

COMPOSIÇÕES DE SUBSTRATOS E AMBIENTES DE ENRAIZAMENTO NA ESTAQUIA DE *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.

Gilvano Ebling Brondani¹, Ivar Wendling², Marla Alessandra de Araújo³, Delmar Santin⁴,
Eliziane Luiza Benedetti⁵, Luís Fernando Roveda⁵

¹Eng. Florestal, M.Sc., Doutorando em Silvicultura e Manejo Florestal, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Brasil - gebrondani@yahoo.com.br

²Eng. Florestal, Dr., EMBRAPA Florestas, Colombo, PR, Brasil - ivar@cnf.embrapa.br

³Eng^a. Agrônoma, M.Sc., UFPR, Curitiba, PR, Brasil - marla.agro@bol.com.br

⁴Eng. Florestal, M.Sc., UFPR, Curitiba, PR, Brasil - desantinflorestal@yahoo.com.br

⁵Eng. Agrônomo, M.Sc., UFPR, Curitiba, PR, Brasil - elibettiagro@yahoo.com.br - lfreda@uol.com.br

Recebido para publicação: 24/08/2007 – Aceito para publicação: 30/07/2008

Resumo

Devido à carência de informações a respeito da propagação vegetativa de erva-mate, conduziu-se um experimento com o objetivo de avaliar o ambiente de enraizamento e composições de substrato na sobrevivência, enraizamento e vigor de estacas de *Ilex paraguariensis* de plantas de 12 anos de idade. Testou-se o efeito de três clones (A32, A34 e A36), seis substratos (S1 - substrato para enraizamento à base de casca de pinus; S2 - substrato para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita; S3 - casca de arroz carbonizada + vermiculita fina + substrato para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita (1:1:1 v/v); S4 - casca de arroz carbonizada + substrato para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita (1:1 v/v); S5 - casca de arroz carbonizada + vermiculita fina (1:1 v/v); S6 - fibra de coco) e dois ambientes de enraizamento (casa de vegetação automatizada e simples). Embora não tenham ocorrido grandes variações entre os ambientes testados, o enraizamento das estacas mostrou-se baixo. O uso da mistura de casca de arroz carbonizada + substrato para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita na proporção 1:1 (v/v) é aconselhado para estaquia de erva-mate.

Palavras-chave: Erva-mate; propagação vegetativa; clonagem; casa de vegetação.

Abstract

Substratum compositions and rooting environment in the Ilex paraguariensis A. St.-Hil. cutting. The experiment was conducted in Embrapa Florestas, aiming to evaluate the initial environment and substratum compositions effects in the survival, rooting and development of *Ilex paraguariensis* cuttings of 12 years old trees. The work was installed in completely randomized design in the factorial arrangement, with three clones (A32, A34 e A36), six substratum compositions (S1 - substratum to rooting with pinus bark, S2 - substratum to rooting with pinus bark and vermiculite, S3 - carbonized rice bark + fine vermiculite + substratum to rooting with pinus bark and vermiculite (1:1:1 v/v), S4 - carbonized rice bark + substratum to rooting with pinus bark and vermiculite (1:1 v/v), S5 - carbonized rice bark + fine vermiculite (1:1 v/v) and S6 - coconut fiber) and, two rooting environments (automatized greenhouse and simple greenhouse). Although there has been no great variations between the environments tested, the cuttings rooting was little. Substratum formed by the mixture of carbonized rice bark + substratum to rooting with of pinus bark and vermiculite (1:1 v/v) is advised for the erva-mate cuttings rooting.

Keywords: Erva-mate; vegetative propagation; cloning; greenhouse.

INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) é uma planta originária da América do Sul, pertencente à família Aquifoliaceae. Essa espécie é consumida habitualmente na Argentina, no Paraguai, no Uruguai e no Brasil, onde apresenta grande importância econômica, social e ecológica. Dentre as inúmeras aplicações, predomina a produção de bebidas, como o chimarrão, o tererê e o chá-mate (COELHO *et al.*, 2002; VIDOR *et al.*, 2002). Essa planta chamou a atenção da comunidade científica nos últimos anos por seus efeitos benéficos à saúde humana, principalmente com relação à atividade

antioxidante e protetora frente a processos degenerativos como os que levam ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares e a danos ao DNA (MACHADO *et al.*, 2007).

