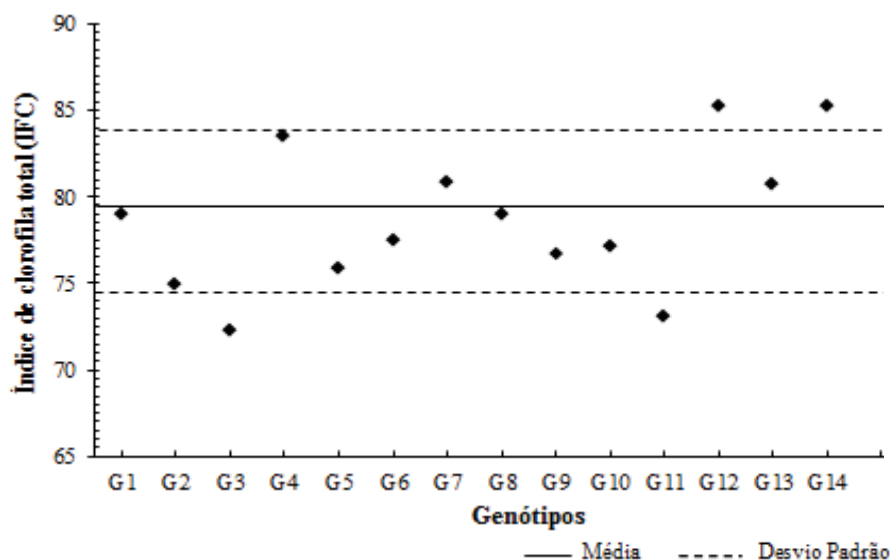


Figura 16 - Índice de clorofila total nas folhas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

De acordo com Steet & Tong (1996), os cloroplastos das plantas superiores contêm dois tipos de clorofila: a e b. Comumente, a razão molar entre clorofila “a e b” é de 3:1. Embora ambas sejam verdes, os seus espectros de absorção são ligeiramente diferentes, de maneira que, para o olho humano, a clorofila “a” apresenta uma tonalidade verde-azulada, e a clorofila “b” verde-amarelada.

A clorofila tem importância em fatores ligados à eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes. Uma planta com alta concentração de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo valor potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo, porém nem sempre esta relação existe, pois a etapa bioquímica da fotossíntese (fase do escuro) pode limitar o processo (PORRA et al., 1999; CHAPPELE & KIM, 1992).

O genótipo G5, dentre todos os genótipos estudados, visualmente teria as características fenotípicas consideradas mais próximas de um padrão *Cambona 4*, pelo formato da folha obtusa na extremidade e a coloração de um verde-acizentado, além da textura da folha lisa, macia e flexível, que não foram características analisadas, mas percebida pelo grupo de pesquisa como uma característica predominante nos ervais de *Cambona 4*, bem como pelos produtores que foi mantido contato. Estabelecendo uma relação com os demais genótipos, verifica-se que o número de folhas por metro linear de ramo do G5 foi abaixo da média, com 30,3 folhas, mas a área foliar foi acima da média, e a massa fresca e seca próxima e acima de um desvio padrão da média, respectivamente, evidenciando o potencial produtivo.

A medida de dissimilaridade, estimada pela Distância Euclidiana média (D) (Tabela 4) confirma a variabilidade fenotípica entre os genótipos ao se obter as mudas por propagação sexuada, intencionalmente buscada no procedimento de seleção dos mesmos para a pesquisa. A análise revelou que a maior divergência fenotípica foi apresentada entre os genótipos G3 e G14 (3,08), e a maior similaridade entre os genótipos G6 e G10 (0,43), seguido de G5 e G9 (0,49).

Tabela 4 - Medidas de dissimilaridade obtidas a partir da distância euclidiana média entre pares de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		1,44	1	1,57	0,5	0,52	0,7	0,81	0,6	0,73	0,78	0,9	1,09	2,21
2	1,44		1,66	1,36	1,54	1,25	1,34	1,1	1,59	0,9	1,09	1,82	1,01	1,82
3	1	1,66		2,28	0,77	0,9	1,49	1,41	0,83	1,06	0,78	1,74	1,69	3,08
4	1,57	1,36	2,28		1,8	1,55	1,11	1,44	1,69	1,3	1,74	1,32	1,04	1,68
5	0,5	1,54	0,77	1,8		0,47	0,99	0,96	0,49	0,79	0,58	1,21	1,36	2,93
6	0,52	1,25	0,9	1,55	0,47		0,77	0,64	0,61	0,43	0,57	1,06	0,98	2,62
7	0,7	1,34	1,49	1,11	0,99	0,77		0,72	0,92	0,79	1,1	0,68	0,65	2,39
8	0,81	1,11	1,41	1,44	0,96	0,64	0,72		1,15	0,72	0,9	1,1	0,74	2,48
9	0,6	1,59	0,83	1,69	0,49	0,61	0,92	1,15		0,8	0,81	1,06	1,28	2,82
10	0,73	0,9	1,06	1,3	0,79	0,43	0,8	0,72	0,8		0,59	1,19	0,79	2,26
11	0,78	1,09	0,78	1,74	0,58	0,57	1,1	0,9	0,81	0,59		1,53	1,22	2,69
12	0,9	1,82	1,74	1,32	1,21	1,06	0,68	1,1	1,06	1,19	1,53		1,05	2,56
13	1,09	1,01	1,69	1,04	1,36	0,98	0,65	0,74	1,28	0,79	1,22	1,05		2,03
14	2,64	1,82	3,08	1,68	2,93	2,62	2,39	2,48	2,82	2,26	2,69	2,56	2,03	

Avaliando a contribuição relativa dos dez caracteres estudados para a divergência entre os genótipos (Tabela 5), constata-se que o número de folhas por metro linear (47,53%) e a área foliar (34,46%) foram as mais determinantes.

A correlação de Pearson, aplicada às características fenotípicas dos 14 de genótipos de *Cambona 4*, incluindo as plantas mãe e pai (Tabela 6), revelam a existência de correlação positiva significativa entre o comprimento (CF) e a largura da folha (LF), e que o incremento destes dois parâmetros influenciam o aumento da área foliar (AF). O aumento da massa fresca (MF) e seca (MS) da folha está correlacionado com o maior CF, LF, AF e a distância entre folhas no ramo (DEF), que por sua vez reduzem o número de folhas por metro linear de ramo. O Índice Falker de Clorofila Total (ICFT) revelou correlação com o Índice Falker de Colorofila b (ICFb).

Tabela 5 - Contribuição relativa dos caracteres para a divergência Singh (1981) entre 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

Variável	S.j	Valor (%)
Comprimento folha	205,13	0,60
Largura folha	71,73	0,21
Área foliar	11877,5137	34,46
Distância entre folhas	45,85	0,13
Número de folhas/m	16382,72	47,53
Massa fresca da folha	11,496	0,33
Massa seca da folha	2,05	0,006
Índice Falker Clorofila a	187,6836	0,54
Índice Falker Clorofila b	2607,88	7,57
Índice Falker Clorofila total	3075,73	8,92

Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as características fenotípicas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machadinho, RS, 2012.

	CF	LF	AF	DEF	NF	MF	MS	IFCa	IFCb	IFCT
CF		0,80**	0,83**	0,73**	-0,71**	0,60*	0,63**	0,23	-0,55*	-0,41
LF			0,93**	0,75**	-0,75**	0,83**	0,81**	0,46	-0,33	-0,17
AF				0,84**	-0,85**	0,88**	0,86**	0,39	-0,48	-0,33
DEF					-0,97**	0,77**	0,70**	0,44	-0,58*	-0,44
NF						-0,78**	-0,74**	-0,54*	0,54	0,37
MF							0,94**	0,44	-0,45	-0,29
MS								0,46	-0,34	-0,19
IFCa									0,17	0,43
IFCb										0,95**

CF-Comprimento de folha; LF- Largura de folha; AF- Área foliar; DEF- Distância entre folhas; NF- N° de folha por metro linear; MF- Massa fresca de folha; MS- Massa seca de folha; IFCa – Índice Falker de Clorofila a; IFCB- Índice Falker de Clorofila b e IFCT- Índice Falker de Clorofila Total.

** Significativo a 1% e * 5% pelo teste t.

O dendrograma (Figura 17), elaborado com base na análise por Distâncias Euclidianas das características fenotípicas, possibilitou estabelecer, considerando o ponto de corte adotado, três grupos de genótipos mais similares entre si, quais sejam: o Grupo 1, constituído pelo G14; Grupo 2, pelo G4; e Grupo 3 pelos demais genótipos.

