



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

---

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**



**VARIABILIDADE GENÉTICA DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE  
ERVA-MATE NATIVA (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) NO SUDOESTE DO  
ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL**

**Wagner José Martins**

**Orientador: Valdemir Antônio Laura**

**Co-orientador: Reginaldo Brito da Costa**

**Campo Grande, MS.**

**2009**



## MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



### VARIABILIDADE GENÉTICA DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE ERVA-MATE NATIVA (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) NO SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal junto ao Departamento de Biologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

**Aluno:** Wagner José Martins

**Orientador:** Valdemir Antônio Laura

**Co-orientador:** Reginaldo Brito da Costa

Campo Grande, MS.

2009

## **AGRADECIMENTOS.**

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade, força e ânimo que foi concedida;

Ao meu pai Valfrides, que sempre me deu apoio e incentivo;

À minha amada esposa Juliana, que sempre me deu apoio, paz e conforto nos momentos difíceis, e que muitas vezes deixei sozinha a me esperar;

Aos meus orientadores, pela confiança em mim depositada;

Ao privilégio de ter estudado ao lado de pessoas magníficas como meus AMIGOS de turma;

A todos os professores que fazem parte do corpo docente deste Mestrado Acadêmico, pelos ensinamentos;

À Empresa Ervateira Santo Antônio Ind. Com. Imp. Exp. de Alimentos Ltda. pelo apoio prestado na execução deste trabalho, bem como, a confiança depositada. Em especial, ao seu João Benites e Paulo Benites, bem como, à contribuição de todos os funcionários da Fazenda Rancho Esperança.

Muito Obrigado a todos!!

Att,

Wagner José Martins

## RESUMO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) desempenha importante papel socioeconômico para os países que a produzem (Brasil, Argentina e Paraguai), pois é cultivada por um grande número de pequenos produtores e pelas próprias ervateiras. No entanto, os ervais cultivados apresentam baixa produtividade devido à deficiência das técnicas de cultivo e de colheita, assim como, a baixa qualidade fisiológica e menores níveis de diversidade genética das sementes utilizadas nos plantios. Assim, é de fundamental importância o desenvolvimento e o aprimoramento de programas de melhoramento genético com a espécie, visando maximizar a rentabilidade em termos de produção e, ao mesmo tempo, preservar e/ou recuperar os recursos naturais, podendo assim, obter benefícios ambientais e econômicos. Com base nessas considerações o presente trabalho teve como objetivos, avaliar a variabilidade genética de procedências e progênes de erva-mate nativa (*Ilex paraguariensis* st. Hil.) em fase inicial de crescimento no município de Aral Moreira – MS. O teste de procedência e progênie, para avaliação do crescimento inicial das mudas, foi instalado no viveiro de mudas da Fazenda Rancho Esperança localizada no município de Aral Moreira, sob o delineamento de blocos ao acaso com 3 procedências, 25 tratamentos (progênes) de cada uma das procedências, 5 repetições e 4 plantas por parcela em linhas simples. Aos 5 meses de idade, as progênes foram avaliadas quanto aos caracteres: **a)** altura total das plantas, expressas em centímetros; **b)** diâmetro do coleto expresso em milímetros; e **c)** número de lançamentos foliares. Os resultados demonstraram haver variabilidade genética, e as herdabilidades individuais e de médias de progênes obtidas, estimulam o monitoramento continuado das procedências e progênes no campo, com perspectivas de maximizar o ganho genético na seqüência das avaliações. A procedência Laguna Carapã apresentou melhor desempenho para todos os caracteres avaliados com ganhos genéticos estimados com seleção, seguido da procedência Aral Moreira.

## ABSTRACT

Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) acts important socio-economic part in countries that produce this specie (Brazil, Argentina and Paraguay), for it's cultivated by a large number of small producers and by the erva-mate industries. However, the cultivated erva-mate presents low productivity due to deficiency of cultivation techniques and harvest, as well as low physiologic quality and lower levels of genetic diversity for seeds used in plantation. Like this, it is of fundamental importance the development and betterment of genetic improvement programs for this specie programs of genetic improvement with the species, seeking to maximize the profitability in production terms and, at the same time, to preserve and/or to recover the natural resources, being able to like this, to obtain environmental and economical benefits. With base in those considerations the present work had as objectives, to evaluate the genetic variability of provenances and progenies of native erva-mate (*ilex paraguariensis* st. hil.) In initial phase of growth in the municipal district of Aral Moreira – MS. Provenance and progeny test, for evaluation of the initial growth of the plants, was installed in Rancho Esperança Farm located in municipal district Aral Moreira – MS, under randomized block design, with 3 provenances, 25 treatments (progeny's), 5 repetitions and 4 plants per plot in simple lines. At the age of 5 months, progenies were evaluated for seedlings total heights characters, stem diameter, number of leaf flushes. Results demonstrated that there's genetic variability, and individuals and obtained progeny average heritability estimate the continued monitoring of the provenances and progenies on field, with perspectives of maximizing genetic gain in the sequence of evaluations. The Laguna Carapã provenance – followed by the Aral Moreira provenance - presented better performance for all evaluated characters with genetic gains estimated along with selection.