Quanto à produção de mudas, os fatores que mais dificultam a propagação sexuada da erva-mate restringem-se à germinação desuniforme e distribuída ao longo do tempo, à baixa qualidade genética e fisiológica das sementes (CUQUEL, 1994; FOWLER; STURION, 2000), à dormência e ao longo período para a estratificação (de quatro a seis meses) (CUQUEL, 1994). Tais fatores contribuem para a obtenção de mudas de menor qualidade e elevação do custo de sua produção, além de limitar a sequência dos programas de melhoramento genético da espécie.

A clonagem por estaquia dessa espécie apresenta-se não só como uma alternativa para a obtenção de mudas, mas também em termos de melhoramento e preservação, sendo importante para o resgate de genótipos adultos selecionados em campo. Além disso, a estaquia de plantas adultas é um pré-requisito para o emprego da miniestaquia, principalmente para a constituição de minijardins clonais.

Mesmo que a erva-mate possua matrizes com baixa porcentagem de enraizamento, o método de propagação vegetativa é ainda o que pode apresentar o maior avanço dentro do programa de melhoramento. Porém, Wendling (2004) ressalta que os protocolos de estaquia desenvolvidos para erva-mate têm apresentado uma série de limitações para sua adoção em escala comercial, como a inexistência de métodos eficientes de rejuvenescimento de material adulto, de desenvolvimento das técnicas de manejo do ambiente de propagação (substratos, umidade na folha e no substrato, controle fúngico e hormonal), de manejo das estacas pós-enraizamento em relação à nutrição (tipos de adubos, dosagens, intensidade de aplicação, relações de nutrientes), de sistemas de enraizamento e condução que não necessitem de transplante para as estacas enraizadas, de sombreamento, de vigor do sistema radicular, bem como o estabelecimento de testes clonais, visando estudos de comparação do crescimento de mudas clonais com mudas originárias de sementes.

Dessa forma, um ponto importante no estabelecimento de ervais diz respeito à qualidade das mudas que, por sua vez, é função, dentre outros fatores, da qualidade do substrato que a sustenta. A escolha do material a ser utilizado como substrato não depende apenas do objetivo a ser alcançado, mas também da disponibilidade do local, do custo de aquisição e da experiência do viveirista (SALVADOR *et al.*, 2001; CORREIA *et al.*, 2005).

Como não é fácil encontrar materiais puros com as características ideais para um bom substrato, devem ser misturados vários materiais ou produtos, buscando-se melhorar as suas propriedades físicas e químicas (SANTOS *et al.*, 2000; WENDLING, 2004). Ao trabalhar nessa linha de pesquisa, Schmitz *et al.* (2002) observaram que a adição de casca de arroz carbonizada à turfa induziu redução do excesso de água, amenizando os problemas com excesso de umidade apresentados por esse material orgânico. Guerrini; Trigueiro (2004) verificaram que substratos contendo 40 a 70% de casca de arroz carbonizada no seu volume total foram considerados os mais adequados para o desenvolvimento de mudas de espécies florestais. Carrijo *et al.* (2002) estudaram as propriedades físicas da fibra de coco, características que podem potencializar o uso dessa fibra como substrato na propagação vegetativa de espécies florestais, contudo existem poucos trabalhos nessa linha de pesquisa.

Em relação ao ambiente inicial de cultivo, o sistema de nebulização intermitente é o ideal para o enraizamento de estacas com folhas (HIGA, 1983b). A nebulização mantém a umidade das folhas, reduzindo a pressão de vapor, a temperatura e a taxa de respiração, mantendo as folhas funcionais por mais tempo, o que pode ser decisivo no enraizamento de muitas espécies (HARTMANN *et al.*, 2002). Para estaquia de erva-mate não se têm registros de pesquisas com diferentes ambientes de propagação vegetativa (WENDLING, 2004).

Com base no exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do ambiente inicial de enraizamento e composições de substrato na sobrevivência, enraizamento e vigor de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) provenientes de plantas-matrizes de 12 anos de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no mês de fevereiro de 2005 no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas, em Colombo (PR). O material utilizado para a obtenção das estacas foi proveniente de três matrizes estabelecidas em um teste de progênes de erva-mate de 12 anos de idade, implantado no espaçamento 3m x 2m, localizado no município de Ponta Grossa (PR).