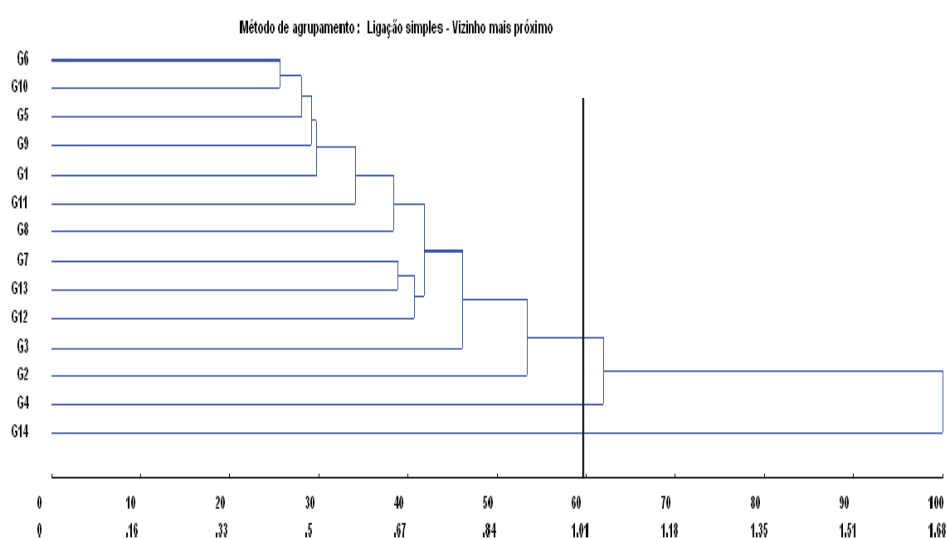


Figura 17 - Dendrograma obtido pelo método de agrupamento ligação simples ou vizinho mais próximo, com base na matriz de Distâncias Euclidianas para os 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*. Machado, RS, 2012.

Ao constatar as variações fenotípicas e, possivelmente químicas, não estudadas, evidencia-se a necessidade da seleção de genótipos com características superiores, de excelente qualidade da matéria-prima, produtividade e rendimento econômico. Medrado & Mosele (2010) corroboram, mencionando que, em meados da década de 1990, passou-se a dar maior atenção à morfotipos de erva-mate

pela importância na produção de folhas, em especial na relação folha/caule, e na qualidade da matéria-prima.

4.2 Estudo 2 - Variabilidade no enraizamento de estacas de genótipos de erva-mate *Cambona 4* propagados por sementes

A sobrevivência das estacas (Figura 18A) no período de 90 dias de estaquia, entre 06 de janeiro e 10 de abril, foi considerada muito satisfatória para a maioria dos genótipos, com ou sem o uso do AIB (Tabelas 7 e 8), embora para alguns genótipos o uso do AIB tenha reduzido a sobrevivência (Tabela 9).

Sem o uso de AIB (Tabela 7), dois genótipos (G7 e G11) se destacaram por não apresentarem mortalidade significativa, bem como o G6 e G13, por uma pequena mortalidade ocorrer apenas entre 68 e 76 dias após a estaquia. De qualquer maneira, necessário se faz destacar a elevada sobrevivência das estacas no primeiro mês, uma vez que para outros oito genótipos houve registros significativos de morte de estacas apenas nas avaliações aos 42 ou 56 dias. O genótipo G9 foi o único que apresentou alguma mortalidade antes dos 30 dias. Verificou-se, também, para a maioria dos genótipos, que após os períodos acima mencionados de morte de estacas, houve uma estabilização da sobrevivência.

Ao final do período de 90 dias, sem o uso do AIB (Tabela 7), a maior sobrevivência de estacas foi proporcionada pelos genótipos G7 e G11 (97,9%), seguidos de G1, G5, G6, G10, G12, G13 e G14, e a mais baixa por G8 e G9 (68,7%). Contudo, realizando a análise estatística dos resultados obtidos aos 90 dias, e envolvendo a interação genótipos x uso de AIB, os resultados se mostraram menos discriminados, com quatro genótipos se apresentando com

sobrevivência mais baixa (G3, G4, G8 e G9) e os demais não diferindo entre si.

Com o uso do AIB (Tabela 8), o genótipo G7 foi o único que não apresentou redução significativa da sobrevivência ao longo dos 90 dias, assim como aconteceu também sem AIB. Pode-se considerar que a sobrevivência foi muito satisfatória no primeiro mês de estaquia, da mesma forma que sem AIB, e para vários genótipos se manteve até o final do experimento. Porém, o uso do AIB parece ter provocado efeito fitotóxico em alguns genótipos, pois, diferentemente do comportamento observado sem AIB, cinco genótipos (G1, G2, G3, G8 e G9) apresentaram, embora não elevada, redução da sobrevivência já na avaliação aos 28 dias, e outros dois genótipos (G4 e G14) aos 35 dias. Os demais genótipos registraram redução da sobrevivência somente a partir de 49 dias.

A análise dos dados de todo o período de estaquia (Tabela 8) revelou que as maiores taxas de sobrevivência, com o uso do AIB, foram proporcionadas ao final do experimento pelos genótipos G5, G7, G11, G12, G13 e G14 (87,5% a 95,8%), e as menores pelos genótipos G4 e G8 (54,1% e 47,7%, respectivamente), seguido de G1, G2 e G3 (66,7% a 77,1%), que também apresentaram menor sobrevivência sem AIB, com exceção do G1. Na análise dos dados apenas ao final do experimento, e incluindo a interação genótipos x uso de AIB (Tabela 9), os resultados, menos discriminados, incluíram o G6 no grupo dos genótipos com maior sobrevivência, não diferindo entre si os demais. Verificou-se, ainda, que para três genótipos (G1, G4 e G10), o tratamento com AIB reduziu a sobrevivência, evidenciando algum efeito fitotóxico.

Tabela 7 - Porcentagem de sobrevivência das estacas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*, sem ácido indolbutírico (AIB), no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012

Genótipos	Dias após a estaquia													
	7	14	21	28	35	42	49	56	68	76	83	90		
G1	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 93,7 a	B 93,7 a	B 93,7 a	B 91,7 b		
G2	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	B 89,0 b	B 89,0 b	B 89,0 b	B 87,5 b	B 87,5 c		
G3	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	B 89,6 b	B 89,6 b	C 83,3 b	C 83,3 b	C 83,3 c	C 81,2 c	C 81,2 c		
G4	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	B 95,8 a	B 93,7 b	B 91,7 b	C 85,4 c	C 83,3 b	C 81,2 c	C 79,1 c	C 79,1 c		
G5	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 91,7 a	B 91,7 b	B 91,7 b	B 91,7 b		
G6	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	B 91,6 b	B 91,6 b	B 91,6 b		
G7	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a		
G8	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 95,8 a	A 95,8 a	B 89,6 b	B 89,6 b	C 81,2 c	C 77,0 b	C 70,8 d	C 68,7 d	C 68,7 d		
G9	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 93,7 a	B 93,7 a	B 93,7 b	C 89,6 b	C 89,6 b	D 77,0 b	D 70,8 d	D 68,7 d	D 68,7 d		
G10	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 91,7 a	B 91,7 b	B 91,7 b	B 91,7 b		
G11	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 98,9 a	A 98,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a		
G12	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 91,7 b	B 91,7 b	B 91,7 b		
G13	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a	B 91,7 a	B 91,7 b	B 91,7 b	B 91,7 b		
G14	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	B 93,7 b	B 93,7 a	B 89,6 b	B 89,6 b	B 89,6 b	B 89,6 b	B 89,6 b		
CV (%) (PP)	27,52													
CV (%) (SP)	7,52													

Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. PP- parcela principal; SP – subparcela.

Tabela 8 - Porcentagem de sobrevivência das estacas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*, com 6.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012

Genótipos	Dias após a estaquia													
	7	14	21	28	35	42	49	56	68	76	83	90		
G1	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 91,7 b	C 87,5 c	C 87,5 b	C 87,5 b	C 79,2 b	D 75,0 b	D 68,7 c	D 66,7 c	D 66,7 c		
G2	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	B 89,6 b	B 85,4 c	B 85,4 b	C 81,2 b	C 77,0 b	C 76,6 b	C 72,4 c	C 70,3 c	C 70,3 c		
G3	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 95,8 a	C 84,9 b	C 84,9 b	C 79,2 b	C 79,2 c	C 77,1 c	C 77,1 c		
G4	A 100 a	A 97,9 a	A 95,8 a	A 95,8 a	B 91,7 b	B 85,4 b	C 81,2 b	C 75,0 b	C 68,7 c	D 62,5 d	D 54,1 d	D 54,1 d		
G5	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	B 95,8 a	B 91,7 a	B 91,7 a		
G6	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 95,8 a	B 91,7 a	B 91,7 a	C 84,9 b	C 84,9 b	C 84,9 b		
G7	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a		
G8	A 100 a	A 97,9 a	A 93,7 a	B 87,5 b	B 83,3 d	C 72,9 b	C 66,7 c	C 60,4 c	D 54,2 c	D 50,0 d	D 47,7 d	D 47,7 d		
G9	A 100 a	A 100 a	A 95,8 a	B 83,3 b	B 83,3 d	B 83,3 b	B 83,3 b	B 83,3 b	B 81,2 b	B 79,2 c	B 79,2 c	B 79,2 b		
G10	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	B 89,6 b	B 85,4 b	B 81,2 b	B 81,2 c	B 81,2 c	B 81,2 b		
G11	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 95,8 a	A 95,8 a	A 95,8 a	B 87,5 b	B 87,5 a	B 87,5 a		
G12	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 100 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 91,7 a	B 91,7 a	B 91,7 a		
G13	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	A 97,9 a	A 95,8 a	A 95,8 a	B 93,7 a	B 91,7 a	B 89,6 a	B 87,5 a	B 87,5 a		
G14	A 100 a	A 100 a	A 100 a	A 97,9 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 95,8 a	B 93,7 a	B 93,7 a	B 87,5 a	B 87,5 a	B 87,5 a		
CV (%) (PP)	30,86													
CV (%) (SP)	7,81													

Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. PP- parcela principal; SP – subparcela.