As estacas foram confeccionadas com comprimento médio de 8 cm (± 1 cm), contendo um par de folhas com redução de 50% da área foliar. Efetuou-se um corte reto no ápice e um corte em bisel na porção basal. Após o preparo, a região basal das estacas foi mergulhada, durante 10 segundos, em solução contendo 8.000 mg.L⁻¹ de AIB (ácido indolbutírico), conforme metodologia adotada por Tavares *et al.* (1992). Posteriormente, foram estaqueadas em tubetes (110 cm³), onde efetuou-se a inserção de aproximadamente 2 cm da estaca no substrato. Previamente ao estaqueamento, procedeu-se a assepsia das estacas, mergulhando-as durante 5 minutos em hipoclorito de sódio (20% em água) + 5 minutos em água corrente + 15 minutos em fungicida à base de *Benomyl* (500 mg.L⁻¹).

Os substratos foram constituídos de seis formulações: S1 = substrato comercial para enraizamento à base de casca de pinus; S2 = substrato comercial para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita; S3 = casca de arroz carbonizada + vermiculita fina + substrato comercial para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita (1:1:1 v/v); S4 = casca de arroz carbonizada + substrato comercial para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita (1:1 v/v); S5 = casca de arroz carbonizada + vermiculita fina (1:1 v/v); e S6 = fibra de coco.

Os ambientes iniciais de enraizamento diferiram principalmente quanto ao manejo da temperatura e da umidade, sendo utilizadas casa de vegetação automatizada (CVA) e casa de vegetação simples (CVS). A CVA apresentou controle da umidade relativa do ar (valores maiores ou iguais a 80%, mantidos por meio de nebulização) e da temperatura (menor que 30 °C), sendo ambas as variáveis controladas automaticamente por umidostato, termostato e timer. Quanto à CVS, somente a irrigação foi controlada, sendo compreendida de microaspersões de 10 segundos em intervalos de 10 minutos, das 8:00 às 18:00 horas. Os valores médios de temperatura e variações ocorridas nas duas estruturas de enraizamento durante o período experimental (fevereiro a junho de 2005) encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Médias mensais das temperaturas do ar máxima, média e mínima de fevereiro a junho de 2005 nas duas estruturas adotadas para o enraizamento de estacas de *Ilex paraguariensis* (Fonte: Laboratório de Propagação de Plantas – Embrapa Florestas).

Table 1. Averages monthly of the air temperatures maximum, average and minimum of February the June of 2005 in the two structures for *Ilex paraguariensis* cuttings rooting (Source: Plant Propagation Laboratory – Embrapa Florestas).

| Meses de 2005 | | | | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Ambiente | Fevereiro | | | Março | | |
| | Tmáx | Tméd | Tmín | Tmáx | Tméd | Tmín |
| | °C \pm σ | | | °C \pm σ | | |
| CVA | 29,9 \pm 1,07 | 23,2 \pm 1,06 | 16,5 \pm 1,90 | 30,1 \pm 0,35 | 23,4 \pm 0,81 | 16,7 \pm 1,30 |
| CVS | 31,4 \pm 3,41 | 26,4 \pm 2,51 | 21,4 \pm 2,60 | 33,8 \pm 4,90 | 26,3 \pm 2,68 | 18,7 \pm 2,77 |
| Ambiente | Abril | | | Maio | | |
| | Tmáx | Tméd | Tmín | Tmáx | Tméd | Tmín |
| | °C \pm σ | | | °C \pm σ | | |
| CVA | 30,1 \pm 2,56 | 23,4 \pm 1,79 | 16,5 \pm 1,91 | 28,5 \pm 1,24 | 21,3 \pm 1,67 | 16,3 \pm 2,10 |
| CVS | 29,9 \pm 6,00 | 23,4 \pm 4,00 | 17,0 \pm 2,65 | 29,6 \pm 3,81 | 21,8 \pm 2,39 | 13,9 \pm 3,17 |
| Ambiente | Junho | | | | | |
| | Tmáx | Tméd | Tmín | | | |
| | °C \pm σ | | | | | |
| CVA | 28,6 \pm 1,58 | 20,5 \pm 1,51 | 15,6 \pm 1,22 | | | |
| CVS | 27,5 \pm 2,69 | 20,6 \pm 2,03 | 13,7 \pm 2,10 | | | |

Tmáx: temperatura máxima; Tméd: valor médio da temperatura; Tmín: temperatura mínima; σ : desvio padrão em relação ao valor médio; CVA: casa de vegetação automatizada; CVS: casa de vegetação simples.

As estacas permaneceram nos dois ambientes durante 110 dias para a indução do enraizamento, sendo em seguida transferidas para casa de sombra com sombrite de 50% para aclimação durante 20 dias e, posteriormente, para uma área de pleno sol por mais 20 dias, visando a rustificação. Da fase de aclimação à de rustificação, realizou-se adubação semanal de cobertura com 6 ml por muda da seguinte formulação: sulfato de amônio (4 g.L⁻¹), superfosfato triplo (10 g.L⁻¹), cloreto de potássio (4 g.L⁻¹) e solução de micronutrientes (10 ml.L⁻¹), composta por: 9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe, 2% de Mn e 0,12% de Mo.

Ao longo do experimento, avaliou-se a sobrevivência das estacas na saída das estruturas de enraizamento (110 dias), na saída da casa de sombra (130 dias) e na sobrevivência na área de pleno sol (150 dias). Aos 150 dias após a estaquia, foi avaliado o comprimento total das brotações, o número de folhas, o comprimento total do sistema radicial (TENNANT, 1975) e o volume ocupado pela raiz nos tubetes, bem como aspectos visuais da aparência da formação da parte aérea e radicial.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado no arranjo trifatorial (3 x 6 x 2), sendo testados três clones, seis formulações de substratos e dois ambientes, com cinco repetições e 10 estacas por repetição. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio de teste F e análise multivariada, tendo as médias sido discriminadas pelo teste de Tukey e de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na ANOVA ($p < 0,05$), pode-se observar que não houve interação entre os clones, ambientes iniciais de enraizamento e substratos para todas as variáveis analisadas. Comportamento semelhante ocorreu ao se testar o efeito do clone com o ambiente, e do ambiente com o substrato (Tabela 2). Entretanto, ao se analisar o efeito do clone em relação ao tipo de substrato, houve interação ao se levar em consideração as respostas obtidas para as variáveis *sobrevivência das estacas na saída da casa de enraizamento* (SSCE), *sobrevivência na saída da casa de sombra* (SSCS), *enraizamento na área de pleno sol* (EAPS), *comprimento total do sistema radicial* (CTSR) e *volume ocupado pela raiz no recipiente de cultivo* (V).

De maneira geral, cada material genético responde de maneira diferenciada à propagação vegetativa (ARREGHINI *et al.*, 1996; HARTMANN *et al.*, 2002) e, segundo pesquisas realizadas por Tavares *et al.* (1992), as procedências e progênies de erva-mate podem variar de 0 a 100% em seu enraizamento. Durante a SSCE, aos 110 dias, o clone A32 não diferiu quanto aos substratos S1 (35,0%), S4 (31,2%) e S5 (21,2%). Porém, aos 130 e 150 dias não se constatou diferença significativa entre os substratos S1, S2, S4 e S5, apresentando valores médios durante o EAPS de 30,0%; 16,2%; 27,5% e 17,5%, respectivamente (Figura 1).

Tabela 2. Resultados da análise da variância da sobrevivência das estacas na saída da casa de enraizamento (SSCE), na saída da casa de sombra (SSCS), no enraizamento na área de pleno sol (EAPS), no comprimento total das brotações (CTB), no número de folhas (NF), no comprimento total do sistema radicial (CTSR) e no volume ocupado pela raiz no recipiente de cultivo (V) de estacas de *Ilex paraguariensis* em função dos tratamentos testados.

Table 2. Variance analysis results to the cuttings survival in the exit of rooting greenhouse (SSCE), exit of the shaded greenhouse (SSCS), rooting in the outdoor greenhouse (EAPS), shoots total length (CTB), leaf number (NF), root system total length (CTSR) and root volume (V) of *Ilex paraguariensis* cuttings in function of the treatments tested.