Tabela 9 - Porcentagem de sobrevivência, retenção foliar e brotação das estacas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*, sem e com o uso de 6.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), 90 dias após a estaquia. FAMV, Passo Fundo, RS, 2012

Genótipos	Sobrevivência		Retenção foliar		Brotação	
	(%)		(%)		(%)	
	Sem AIB	Com AIB	Sem AIB	Com AIB	Sem AIB	Com AIB
G1	A 91,7 a	B 66,7 b	A 69,8 a	A 51,0 b	A 16,6 a	A 14,6 b
G2	A 87,5 a	A 70,3 b	A 62,5 b	A 44,8 c	A 12,5 a	A 10,4 b
G3	A 81,2 b	A 77,1 b	A 59,4 b	A 42,7 c	A 25,0 a	A 12,5 b
G4	A 79,1 b	B 54,1 b	A 55,2 b	A 37,5 c	A 29,1 a	A 16,6 b
G5	A 91,7 a	A 91,7 a	A 54,2 b	A 44,8 c	A 18,7 a	A 14,6 b
G6	A 91,6 a	A 84,9 a	A 72,9 a	B 41,7 c	A 25,0 a	A 20,8 b
G7	A 97,9 a	A 95,8 a	A 87,5 a	B 60,4 b	A 22,8 a	A 18,7 b
G8	A 68,7 b	A 47,7 b	A 46,9 b	B 20,8 c	A 41,6 a	A 36,9 a
G9	A 68,7 b	A 79,2 b	A 70,8 a	B 34,4 c	A 22,9 a	A 10,4 b
G10	A 91,7 a	B 81,2 b	A 82,3 a	B 35,4 c	A 18,7 a	A 18,0 b
G11	A 97,9 a	A 87,5 a	A 86,5 a	B 57,3 b	A 20,8 a	A 36,8 a
G12	A 91,7 a	A 91,7 a	A 71,9 a	B 20,8 c	A 4,2 a	A 2,1 b
G13	A 91,7 a	A 87,5 a	A 62,5 b	A 84,4 a	A 35,4 a	A 43,7 a
G14	A 89,6 a	A 87,5 a	A 74,0 a	A 33,3 c	A 20,8 a	A 20,8 b
Média	87,1	78,8	63,3	43,5	22,4	19,8
CV (%)	16,35		23,00		39,40	

Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Santos (2011) estudou a propagação por estaquia de doze genótipos nativos de erva-mate selecionados em Machadinho, RS, e quatro de ervais comerciais de Ilópolis, RS. A estaquia foi realizada na primavera/verão e no outono/inverno, comparando estacas sem e com tratamento de 6.000 mg L^{-1} de AIB. Concluiu, ao contrário do que foi observado no presente trabalho, que o período mais crítico para a sobrevivência das estacas foi nas primeiras três semanas, fato estreitamente relacionado com a queda de folhas. Porém, os resultados concordam ao verificar que a porcentagem de estacas vivas variou conforme o genótipo e o uso ou não de AIB. Nas duas épocas, o regulador não elevou a sobrevivência e, no caso de vários genótipos, principalmente na estaquia de outono/inverno, reduziu a sobrevivência. Sem AIB, a sobrevivência variou de 29,7% a 80,2% na primavera/verão, e de 10,5% a 90% no outono/inverno. Com AIB, variou de 36,7% a 65,1% na primavera/verão, e de 5,7% a 76,3% no outono/inverno. Os resultados foram menos promissores que os obtidos no presente trabalho, com maior frequência de baixas porcentagens de sobrevivência.

A dificuldade de sobrevivência das estacas de erva-mate foi constatada por Higa (1982), que devido à grande mortalidade realizou somente uma avaliação aos 34 dias, resultando em taxa de enraizamento nula.

Horbarch (2008) testou a estaquia de ramos jovens de uma planta de erva-mate com aproximadamente 10 anos de idade, preparados com o comprimento de 3 cm e 10 cm, utilizando as doses de 0, 4.000 e 8.000 mg L^{-1} de AIB. Verificou que as diferentes doses de AIB reduziram a sobrevivência das estacas de 3 cm, não sendo

observada diferença significativa entre as doses para estacas de 10 cm. Quando comparado o comprimento das estacas, as de 10 cm apresentaram sobrevivência inferior às de 3 cm no tratamento testemunha, e não diferiram com o uso do AIB.

Quadros (2009) estudou a propagação por micro-estaquia de erva-mate, originadas de sementes excisadas, seguindo o protocolo de Horbach (2008). Em câmara de fluxo laminar os brotos foram coletados das microcepas mantidas *in vitro*, padronizadas para o comprimento de 1 cm e plantadas em copos plásticos contendo substrato esterilizado, utilizando as doses de 0, 500, 1.000, 1.500 e 2.000 mg L⁻¹ de AIB. Obtiveram 10% de mortalidade tratando com 1.000 mg L⁻¹ de AIB, enquanto que as não tratadas sofreram oxidação e apresentaram 40% de mortalidade.

A influência sobre a sobrevivência das estacas da utilização ou não de AIB é variável entre as espécies e cultivares. Em trabalho de Goulart et al. (2008), com mini-estacas de clones da espécie florestal *Eucalyptus urophylla*, foi verificado que, no clone H2, a utilização de AIB demonstrou fitotoxicidade e menor sobrevivência das miniestacas, mesmo com as menores doses, enquanto no clone H4 a utilização do AIB não influenciou a sobrevivência. Lopes (2009), avaliando a propagação vegetativa por estaquia em mirtáceas, também verificou que a sobrevivência das estacas de pitangueira foi afetada negativamente pelo incremento nas doses de AIB.

Yamamoto et al. (2010) observaram que o método de aplicação do AIB pode influenciar a sobrevivência de estacas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). Para a concentração de 2.000 mg L⁻¹, a aplicação em solução hidroalcolica resultou em menor percentual

de sobrevivência (62,5%) que na forma de talco, onde 94% das estacas sobreviveram. Ressaltam que tal resultado pode estar relacionado a uma possível toxidez provocada pela maior absorção de AIB em solução mais concentrada.

O possível efeito negativo do AIB é apontado por Hausman (1993), que verificou aumentos significativos na atividade da peroxidase na presença de auxina exógena. Zanol et al. (1997), ao estudarem o efeito do escuro e do ácido indolbutírico no enraizamento e atividade da peroxidase no porta-enxerto de macieira ‘Marubakaido’, verificaram que, na presença de AIB, houve um aumento da atividade da peroxidase durante o enraizamento, não apresentando diferenças significativas entre as concentrações de AIB utilizadas, independente dos períodos de exposição ao escuro.

Os resultados de retenção foliar, durante o período de 90 dias de estaquia, são apresentados nas Tabelas 10 e 11. A queda das folhas mantidas nas estacas não tratadas com AIB se deu, para a maioria dos genótipos, significativamente, na terceira semana após a estaquia (Tabela 10), com sete genótipos não apresentando, nas semanas seguintes, praticamente progressão da queda de folhas. A redução mais acentuada da retenção de folhas foi verificada nos genótipos G2, G3, G4, G5, G8 e G13 (46,9% a 62,5% de retenção foliar), que apresentaram, com exceção do G13, também menor sobrevivência (Tabela 7), demonstrando a importante relação da presença das folhas com a sobrevivência das estacas. Com maior retenção foliar se destacaram os genótipos G7, G10 e G11 (82,3% a 87,5%).

Na análise dos dados de retenção foliar aos 90 dias, considerando a interação genótipos x uso do AIB (Tabela 9), além dos genótipos G7, G10 e G11, foram estatisticamente considerados no mesmo grupo de maior retenção de folhas os genótipos G1, G6, G9, G12 e G14.

Com a aplicação de AIB (Tabela 11), constatou-se, na maioria dos genótipos, maior queda de folhas que sem AIB já na primeira semana, se estendendo a queda de modo mais acentuado até a terceira semana, e posteriormente sendo observada certa estabilidade ou, de modo gradual, menor queda. Na primeira semana, a menor retenção foliar foi verificada no genótipo G9 (69,8%), seguido de G2, G8 e G12 (81,2% a 88,5%). Ao final dos 90 dias, os genótipos G8 e G12 apresentavam apenas 20,8% das folhas, enquanto G13 se destacava com 84,4% das folhas retidas.