| Causas da variação | GL | Quadrados médios | | | | | | |
|--------------------|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|-----------------------------|--|
| | | SSCE ⁽¹⁾ (%) | SSCS ⁽¹⁾ (%) | EAPS ⁽¹⁾ (%) | CTB ⁽²⁾ (cm) | NF ⁽²⁾ (muda ⁻¹) | CTSR ⁽²⁾ (cm) | V ⁽²⁾ (cm ³) |
| Clone (C) | 2 | 0,3980 ** | 0,4556 ** | 0,5349 ** | 0,1614 ** | 0,3818 * | 1,8834 ^{ns} | 0,0125 ^{ns} |
| Ambiente (A) | 1 | 0,0344 ^{ns} | 0,0347 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 0,0177 ^{ns} | 0,0073 ^{ns} | 6,3590 * | 0,0228 ^{ns} |
| Substrato (S) | 5 | 0,3689 ** | 0,3412 ** | 0,3032 ** | 0,0350 ^{ns} | 0,3737 ** | 16,7696 ** | 0,0723 ** |
| C*A | 2 | 0,1285 ^{ns} | 0,1073 ^{ns} | 0,1008 ^{ns} | 0,0064 ^{ns} | 0,0648 ^{ns} | 2,3141 ^{ns} | 0,0065 ^{ns} |
| C*S | 10 | 0,1293 * | 0,1154 * | 0,0927 * | 0,0361 ^{ns} | 0,1526 ^{ns} | 4,3589 ** | 0,0182 ** |
| A*S | 5 | 0,1134 ^{ns} | 0,0936 ^{ns} | 0,0956 ^{ns} | 0,0422 ^{ns} | 0,1473 ^{ns} | 3,2892 ^{ns} | 0,0100 ^{ns} |
| C*A*S | 10 | 0,0577 ^{ns} | 0,0555 ^{ns} | 0,0249 ^{ns} | 0,0064 ^{ns} | 0,0255 ^{ns} | 0,7328 ^{ns} | 0,0032 ^{ns} |
| Resíduo | 144 | 0,0543 | 0,0526 | 0,0514 | 0,0208 | 0,1039 | 1,6279 | 0,0059 |
| Média Geral | – | 16,9 | 15,5 | 13,6 | 0,3 | 2 | 50,1 | 0,1816 |
| CV (%) | – | 67,15 | 70,44 | 76,80 | 72,45 | 96,82 | 76,42 | 78,26 |

^{ns} valor de F não significativo a 5% de probabilidade de erro. * e ** valor de F significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente. GL: graus de liberdade, CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾ dados transformados por *Arco-seno* $(n/100)^{0,5}$, e ⁽²⁾ por $(n/10)^{0,5}$, em virtude de não apresentarem normalidade pelo teste de Lilliefors a 5% de probabilidade de erro. n: valor amostrado.

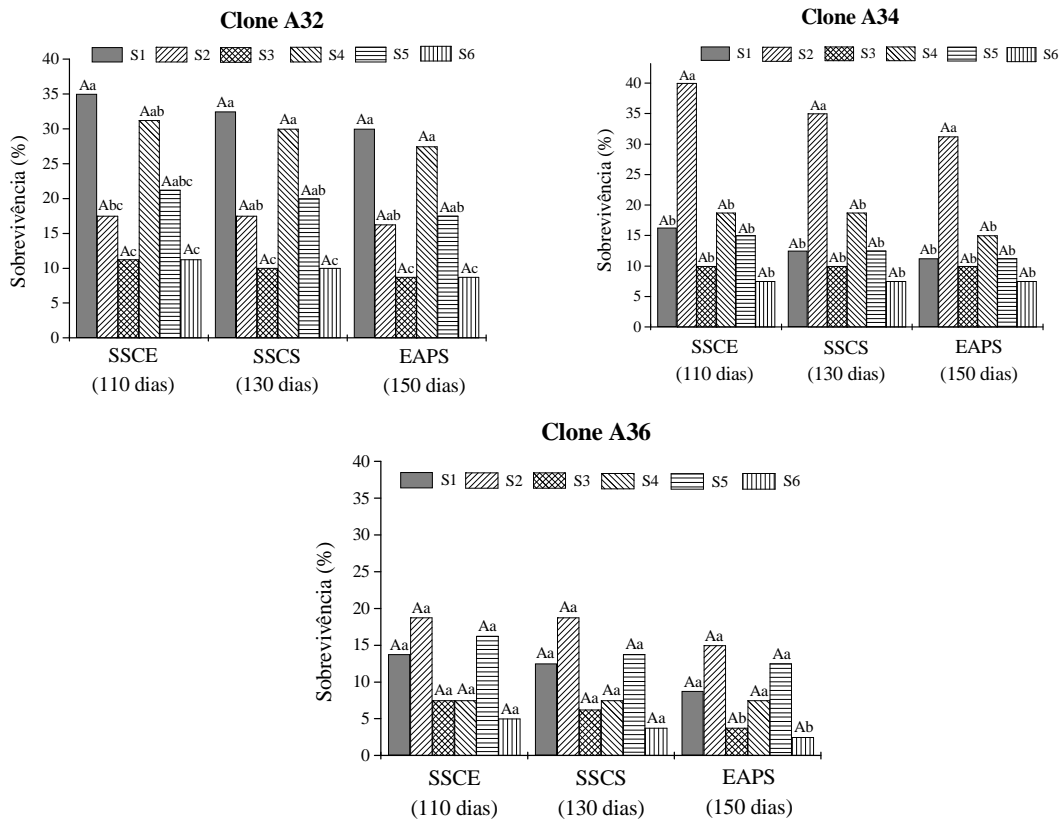


Figura 1. Valores médios da sobrevivência de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) na saída da casa de enraizamento (SSCE), na saída da casa de sombra (SSCS) e no enraizamento na área de pleno sol (EAPS) nos diferentes substratos testados. Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula entre os mesmos substratos nas diferentes épocas de avaliação e letras minúsculas entre os substratos dentro da mesma época não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Figure 1. Average values of the erva-mate (*Ilex paraguariensis*) cuttings survival in the exit of rooting greenhouse (SSCE), exit of the shaded greenhouse (SSCS) and rooting in the outdoor greenhouse (EAPS) in the substratum tested. Average followed by the same capital letter enters same substratum in the different times of evaluation and small letter between substratum in the same time do not differ significantly by the test of Scott-Knott at 5% of error probability level.

Comportamento semelhante foi observado para o clone A36 aos 150 dias durante o EAPS, apresentando valores médios de 8,7%, 15,0%, 7,5% e 12,5%, respectivamente, para os substratos S1, S2, S4 e S5. A maior amplitude na diferença entre os substratos testados foi verificada para o clone A34, cujo substrato S2, em todas as épocas de avaliação, foi superior aos demais, apresentando valor médio durante o EAPS (150 dias) de 31,2%.

A análise multivariada não revelou diferenças significativas entre as temperaturas em função dos tratamentos testados. Pode-se observar que a temperatura nos dois ambientes iniciais de enraizamento variou com o passar do tempo, entretanto houve menor variação desse fator na CVA do que na CVS, principalmente em relação à média das temperaturas máximas (Tabela 1). Na maioria das vezes, o valor da temperatura máxima superou 31,0 °C na CVS, chegando algumas vezes acima de 33,0 °C. Essa excessiva variação da temperatura não foi observada na CVA, que manteve valores médios de temperatura máxima próximos a 30,0 °C. A média das temperaturas mínimas na CVA variou de 15,0 a 19,0 °C, enquanto que na CVS os valores foram mais elevados, superando 21,0 °C no mês de fevereiro, ocorrendo novamente uma demasiada elevação da temperatura.

Brondani *et al.* (2007), ao estudarem o enraizamento de miniestacas juvenis de erva-mate, observaram que a CVA foi superior à CVS para todas as variáveis de crescimento analisadas, ficando os valores médios dos percentuais de enraizamento em torno de 72,7% e 47,5%, respectivamente, para a CVA e CVS. Com relação à estaquia de erva-mate, Higa (1983a) estudou o efeito do aquecimento do substrato a 20 °C e a 25 °C, em comparação ao não aquecimento, e observou porcentagens de enraizamento com material juvenil de 60,4%, 43,7% e 12,5%, respectivamente, aos 64 dias. Para o material adulto de rebrota, praticamente não foram encontradas diferenças significativas entre as temperaturas do substrato.

Os dados do presente estudo corroboram os de Higa (1983a), com materiais adultos, não mostrando diferenças no enraizamento em função da temperatura do substrato. Propágulos mais tenros apresentam maior sensibilidade às variações ambientais durante o enraizamento. Entretanto, os percentuais de enraizamento do material adulto obtidos neste estudo foram muito baixos, o que pode ter dificultado a expressão das condições do ambiente inicial de enraizamento nas características avaliadas.

Aos 150 dias, o comprimento total das brotações diferiu significativamente entre os clones A34 e A36 com relação ao clone A32 (Tabela 3). Nessa mesma época, os clones A32 e A36 diferiram quanto ao número de folhas em relação ao A34 (Figura 3A). Entretanto, ao observar os substratos estudados, apenas o S6 diferiu do S1, do S2 e do S5, apresentando o menor valor médio (Tabela 3). Os baixos valores obtidos para essas variáveis indicam a necessidade, no manejo das estacas, de maiores cuidados com relação a fatores ligados ao estado nutricional, tanto da minicepa quanto da miniestaca (WENDLING *et al.*, 2007).

O comprimento total do sistema radicial das estacas de erva-mate diferiu em relação ao ambiente inicial de enraizamento aos 150 dias de cultivo. A casa de vegetação com controle da temperatura e umidade resultou no maior valor médio para essa característica, com 58,6 cm, sendo que na casa de vegetação simples o valor ficou em torno de 41,7 cm (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios do número de folhas por muda (NF), comprimento total das brotações (CTB) e comprimento total do sistema radicial (CTSR) de estacas de *Ilex paraguariensis* aos 150 dias de cultivo em função dos tratamentos estudados.