Tabela 10 - Porcentagem de retenção de folhas nas estacas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*, sem ácido indolbutírico (AIB), no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012

Genótipos	Dias após a estaquia											
	7	14	21	28	35	42	49	56	68	76	83	90
G1	A 99,0 a	B 90,6 b	C 82,3 c	C 81,2 b	C 80,2 b	C 79,2 b	C 79,2 b	D 72,9 b	D 69,8 b	D 69,8 b	D 69,8 b	D 69,8 b
G2	A 94,8 b	A 94,8 b	B 80,2 c	B 80,2 b	B 80,2 b	B 74,0 b	B 74,0 b	C 67,8 b	C 67,7 b	C 62,5 c	C 62,5 c	C 62,5 c
G3	A 95,8 b	B 87,5 c	C 74,0 d	C 67,7 c	C 64,6 c	C 61,5 c	C 61,5 c	C 61,5 b	C 59,4 b	C 59,4 c	C 59,4 c	C 59,4 c
G4	A 99,0 a	A 95,8 b	B 77,1 d	B 70,8 c	B 70,8 c	C 64,6 c	C 63,6 c	C 59,4 b	C 58,3 c	C 55,2 c	C 55,2 c	C 55,2 c
G5	A 100 a	A 100 a	B 97,9 a	B 88,6 b	B 87,5 a	B 82,3 b	C 77,1 b	C 77,1 a	D 64,6 a	D 59,4 c	D 54,2 c	D 54,2 c
G6	A 96,9 b	A 90,6 b	B 84,4 c	B 83,3 b	B 80,2 b	B 77,1 b	B 77,1 b	B 76,0 a	B 75,0 a	B 72,9 b	B 72,9 b	B 72,9 b
G7	A 100 a	A 96,9 a	B 91,7 b	B 91,7 a	B 89,6 a	B 87,5 a	B 87,5 a	B 87,5 a	B 87,5 a	B 87,5 a	B 87,5 a	B 87,5 a
G8	A 84,4 c	A 77,1 c	B 52,3 c	B 53,1 c	B 53,1 d	B 51,0 d	B 49,0 d	B 47,9 c	B 47,9 c	B 46,9 c	B 46,9 c	B 46,9 c
G9	A 94,8 b	A 91,7 b	B 74,0 d	B 74,0 c	B 72,9 c	B 71,9 c	B 71,9 b	B 71,9 b	B 71,9 b	B 70,8 b	B 70,8 b	B 70,8 b
G10	A 97,9 a	A 97,9 a	A 97,9 a	B 85,4 b	B 82,3 b	B 82,3 b	B 82,3 b	B 82,3 b	B 82,3 b	B 82,3 a	B 82,3 a	B 82,3 a
G11	A 99,0 a	A 96,9 b	A 94,8 b	A 94,8 a	B 90,6 a	B 89,6 a	B 89,6 a	B 89,6 a	B 86,5 a	B 86,5 a	B 86,5 a	B 86,5 a
G12	A 100 a	B 92,7 b	C 85,4 c	C 85,4 b	C 64,4 b	C 81,3 b	D 77,1 b	D 77,1 a	D 76,0 a	D 71,9 b	D 71,9 b	D 71,9 b
G13	A 94,8 b	A 89,6 b	B 84,4 c	C 80,2 b	C 74,0 c	C 71,9 c	C 70,8 b	C 67,8 a	C 67,7 a	C 62,5 c	C 62,5 c	C 62,5 c
G14	A 94,8 b	A 93,7 b	B 84,4 c	B 82,3 b	B 81,2 b	B 80,2 b	B 79,2 b	B 79,2 a	B 75,0 a	B 75,0 b	B 75,0 a	B 74,0 b
CV (%) (PP)	41,77											
CV (%) (SP)	8,52											

Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. PP- parcela principal; SP – subparcela.

Tabela 11 - Porcentagem de retenção de folhas nas estacas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*, com 6.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), no decorrer do processo de estaquia. Passo Fundo, RS, 2012

Genótipos	Dias após a estaquia											
	7	14	21	28	35	42	49	56	68	76	83	90
G1	A 93,7 a	B 77,1 c	B 69,8 b	B 67,7 b	C 59,4 b	C 56,2 b	C 55,2 b	C 52,0 b	C 51,0 b	C 51,0 b	C 51,0 b	C 51,0 b
G2	A 88,5 b	B 69,8 d	C 63,6 c	C 61,5 b	C 59,4 b	C 57,3 b	C 57,3 b	C 57,3 b	C 56,2 b	C 55,2 b	C 46,9 c	C 44,8 c
G3	A 95,8 a	B 87,5 b	C 69,8 b	C 62,5 b	D 57,3 b	D 53,1 b	D 53,1 b	E 46,9 b	E 43,7 c	E 42,7 c	E 42,7 c	E 42,7 c
G4	A 93,7 a	B 80,2 c	C 53,0 c	C 49,0 c	C 46,9 c	D 40,6 c	D 40,6 c	D 38,6 c	D 38,6 c	D 38,6 c	D 37,5 c	D 37,5 c
G5	A 97,9 a	B 88,5 b	C 70,8 b	C 65,6 b	C 59,4 b	D 55,2 b	D 55,2 b	D 50,0 b	D 49,0 b	D 45,8 c	D 44,8 c	D 44,8 c
G6	A 95,8 a	B 80,2 c	C 56,2 c	C 48,0 c	C 45,8 c	C 41,7 c	C 41,7 c	C 41,7 c	C 41,7 c	C 41,7 c	C 41,7 c	C 41,7 c
G7	A 95,8 a	B 79,2 c	B 66,7 b	B 65,6 b	B 63,5 b	B 62,5 b	B 61,5 b	B 60,4 b	B 60,4 b	B 60,4 b	B 60,4 d	B 60,4 b
G8	A 81,2 b	B 55,2 e	B 44,8 d	C 21,9 e	C 21,9 d	C 20,8 d	C 20,8 d	C 20,8 d	C 20,8 d	C 20,8 d	C 20,8 b	C 20,8 d
G9	A 69,8 c	A 60,4 e	B 49,0 c	B 44,8 c	B 44,8 c	C 34,4 c	C 34,4 c	C 34,4 c	C 34,4 c	C 34,4 c	C 34,4 c	C 34,4 c
G10	A 97,9 a	B 87,5 b	C 59,4 c	C 52,1 c	D 39,6 c	D 39,6 c	D 39,6 c	D 36,5 c	D 36,5 c	D 36,5 c	D 35,4 c	D 35,4 c
G11	A 94,8 a	B 80,2 c	C 74,0 b	C 68,8 b	C 63,6 b	C 59,4 b	C 59,4 b	C 59,4 b	C 57,3 b	C 57,3 b	C 57,3 b	C 57,3 b
G12	A 84,8 b	B 61,5 e	C 35,4 d	C 30,2 d	C 27,1 d	C 24,0 d	C 24,0 d	C 20,8 d	C 20,8 d	C 20,8 d	C 20,8 d	C 20,8 d
G13	A 100 a	A 97,9 a	B 94,8 a	B 93,7 a	B 90,6 a	B 90,6 a	B 90,6 a	C 86,5 a	C 86,5 a	C 85,5 a	C 84,4 a	C 84,4 a
G14	A 92,7 a	B 71,9 d	C 58,3 c	C 57,3 b	C 57,3 b	C 53,1 b	C 53,1 b	C 46,9 b	D 37,5 c	D 36,5 c	D 36,5 c	D 33,4 c
CV (%) (PP)											81,92	
CV (%) (SP)											11,57	

Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. PP- parcela principal; SP – subparcela.

A retenção das duas meias folhas deixadas nas estacas foi, em sete genótipos, menor com a utilização do AIB (Tabela 9), com tendência de maior queda também nos demais genótipos, exceto no G13, demonstrando o possível efeito fitotóxico do AIB também sobre esta variável, já abordado ao tratar da sobrevivência das estacas.

Os resultados de retenção de folhas diferiram dos obtidos por Santos (2011), onde a frequência de genótipos com menor retenção foliar foi mais elevada, principalmente com a aplicação de 6.000 mg L⁻¹ de AIB. Sem AIB, a retenção foliar variou de 33,3% a 76,8% na primavera/verão, e de 9,6% a 80,2% no outono/inverno. Com AIB, variou de 31,3% a 60,1% na primavera/verão, e de 5,7% a 69,3% no outono/inverno. Em trabalho de Lattuada et al. (2011), com estacas provenientes de plantas jovens de pitangueira, também foi observado que a retenção foliar foi prejudicada linearmente pelo incremento nas doses de AIB.