Table 3. Average values of the leaf number (NF), shoots total length (CTB) and root system total length (CTSR) of *Ilex paraguariensis* cuttings in function of the treatments tested.

| Clone | NF ⁽¹⁾ | CTB (cm) ⁽¹⁾ |
|-----------|--------------------------|-------------------------|
| 32 | 1,58 b | 0,12 b |
| 34 | 3,05 a | 0,43 a |
| 36 | 2,23 b | 0,45 a |
| Ambiente | CTSR (cm) ⁽¹⁾ | |
| CVA | 58,6 a | |
| CVS | 41,7 b | |
| Substrato | NF ⁽²⁾ | |
| S1 | 2,60 a | |
| S2 | 3,07 a | |
| S3 | 1,87 ab | |
| S4 | 2,43 ab | |
| S5 | 2,97 a | |
| S6 | 0,80 b | |

⁽¹⁾ Médias seguidas por uma mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ⁽²⁾ Médias seguidas por uma mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. CVA - casa de vegetação automatizada; CVS - casa de vegetação simples.

Ao comparar os clones com o substrato estudado, observa-se uma diferença de comportamento do CTSR (Tabela 4). O uso dos substratos S1 e S4 resultaram nos maiores valores médios para o clone A32, diferindo dos demais. Para o clone A34, os melhores resultados foram obtidos com o S2 e o S4, e para o clone A36, com o S1 e o S2. Ao se comparar o uso do substrato entre os clones, pode-se observar diferença significativa apenas para o S1 e o S2 (Tabela 4).

Resposta semelhante houve com o volume (V) ocupado pela raiz no recipiente de cultivo, que resultou em diferença significativa entre os clones e substratos. Da mesma forma, o uso dos substratos S1 e S4 corresponderam aos maiores valores médios para o clone A32, diferindo dos demais. Para o clone A34, os melhores resultados foram obtidos com o S2 e o S4, entretanto, para o clone 36 não existiu diferença entre os substratos S1, S2, S4 e S5. Para todos os clones estudados em relação ao V, o S4 sempre esteve entre os maiores valores médios apresentados (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios do comprimento total do sistema radicial (CTSR) e volume ocupado pela raiz no recipiente (V) de estacas de *Ilex paraguariensis* aos 150 dias de cultivo em função dos tratamentos testados.

Table 4. Average values of root system total length (CTSR) and root volume (V) of *Ilex paraguariensis* cuttings in function of the treatments tested.

| Substrato | Clone A32 | Clone A34 | Clone A36 |
|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| | CTSR (cm) | | |
| S1 | 114,93 Aa | 30,13 Bb | 87,35 Aab |
| S2 | 41,68 Bbc | 104,36 Aa | 100,44 Aa |
| S3 | 17,97 Ac | 16,37 Ab | 23,98 Ac |
| S4 | 83,39 Aab | 83,09 Aab | 54,90 Abc |
| S5 | 34,39 Abc | 30,97 Ab | 36,90 Abc |
| S6 | 11,69 Ac | 17,96 Ab | 11,68 Ac |
| Substrato | Clone A32 | Clone A34 | Clone A36 |
| | V (cm ³) | | |
| S1 | 0,458 Aa | 0,116 Bbc | 0,302 Ba |
| S2 | 0,151 Bb | 0,394 Aa | 0,311 Aa |
| S3 | 0,045 Ab | 0,047 Ac | 0,086 Ab |
| S4 | 0,414 Aa | 0,320 Aab | 0,174 Bab |
| S5 | 0,119 Ab | 0,101 Abc | 0,132 Aab |
| S6 | 0,027 Ab | 0,043 Ac | 0,028 Ab |

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e letras minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Lourenço *et al.* (2000), em estudo sobre a influência do substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate via sementes em sacos plásticos, concluíram que o uso de esterco bovino e terra de mata na proporção de 1:3 é suficiente para a produção de mudas da espécie. Recentemente, Wendling *et al.* (2007) demonstraram influência positiva do uso de vermiculita média, casca de arroz carbonizada e casca de pinus (1:1:1 v/v) como componentes do substrato na miniestquia de erva-mate, obtendo sobrevivência de até 85,8% de miniestacas.