A maior queda de folhas nas primeiras três semanas, sem ou com o uso de AIB, possivelmente decorrente do estresse ao material vegetal provocado a partir da coleta na planta matriz, e intensificado pelo emprego de uma concentração elevada de AIB, é confirmada por Santos (2011), que também constatou variações na porcentagem retenção de folhas entre genótipos de erva-mate, com maior intensidade de queda de folhas nas primeiras duas semanas, refletindo diretamente na maior mortalidade de estacas até a terceira semana.

A relação positiva entre a capacidade de retenção de folhas e a sobrevivência deve ser destacada, afinal as folhas garantem um bom suprimento de energia e são fontes produtoras de auxinas, como

também afirma Iritani & Soares (1981). Porém, para alguns genótipos, a regra parece não se aplicar. Por exemplo, o genótipo G8, utilizando AIB, apresentou baixa retenção foliar (20,8%) e sobrevivência (47,7%), mas o genótipo G12, com a mesma retenção foliar, apresentou 91,7% de estacas vivas, contrariando a correlação esperada e demonstrando que há uma variabilidade genética também em relação à necessidade da presença de folhas para a estaca se manter viva.

A presença de folhas em estacas semilenhosas tem se mostrado fundamental para o sucesso da propagação por estaquia em algumas espécies perenes, sendo importante determinar o número ideal de folhas (MORALES, 1990). Segundo Quadros (2009) e Santos (2011), a presença de folhas é importante para o enraizamento da erva-mate. Pacheco & Franco (2008) verificaram que a ausência de folhas é fator limitante no enraizamento de estacas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.), tendo em vista que 100% das estacas sem folha morreram antes mesmo de enraizar. A importância da presença de folhas também foi verificada em trabalho de Nienow et al. (2010), em quaresmeira (*Tibouchina sellowiana* Cham.), constatando que apenas as estacas com retenção de folhas sobreviveram e enraizaram.

Diferentemente do que seria esperado para a maioria das espécies vegetais, quando realizada a estaquia no verão, a erva-mate demonstrou uma baixa e desuniforme porcentagem de brotação das estacas (Tabela 9 e Figura 18B). A utilização ou não do AIB não influenciou a brotação dos genótipos, com média de 22,4% e 19,2%, sem e com o uso de AIB, respectivamente. Baixas taxas de brotação, independente do uso ou não de AIB, foram também obtidas por Santos

(2011). Na estaquia de primavera/verão, sem AIB, a variação foi de 0,0% a 16,6%, e com AIB de 0,0% a 22,9%. No outono/ inverno, com e sem AIB, a média de estacas brotadas variou de 5,7% a 25,5%.

A porcentagem de estacas enraizadas foi maior em seis genótipos aplicando AIB e, para nenhum genótipo, o regulador apresentou efeito negativo (Tabela 12 e Figura 19C). Sem o uso do AIB, os genótipos G3, G7, G8, G10, G11 e G13 apresentaram maior enraizamento de estacas (23,4% a 47,9%). Os demais genótipos apresentaram muito baixo ou nulo enraizamento (0% a 12,5%). Utilizando AIB, apenas G12 (10,4%) e G14 (2,1%) proporcionaram enraizamento significativamente mais baixo que os demais genótipos, que variaram o enraizamento entre 22,9% a 52,6%. O genótipo G5, que a princípio seria considerado o mais próximo fenotipicamente do padrão *Cambona 4*, apresentou 39,6% de enraizamento.

A resposta diferenciada entre genótipos de erva-mate quanto ao potencial de enraizamento e o uso do regulador AIB foi verificada por vários autores. Zerbielli et al. (2011), comparando quatro genótipos de erva-mate, obtiveram em um dos genótipos, com a utilização de 8.000 mg L⁻¹, enraizamento de 77,8%, e sem o regulador apenas 19,4%. Nos demais genótipos o enraizamento foi abaixo de 8,3%, com AIB, e nulo sem AIB. Horbach (2008), testando 0, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB, verificou que a aplicação de AIB aumentou a quantidade de estacas enraizadas. Quadros (2009), ao utilizar 1.000 mg L⁻¹ de AIB, obteve 78,6% de enraizamento de micro-estacas de erva-mate, enquanto sem tratamento não houve emissão de raízes.

Tabela 12 - Porcentagem de estacas enraizadas e com calo de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*, com e sem o uso de 6.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), 90 dias após a estaquia. FAMV, Passo Fundo, RS, 2012

Genótipos	Estacas enraizadas (%)		Estacas com calo (%)	
	Sem AIB	Com AIB	Sem AIB	Com AIB
G1	B 6,2 b	A 36,7 a	A 75,0 a	B 21,8 c
G2	B 0,0 b	A 26,0 a	A 83,3 a	B 39,5 b
G3	A 35,4 a	A 50,0 a	A 35,4 c	B 6,2 c
G4	B 0,0 b	A 22,9 a	A 54,1 b	B 18,2 c
G5	B 8,3 b	A 39,6 a	A 70,8 a	B 39,5 b
G6	B 12,5 b	A 36,7 a	A 85,4 a	B 14,8 c
G7	A 47,9 a	A 52,6 a	A 45,8 b	B 21,8 c
G8	A 43,8 a	A 36,4 a	A 18,7 c	A 9,2 c
G9	B 1,6 b	A 25,0 a	A 73,9 a	B 26,0 c
G10	A 26,0 a	A 30,2 a	A 68,7 a	B 35,4 b
G11	A 30,7 a	A 41,7 a	A 64,0 a	B 31,2 b
G12	A 4,2 b	A 10,4 b	A 74,4 a	B 32,2 b
G13	A 23,4 a	A 39,5 a	A 58,3 b	A 54,1 a
G14	A 0,0 b	A 2,1 c	A 85,4 a	A 72,8 a
CV (%)		25,79		43,13

Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Santos (2011) concluiu, corroborando com o presente trabalho, que o uso do AIB pode estimular o enraizamento da erva-mate ou, no mínimo, não trazer prejuízos, tendo os genótipos estudados apresentado variação na resposta. Sem AIB, as taxas de

enraizamento variaram entre 28,5% e 54,4%, na estaquia de primavera/verão, e de 5,7% a 24,5% no outono/inverno. Com AIB, variou de 17,5 a 50,2% na primavera/verão, e de 5,7% a 63,7% no outono/inverno, sendo que, de modo geral, o enraizamento obtido na estaquia de outono/inverno foi mais baixo. Destaque para o genótipo 15, proveniente de um erval implantado com mudas de Cambona 4 obtidas de semente, que apresentou, com AIB, 50,2% de enraizamento na primavera/verão e 63,7% no outono/inverno.

Sobre a influência do AIB na estaquia há vários trabalhos. Koehler et al. (2009) testaram 0, 1.500, 3.000, 4.500 e 6.000 mg L⁻¹ de AIB em erva-mate e não verificaram influência sobre o enraizamento de estacas rejuvenescidas, indicando uma quantidade endógena de auxinas suficiente para a promoção do processo de formação de raízes, enquanto estacas maduras não enraizaram.

Estudando tipos de estaca de erva-mate, Graça et al. (1988) obtiveram 47% de enraizamento para estacas coletadas de brotações do ano de árvores adultas, e 62% para estacas retiradas de mudas, utilizando concentrações de 5.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB.

Em muitas espécies o enraizamento é maximizado pela aplicação de auxinas, como em louro (*Laurus nobilis* L.) (FOCHESATO et al., 2006), em jasmim (*Jasminum mesnyi*) (ALTHAUS et al., 2007) e em cacauero (*Theobroma cacao* L.) (LEITE & MARTINS, 2007).

No presente trabalho, ao analisar os resultados finais, obtidos aos 90 dias (Tabela 9), não fica constatada a relação direta da retenção de folhas com o enraizamento. Porém, é necessário considerar que a queda de folhas nas primeiras semanas foi

relativamente reduzida (Tabelas 10 e 11), se considerarmos as dificuldades de retenção de folhas que, em geral, a erva-mate apresenta, como constatado por Santos (2011), bem como não foi verificada queda total das folhas em nenhum genótipo. Portanto, possivelmente houve tempo suficiente para garantir a indução radicial nos genótipos com potencial de enraizamento. Desta forma, podemos afirmar que a presença de folhas deve ter cumprido importante papel no processo de enraizamento. Picheth (1997) corrobora ao afirmar que, quando a estaca permanece viva por um período de tempo maior, há chances para que tanto o indutor de enraizamento como seus fatores internos atuem favoravelmente ao enraizamento.

A menor porcentagem de estacas com calo com o uso do regulador, constatada em onze genótipos (Tabela 12 e Figura 19D), se justifica, em parte, ao fato do AIB ter favorecido significativamente ou proporcionado uma tendência para o maior enraizamento na maioria dos genótipos, uma vez que foram consideradas estacas com calo apenas as estacas vivas que não enraizaram. Contudo, considerando a elevada porcentagem de estacas vivas (Tabela 9) e a porcentagem máxima de 52,6% de enraizamento, com AIB, é evidente que algum efeito inibidor de formação de calo houve de parte do regulador, quando comparamos com os resultados obtidos sem AIB.

Santos (2011) também não obteve aumento na porcentagem de estacas com calo ao utilizar o AIB, atribuindo o resultado ao efeito favorável do regulador no enraizamento. Sem AIB, a porcentagem de estacas com calo variou de 5,7% a 40,1% na primavera/ verão, e de 10,5% e 86,0% no outono/inverno. Com AIB, a

variação foi de 5,7 % a 31,6 % na primavera/verão e, no outono/inverno, de 5,7% e 61,5 %.

Sobre a relação da ocorrência de calo e enraizamento, Hartmann et al. (2002) mencionam que, em espécies de fácil enraizamento, os dois processos são independentes, sendo a ocorrência simultânea ocasionada por semelhantes condições ambientais e internas das estacas. Ressaltam que, em algumas espécies, a formação de calo é um precursor da formação de raízes adventícias, enquanto em outras o excesso de calo pode impedir o enraizamento. Conforme Quadros (2009), o enraizamento é afetado positiva ou negativamente pela presença de calo, das folhas primárias e pela emissão de brotos, dependendo da origem do material e do grau de rejuvenescimento da estaca.



Figura 18- Estacas de erva-mate mortas (A); brotadas (B); enraizadas (C); e com calo (D) de erva-mate *Cambona 4*. Passo Fundo, RS, 2012.

A elevada presença de estacas com calo sem o uso do AIB evidencia que melhores resultados de enraizamento poderiam ser alcançados, caso o tempo de estaquia fosse mais prolongado. Assim, obtida também satisfatória sobrevivência ao final da pesquisa, foi testado refazer a estaquia, sem o uso de AIB, de todas as estacas vivas, incluindo aquelas que haviam enraizado, mas cujas raízes foram retiradas com corte rente à estaca para avaliar a massa fresca de raízes. Os resultados (Tabela 13), após sete meses (abril a outubro), demonstraram que o potencial de enraizamento de vários dos genótipos pode ser mais elevado do que o constatado com 90 dias de estaquia. Os genótipos G3, G4, G5, G6, G8, G9, G10 e G13 registraram enraizamento entre 68% e 84%, acima do melhor resultado que havia sido alcançado, de 52,6% no G7 (Tabela 9). Importante destacar, que os genótipos G12 e G14, que já haviam apresentado baixo enraizamento na estaquia de verão, se mantiveram com menor desempenho (33% e 4%, respectivamente).

Tabela 13 - Porcentagem de enraizamento depois de refeita a estaquia, pelo período de abril a outubro de 2012, das estacas vivas não enraizadas e das que tiveram as raízes eliminadas para avaliação. Passo Fundo, RS, 2012

Genótipos	Estacas enraizadas após recolocadas no leito de enraizamento (%)
G1	57
G2	72
G3	68
G4	68
G5	75
G6	73
G7	56
G8	75
G9	83
G10	84
G11	49
G12	33
G13	80
G14	4

O comprimento de raízes é uma variável relevante, conforme também afirma Comiran et al. (2009), essencialmente porque alguns minerais necessários não se encontram na parte superior do solo. Além disso, em alguns estágios, a exigência em quantidade de água é maior. Sendo assim, somente uma muda que apresente sistema radicular bem desenvolvido, irá formar posteriormente uma planta de boa qualidade.

Para o comprimento da maior raiz, o uso de AIB se mostrou eficiente nos genótipos G1, G2, G5, G6, G8 e G12 (Tabela 14). Sem tratamento com AIB o comprimento da maior raiz foi mais elevado nos genótipos G3, G4, G7, G8, G11 e G13. Com o uso do

regulador, além dos genótipos citados, exceto o G4, destacaram-se os genótipos G1, G2, G5 e G6.

Tabela 14 - Comprimento da maior raiz e massa fresca de raízes de estacas de 14 genótipos de erva-mate *Cambona 4*, com e sem o uso de 6.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB). FAMV, Passo Fundo, RS, 2012

Genótipo	Comprimento da maior raiz (cm)		Massa fresca de raiz (g)	
	Sem AIB	Com AIB	Sem AIB	Com AIB
G1	B 0,44 b	A 3,60 a	A 0,0064 a	A 0,0449 c
G2	B 0,00 b	A 4,57 a	A 0,0000 a	A 0,0407 c
G3	A 2,13 a	A 3,60 a	B 0,0472 a	A 0,1030 b
G4	A 2,42 a	A 1,47 b	A 0,0478 a	A 0,0340 c
G5	B 0,85 b	A 2,91 a	B 0,0016 a	A 0,1107 b
G6	B 0,00 b	A 2,82 a	A 0,0000 a	A 0,0411 c
G7	A 2,49 a	A 3,68 a	B 0,0883 a	A 0,1839 a
G8	B 2,71 a	A 4,67 a	B 0,0272 a	A 0,1990 a
G9	A 0,37 b	A 1,90 b	A 0,0000 a	A 0,0335 c
G10	A 1,02 b	A 2,04 b	B 0,0025 a	A 0,0723 c
G11	A 3,37 a	A 3,64 a	B 0,0115 a	A 0,0879 c
G12	B 0,08 b	A 1,70 b	A 0,0062 a	A 0,0223 c
G13	A 2,91 a	A 4,97 a	A 0,0310 a	A 0,0680 c
G14	A 0,00 b	A 0,08 c	A 0,0000 a	A 0,0298 c
CV (%)	22,76		3,89	

Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Horbach (2008) também verificou que a aplicação de AIB aumentou o comprimento das raízes em estacas de menor comprimento (3 cm). Quadros (2009) obteve aumento do comprimento da maior raiz de micro-estacas de erva-mate utilizando 1.000 mg L⁻¹ de AIB, porém a dose de 2.000 mg L⁻¹ parece ter sido tóxica, reduzindo o desenvolvimento radicular.

Santos (2011) constatou efeito significativo de genótipos de erva-mate e de AIB no comprimento da maior raiz. O tratamento com AIB estimulou o desenvolvimento radicular, com aumento médio de 60% no comprimento da maior raiz.

A massa fresca de raiz (Tabela 14) foi incrementada pelo uso de AIB nos genótipos G3, G5, G7, G8, G10 e G11. Sem o uso de AIB os genótipos não diferiram entre si, mas com o uso do regulador os genótipos G7 e G8 apresentaram maior massa fresca de raízes, seguidos de G3 e G5. Santos (2011) também obteve incremento da massa fresca de raízes de erva-mate com o uso de AIB, ao estimular o desenvolvimento radicular.

Os resultados obtidos confirmam que a obtenção de mudas de *Cambona 4* propagadas por sementes não apenas geram variabilidade fenotípica, verificada no Estudo 1, como originam plantas com diferentes potenciais de enraizamento por estacas. Assim, a possibilidade de estabelecimento de um protocolo de produção comercial de mudas por estaquia passa, necessariamente, pela seleção de matrizes que representem o padrão *Cambona 4* e que detenham elevado potencial de enraizamento, reduzindo os custos e o tempo para obtenção das mudas, bem como, após a implantação do erval, apresentem rápido crescimento e elevada produtividade.

5 CONCLUSÕES

a) A produção de mudas de *Cambona 4* por semente, embora restringindo o cruzamento entre um genitor feminino e masculino, gera variabilidade fenotípica.

b) A área foliar e o número de folhas por metro linear foram as variáveis mais determinantes da divergência entre genótipos.

c) A capacidade de sobrevivência, de retenção foliar e de enraizamento das estacas varia entre os genótipos de *Cambona 4*.

d) A sobrevivência e a retenção foliar são satisfatórias, principalmente no primeiro mês de estaquia, considerado o momento mais crítico.

e) O uso do ácido indolbutírico (AIB), na concentração de 6.000 mg L⁻¹, estimula ou não prejudica o enraizamento, mas, dependendo do genótipo, pode ocorrer redução da sobrevivência e, mais acentuadamente, da retenção foliar.

f) Com o uso de AIB o enraizamento variou entre 2,1% e 52,6%, mas taxas mais elevadas obtidas ao realizar o restabelecimento da estaquia das estacas vivas indicam a necessidade de estender o tempo para além de 90 dias.

g) A variabilidade fenotípica e do potencial de enraizamento de plantas de erva-mate obtidas por semente exigem, para viabilizar a produção de mudas por estaquia, a seleção de matrizes que possam representar o padrão *Cambona 4* e detenham elevado potencial de enraizamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constatação de que persiste a variabilidade genética na população de erva-mate *Cambona 4* propagada por sementes, ainda que talvez em menor grau pela restrição do cruzamento entre apenas dois genitores (pai e mãe) selecionados, revela a necessidade de avançarmos no estudo da propagação vegetativa, na busca de maior uniformidade dos ervais.