Esses resultados demonstram que o uso da casca de pinus como componente do substrato para enraizamento de estacas de erva-mate apresenta bons resultados, tendo em vista o S4 apresentar os melhores resultados para a maioria das características analisadas. Portanto, ao usar casca de pinus como substrato para a produção de mudas de erva-mate via estaquia, deve ser feita uma mistura com outros componentes, como a casca de arroz carbonizada e a vermiculita.

O fato de a fibra de coco e de algumas composições de substrato não terem apresentado resultados satisfatórios neste trabalho não inviabiliza sua utilização no âmbito da estaquia de erva-mate. Entretanto, deverão ser feitos ajustes das condições de umidade do ambiente de enraizamento e/ou a mistura de componentes que resultem em maior drenagem, em vista de a fibra de coco, segundo Malvestiti (2004), apresentar uma boa capacidade de retenção de água.

CONCLUSÕES

Para a maioria das características analisadas, os ambientes iniciais de enraizamento não proporcionaram diferenças significativas.

Os clones estudados mostraram comportamentos diferenciados em relação aos percentuais de enraizamento das estacas. De maneira geral, os clones A32 e A34 apresentaram os melhores índices de enraizamento, enquanto os piores foram observados para o clone A36.

Dentre os substratos estudados, a mistura de casca de arroz carbonizada + substrato para enraizamento à base de casca de pinus e vermiculita na proporção 1:1 (v/v) é aconselhada para estaquia de erva-mate.

REFERÊNCIAS

- ARREGHINI, R. I.; RIU, N. E.; BUSTAMANTE, J. A. Poplar mother stock: cuttings production at *Rivadavia*, Mendoza, Argentina. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, Mendoza, v. 28, n. 2, p. 65-69, 1996.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; ROVEDA, L. F.; ORRUTÉA, A. G. Ambiente inicial de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.
- CARRIJO, O. A.; LIZ, R. de S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.
- COELHO, G. C.; MARIATH, J. E. de A.; SCHENKEL, E. P. Populational diversity on leaf morphology of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, p. 47-51, 2002.
- CORREIA, D.; RIBEIRO, E. M.; LOPES, L. S.; ROSSETTI, A. G.; MARCO, C. A. Efeito de substratos na formação de porta-enxertos de *Psidium guajava* L. CV. Ogawa em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 88-91, 2005.
- CUQUEL, F. L.; CARVALHO, M. L. M. de.; CHAMMA, H. M. C. P. Avaliação de métodos de estratificação para a quebra de dormência de sementes de erva-mate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 415-421, 1994.
- FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. **Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação da erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 5 p. (Comunicado Técnico, n. 45).
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 28, p. 1069-1076, 2004.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880 p.
- HIGA, R. C. V. Estaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): resultados preliminares. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1983a, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Silvicultura em São Paulo, 1983a. v. 8. n. 28. p. 304-305.
- HIGA, R. C. V. Propagação vegetativa da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) por estaquia. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10., 1983b, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 1983b, p.119-123. (Documentos, n. 15).
- LOURENÇO, R. S.; MEDRADO, M. J. S.; FOWLER, J. A. P.; MOSELE, S. H. Influência do substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.). **Perspectiva**, Erechim, v. 24, n. 88, p. 81-99, 2000.
- MACHADO, C. C. B.; BASTOS, D. H. M.; JANZANTTI, N. S.; FACANALI, R.; MARQUES, M. O. M.; FRANCO, M. R. B. Determinação do perfil de compostos voláteis e avaliação do sabor e aroma de bebidas produzidas a partir da erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 513-518, 2007.
- MALVESTITI, A. L. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: BARBOSA, J. G., MARTINEZ, H. E. P., PEDROSA, M. W., SAIYAMA, M. A. N. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 226-235.

SALVADOR, E. D.; PASQUAL, M.; SPERA, M. R. N. Efeito de diferentes substratos no crescimento de samambaia-matogrossense (*Polypodium aureum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 1006-1111, 2001.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, n. 10, v. 2, p. 1-15, 2000.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.de; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

TAVARES, F. R.; PICHET, J. A.; MASCHIO, L. M. de A. Alguns fatores relacionados com a estaquia da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: UFSM, 1992. v. 2. p.626-640.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **The Journal of Ecology**, Oxford, v. 63, p. 995-1001, 1975.

VIDOR, M. A.; RUIZ, C. P.; MORENO, S. V.; FLOSS, P. A. Variabilidade genética em um ensaio de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.4, p.583-587, 2002.

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

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 289-292, 2007. (Notas Científicas).