Para tanto, se faz necessário, inicialmente, selecionar matrizes que representem o padrão *Cambona 4* quanto às características fenotípicas e produtivas, bem como em relação à qualidade da matéria-prima produzida para beneficiamento na indústria. Selecionadas as possíveis matrizes, o trabalho de pesquisa deve seguir no sentido de estabelecer um protocolo de produção de mudas por estaquia, que seria, a princípio, a técnica mais econômica. Satisfatório potencial de enraizamento, acima de 70%, seria uma meta a atingir.

Portanto, mais especificamente, necessitamos buscar identificar matrizes com maior potencial genético para o enraizamento, testar épocas de estaquia, diferentes doses e tempos de aplicação do regulador de crescimento, o uso de anti-oxidantes, número de folhas mantidas nas estacas, diferentes substratos e outros fatores que possam interferir no processo de enraizamento.

Paralelamente, é necessário sanar dúvidas que permanecem entre produtores e pesquisadores quanto ao pegamento e o crescimento, no campo, das mudas obtidas por estaquia, comparativamente com mudas provenientes de sementes.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. *Clonagem e doenças do eucalipto*. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442 p.

ALTHUS, M. M.; LEAL, L.; SILVEIRA, F.; ZUFFELLATO-RIBAS.; RIBAS, L. L. Influência do ácido naftaleno acético e dois tipos de substrato no enraizamento de estacas de jasmim-amarelo. *Revista Ciência Agronômica*, Pernambuco, v. 38, n. 3, p. 322- 326, 2007.

AMAZÔNIA. *Erva-mate*. Disponível em: <[http:// www. Amazoniajh.hpg.ig.com.br/Erva-Mate.htm](http://www.Amazoniajh.hpg.ig.com.br/Erva-Mate.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2011.

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Rio Grande do Sul*. Disponível em: <[http:// www.al.rs.gov.br](http://www.al.rs.gov.br)>. Acesso em: 14 abr. 2011.

ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on Eucalyptus. In: WALTER. C.; CARSON, M. (Org.). *Plantation forest biotechnology for the 21th century*. New Delhi: Research Sign Post, 2004. p. 303-333.

BAGGIO, A. *Arborização da erva-mate; alternativa de agregação de valor com a qualidade ambiental*. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=887>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

BERKAI, D.; BRAGA, C. *500 Anos da história da erva-mate*. 1. ed. Porto Alegre: Atlas, 2000. 97 p.

BORTOLINI, M. F.; LIMA, D. M.; ALCANTARA, G. B.; FANTI, F. P.; BIASI, L. A.; QUOIRIN, M.; KOEHLER, H. S.; RIBAS, Z. K. C. Enraizamento de estacas de *Ficus benjamina* L. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 539-543, 2008.

BRONDONI, G. E.; ARAUJO, de. A. M.; WENDLING, I.; KRATZ, D. Enraizamento de miniestaquia de erva-mate sob diferentes ambientes. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 1, n. 57, p. 29-38, 2007.

CARIJO, O. A.; LIZ, R. de S.; MAKISHAMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, Campinas, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.

CARVALHO, P. E. R. *Ilex paraguariensis* Saint-Hilaire. In: CARVALHO, P. E. R. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. n. 1. Brasília: Embrapa/SPI, 1994. p. 280-287.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for a remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 39, n. 1, p. 239- 247, 1992.

COELHO, G. C. Variabilidade morfológica e química da erva-mate. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE E REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 3., 2000, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Edigraf, 2000. p. 125.

COELHO, J. G. L. *Erva-Mate: biologia e cultura no Cone Sul*. [s.n]. Porto Alegre: Ed. da Universidade /UFRGS, 1995. 10 p.

COMARIN, M.; QUADROS, K. M. de.; FISCHER, H.; SCHWALBERT, R. Enraizamento de estacas de erva-mate coletadas em diferentes posições de ramos epicórmicos de erva-mate. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIFRA, 10., 2009, Santa Maria. *Anais eletrônicos...* Santa Maria: Unifra, 2012.

CORDEIRO, I. M. C. C.; LAMEIRA, O. A.; LOPES, S. da C.; RIOS, M. S. Germinação *in vitro* de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber). *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Brasília, v. 5, n. 27, p. 58-62, 2002.

CORREA, G. *Sistema agroflorestal com erva-mate para reposição florestal da MAESA*. Machadinho, RS: Embrapa Florestas, 2001. 20 p.

CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. *Journal of Thermal Biology*, v.29, n.6, p.315-324, 2004.

CORREA, G.; VILICAHUAMAN, L. J. M.; MELO, de. I. B.; BAGGIO, A. J.; FELIZARI, S. R., RUFFATO, A. *Sistema Agrofloresta de erva-mate com a progênie bi-parental Cambona 4*. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2009. 20 p. (Circular Técnica, 1).

CUNHA, G. R. *Meteorologia: fatos e mitos*. Passo Fundo: Embrapa CNPT, 1997. 268 p.

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. A. *Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 1999. 81 p. (Boletim Técnico, 100).

DALAZEN, D. F.; ÁVILA, Jr. de. S. R.; STEFENON, V. M. Diversidade na morfologia foliar de Erva-mate (*Ilex paraguariensis* (St. Hil.). In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIPAMPA, 3., 2012, Uruguaiiana. *Anais eletrônicos...* Uruguaiiana: Unipampa, 2012.

DONADUZZI, C. M.; COELHO, S. R. M.; CARDOSO JÚNIOR, E. L.; GALLO, A. G.; HUPPES, G. K.; KUHN, I. M. V.; SCHICHEL, C. Teores de cafeína, polifenóis totais e taninos em amostras de erva-mate comercializadas na região de Toledo Paraná. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 2.; REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 3., 2000, Encantado. *Anais...* Porto Alegre: Ufrgs/Fepagro, 2000. p. 158-161.

DANIEL, O. *Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial*. 1. ed. Dourados-MS: UFGD, 2009. 287 p.

DUTRA, F. L.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A micropropagação de Eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 1, n. 58, p. 49-59, 2009.

EDWIN, G.; REITZ, P. R. *Flora ilustrada catarinense*. 1. ed. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1967. 47 p.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWIID, C.; VAN, W. K. G. *Eucalypt domestication and breeding*. Oxford: Clarendon Press, 1994. 246 p.

EMATER/RS-ASCAR. *Erva-mate Cambona 4 ganha prêmio expressão de Ecologia*, 2009. Disponível em: <http://www.valedotaquari.org.br/pagina_agro_news.phs>. Acesso em: 09 jan. 2013.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. *Propagação de plantas frutíferas*. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2005. 220 p.

FLOSS, P. A.; VIDOR, M. A.; RUIZ, C. P.; MORENO, S. V. Variabilidade genética em um ensaio de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 2, n. 4, p. 583-587, 2002.

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

FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. *Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação da erva-mate*. 1 ed. Curitiba: Embrapa Florestas, 2000. 5 p. (Circular Técnica, 5).

GRAÇA, M. E. C.; COOPER, M. A.; TAVARES, F. R.; CARPANEZZI, A. A. *Estaquia de erva-mate*. Curitiba: Embrapa Florestas, 1988. 6 p.

GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; WENDELING, I. 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.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. *Plant propagation: principles and practices*. 7. ed. New Jersey: Prentice- Hall, 2002. 880 p.

HIGA, R. C. V. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) por estaquia. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 10., 1983, Curitiba. *Anais...* Colombo: Embrapa-CNPQ, 1983. p. 119-123.

HAUSMAN, J. F. Changes in peroxidase activity, auxin level and level and ethylene production during root formation by poplar shoots raised in vitro. *Plant Growth Regulation*, Oxford, v.13, p. 263- 268, 1993.

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

IBGE. *Produção da extração vegetal e da silvicultura – ano de 2012*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

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

JACOMINI, P.; LIMA, D. M. de.; IRITANI, C. *Ilex paraguariensis* St. Hilaire: influência das condições fisiológicas no enraizamento de estacas. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. *Resumos...* Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 2000. p. 50.

JUDD, W. S.; CAMPBREL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVESN, P. F.; DONOGHUE, M. J. *Sistemática vegetal: um enfoque filogenético*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632 p.

KALIL FILHO, A. N.; HOFFMANN, H. A.; TAVARES, F. R. *Mini-garfagem: um novo método para a enxertia do mongó sul-americano (Swientenia macrophylla King.)*. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 4p. (Circular Técnica, 62).

KÄMPF, A. N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254 p.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2008. 210 p.

KOEHLER, H. S.; BITENCOURT, J.; ZUFFELLATO-RIBAS.; K. C. WENDLING, I. 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.

KRICUM, D. P. Propagación vegetativa de plantas adultas de yerba mate. In: WINGE, H; FERREIRA, G. A.; MARIATH, J. E. A.; TARASCONI, L. C. (Org.). *Erva-mate: biologia e cultura do Cone Sul*. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p. 23-26.

LISTA de espécies da flora do Brasil, 2013. *Erva-mate*. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 22 mar. 2013.

LATTUADA, D. S.; SPIER, M.; SOUZA, de. D. V. P. Pré-tratamento com água e doses de ácido indolbutírico para estaquia herbácea de pitangueiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2073-2079, 2011.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. *Fruits*, Paris, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.

LEITE, J. B. V.; MARTINS, A. B. G. Efeito do ácido indolbutírico e época de coleta no enraizamento de estacas semi-lenhosas do cacaueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, n. 2, 2007.

LOPES, P. Z. *Propagação vegetativa e interação com endomicorrizas arbusculares em mirtáceas nativas do sul do Brasil*. 2009. 120 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 1. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. 383 p.

MACHADO, L.; BAGGIO, J. A.; CORREA, G.; MELO, I. B.; BOTELHO, M. *O saber local e o SAF erva-mate com a progênie biparental Cambona 4 como estratégia do desenvolvimento sustentável na agricultura familiar*. 2011. 3 p. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/cdagro/tema03/03tema04.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2011.

MEDRADO, M. J. S.; MOSELE, S. H. Cultivo da erva-mate. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

MEDRADO, M. J. S.; STURION, J. A. Cambona 4: desenvolvimento de uma progênie biclonal de erva-mate em Machadinho, RS. In: EMBRAPA. *Cultivo da erva-mate*. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 1-30.

MIRANDA, C. S.; CHALFUN, N. N. J.; HOFFMANN, A.; DUTRA, L. F.; COELHO, G. V. A. Enxertia recíproca e AIB como fatores indutores do enraizamento de estacas lenhosas dos porta-enxertos de pessegueiro 'okinawa' e umezeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 4, p. 778-784, 2004.

MORALES, C. F. G. Influência do ácido indolbutírico e da presença de folhas no enraizamento de estacas de laranjeiras 'Valência' e tangerineiras 'Montenegrina'. 1990. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Programa de Pós- Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

MORELLI, G.; RUBERTI, I. Light and shade in the photocontrol of *Arabidopsis* growth. *Trends in Plant Science*, Oxford, v. 7, n. 9, p. 399-404, 2002.

MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. *Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre: Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária do Sul, v.1, 1970. 80 p. (Circular, 50).

NIENOW, A. A.; CHURA, G.; PETRY, C.; COSTA, C. Enraizamento de estacas de quaresmeira em duas épocas em concentrações de ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 16, n. 1, p. 139-142, 2010.

OLIVEIRA, A. F. de; PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; REGINA, M. de A.; RINCÓN, C. D. R. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 1, p. 117-125, 2003.

PACHECO, J. P.; FRANCO, E. T. H. Substratos e estacas com e sem folhas no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1900-1906, 2008.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. *Propagação vegetativa de espécies florestais*. Viçosa: UFV, 1995. 40 p. (Boletim, 332).

PASQUAL, M.; CHAFLUM, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R. do.; SILVA, C. R. de R. E. *Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas*. 1. ed. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2001. 137 p.

PENTEADO, S. R. Principais pragas da erva-mate e medidas alternativas para o seu controle. In: WINGE, H.; FERREIRA, J. E. A.; TARASCONI, L. C. *Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul*. 1. ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1995. 356 p.

PICHET, J. A. T. de F. *Efeito de soluções alcoólicas do ácido indol-3-butírico no enraizamento de estacas de árvores adultas de erva-mate Ilex paraguariensis St. Hil.*.1997. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

PIRES, E. J. P.; BIASI, L. A. Propagação da videira. In: POMMER, C. V. *Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado*. 1. ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 350 p.

PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIDEMANN, P. E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophylls standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochimic et Biophysica Acta*, Amsterdam, v. 975, n. 1, p. 384-394, 1989.

QUADROS, K. M., *Propagação vegetativa de erva-mate (Ilex paraguariensis Saint Hilaire – Aquifoliaceae)*. Santa Maria, 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

RAMOS, J. D.; MATOS, L. E. S.; GONTIJO, T. C. A.; PIO, R.; JUNQUEIRA, K. P.; SANTOS, F. C. Enraizamento de estacas herbáceas de 'Mirabolano' (*Prunus cerasifera* Ehrn.) em diferentes substratos e concentrações de ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 189-191, 2003.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 650 p.

REDIGHERI, H. R.; DOSSA, D.; VIELCAHUAMAN, L. J. M. In: EMBRAPA. *Cultivo da erva-mate*. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ervamate/cultivodaErvaMate/01_importancia_socioec.htm>. Acesso em: 23 jun. 2011.

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M. Distribuição geográfica da erva-mate. In: EMBRAPA Florestas. *Cultivo da erva-mate*. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. Disponível em: <http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/cultivodaervamate_2ed/distrib-geoa>. Acesso em: 10 fev. 2013.

ROWE, D. B.; BLAZICH, F. A.; RAPER, C. D. Nitrogen nutrition of hedged stock plants of loblolly pine: 1- tissue nitrogen concentrations and carbohydrate status. *New Forests*, Amsterdam, v. 24, n. 1, p. 39-51, 2002.

SANTOS, S. R. F. dos. *Multiplicação de genótipos de erva-mate pelo processo de estaquia*. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

SCHERER, R. A. *Early selection of yerba mate (Ilex paraguariensis St. Hil.) in Argentina*. Bonn: Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität, 1997. 58 p.

SILVA, A. C. D.; MELVILLE, C. C.; CHAGAS, E. A.; SILVA, J. K.; KITAMURAS, M. C. C.; SANTOS, N. S. S.; SILVA, V. X. Propagação vegetativa de camu-camu por estaquia: efeito de fitorreguladores e substratos. *Revista Agro@ambiente On-line*, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 92-98, 2009.

STEET, J.A.; TONG, C.H. Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. *Journal of Food Science*, v. 61, n. 5, p. 924-931, 1996.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. Seleção de progênie de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n. 50, p. 37-51, 2005.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. *Avaliação do delineamento experimental utilizado em teste progênie de erva-mate*. Curitiba: Embrapa Florestas, 2010. 4 p. (Circular Técnica, 249).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VALDUGA, E.; FREITAS, R. J. S.; REISSMANN, C. B.; NAKASHIMA, T. Caracterização química da folha de *Ilex paraguariensis* st. Hil. (Erva-mate) e de outras espécies utilizadas na adulteração do mate. Curitiba, v. 15, n. 1, p. 25-36, 1997.

WENDLING, I. *Propagação vegetativa de erva-mate (Ilex paraguariensis Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras*. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 46 p. (Documento, 91).

WENDLING, I.; FERRARI, M. P. Influência da utilização de antioxidantes na enxertia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire). Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 3 p. (Comunicado Técnico, 109).

WENDLING, I.; PAIVA, H. N. de.; GONÇALVES, W. *Técnicas de produção de mudas de plantas ornamentais*. Viçosa: Aprenda fácil, v. 3, p. 223, 2005.

WENDLING, I.; LAVORANTI, O. J.; RESENDE, M. D.; HORMANN, H. A. Seleção de matrizes e tipo de propágulo na enxertia de substituição de copa em *Ilex paraguariensis*. *Revista. Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 811-819, 2009.

WENDLING, I.; SOUZA, J. L. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 181-186, 2001.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado e espécies floretais. *Floresta e Ambiente*, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 187-94, 2001.

WINGE, H.; WOLLHEIM, C.; MOLINA, S. C.; ASSMAN, E. M.; BASSANI, K. L. L.; AMARAL, M. B.; COELHO, G. C. C.; SACCHET, A. M. de F.; BUTZKE, A.; VALDUGA, A. T.; ARAÚJO, J. E. de M. Variabilidade genética em populações nativas de erva-mate e a implantação de bancos de germoplasma. In: WINGE, H., FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E (Org.). *Erva-mate: biologia e controle no Cone Sul*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1995. p. 323-350.

YAMAMOTO, Y. I.; BORGES, R. de S.; SORACE, M.; RACHID, B. F.; RUAS, J. M. F.; SATO, O.; ASSIS, de M.; ROBERTO, R. S. Enraizamento de estacas de *Psidium guajava* L. 'Século XXI' tratadas com ácido indolbutírico veiculado em talco e álcool. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1037-1042.

ZANOL, G. C.; FORTES, G. R. de L.; SILVA, J. B. da; C. Â. D.; CENTELLAS, A. Q.; MULLER, Ni. T.; GOTTINARI, R. A. Escuro e ácido indolbutírico no enraizamento *in vitro* e atividade da peroxidase de porta-enxerto de macieira cv. Marubakaido (*Malus prunifolia*). *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 23-39, 1997.

ZERBIELLI, L.; NIENOW, A. A.; BONAFÉ, M. Propagação de gnótipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) por estaquia, com e sem tratamento de fitoregulador. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE PLANTAS, 1., 2011, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: UFSM, 2011. p. 244-250.

ZUFFELLATO-RIBAS, C. K.; RODRIGUES, J. D. *Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos*. 1. ed. Curitiba: EUFPR, 2001. 39 p.