## ÍNDICE

Introdução Geral.....	07
Referências Bibliográficas.....	10
Normas da Revista Bragantia.....	13
Artigo.....	17
Resumo.....	17
Abstract.....	18
Introdução.....	18
Material e Métodos.....	20
Resultados e Discussão.....	21
Conclusões.....	24
Referências Bibliográficas.....	25
Tabela 1.....	29
Tabela 2.....	30
Tabela 3.....	31
Tabela 4.....	32
Considerações Finais.....	33

## INTRODUÇÃO GERAL

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), a espécie mais comumente utilizada do gênero, pertence à família Aquifoliaceae que apresenta cerca de 600 espécies, das quais, 220 são nativas da América do Sul, e 68 ocorrem no Brasil (SCHERER, 1997; STURION e RESENDE, 1997). Suas folhas e ramos são utilizados principalmente na produção de bebidas como, chimarrão e chás, mas estudos recentes têm revelado importantes substâncias químicas na sua composição possibilitando o seu emprego em novos produtos, como medicamentos, corantes, conservantes alimentares, produtos de higiene e cosméticos, incrementando assim, a demanda no mercado (WENDT et al., 2007).

Os únicos países produtores de *I. paraguariensis* no mundo são: Brasil, Argentina e Paraguai. Nesses países, o cultivo dessa espécie desempenha grande importância socioeconômica, pois é realizado por um grande número de pequenos produtores e pelas próprias ervateiras. No entanto, os ervais cultivados apresentam baixa produtividade devido à deficiência das técnicas de cultivo e de colheita, assim como, a baixa qualidade fisiológica e menores níveis de diversidade genética das sementes utilizadas nos plantios (RESENDE et al., 1995). Com o intuito de sanar esse problema, WENDT et al. (2007) ressaltam que é de fundamental importância o desenvolvimento e o aprimoramento dos programas de melhoramento genético com a espécie. Nestes programas, o conhecimento da quantidade e distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações dos materiais utilizados é de fundamental importância para o delineamento de estratégias ideais, visando maximizar os ganhos genéticos das características de interesse.

O melhoramento genético da cultura é recente, tendo-se iniciado a partir de 1974 na Argentina, e na década de 1990, no Brasil. Basicamente três programas estão em desenvolvimento: o do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA) na Argentina (BELINGHERI e PRAT KRICUN, 1997), o da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) (FLOSS, 1997) e o da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (STURION e RESENDE, 1997). De maneira geral, tais programas têm enfatizado as seguintes características silviculturais: adaptação, produção de massa verde, resistência a pragas e doenças, desfolhamento e tipo de ramificação ou arquitetura (RESENDE et al., 2000). Em um futuro próximo, características associadas à qualidade dos produtos da erva-mate também deverão ser consideradas nos programas de melhoramento.



No caso específico de progênies de erva-mate implantadas em área de ocorrência natural no Estado de Mato Grosso do Sul, especialmente em região de fronteira com o Paraguai, nota-se um expressivo interesse da comunidade rural, bem como, de produtores em relação à possibilidade de obtenção de materiais geneticamente superiores. Dessa forma, a detecção dos melhores genótipos nativos da espécie, afim de propiciar uma maior produtividade e especificidade dos caracteres desejados em termos comerciais, visando aumentar o rendimento das áreas cultivadas de erva-mate através do uso de mudas e sementes melhoradas, torna-se uma ferramenta importante contribuindo significativamente nesta perspectiva.

Na perspectiva do uso sustentável dos recursos naturais, CROCE e DE NADAL (1995) enfatizam que a erva-mate é, sem dúvida, promissora na busca de maximizar a rentabilidade em termos de produção e, ao mesmo tempo, preservar e/ou recuperar os recursos naturais. Dessa forma, o melhoramento genético da espécie poderá trazer benefícios ambientais e econômicos, servindo também de opção para sistemas agroflorestais.

COSTA et al. (2005), enfatizam que a avaliação do desenvolvimento inicial das progênies de erva-mate estimula o estabelecimento de um programa de melhoramento genético com germoplasma nativo, tendo em vista o delineamento de estratégias ideais, visando maximizar os ganhos genéticos das características de interesse. Cabe salientar que, o sucesso do programa prático de melhoramento de espécies perenes depende, entre outros aspectos, do conhecimento do germoplasma disponível para obtenção de tal produto, bem como, da variação biológica entre espécies no gênero, entre populações, dentro de espécies e indivíduos. Desse modo, a estimação de parâmetros e a avaliação genética de indivíduos são essenciais nas várias etapas do programa de melhoramento, notadamente, como o monitoramento desde a fase de desenvolvimento inicial das mudas para efeito de seleção ao longo do programa.

De modo geral, a distribuição da variação genética em testes de procedências e progênies é estimada a partir de caracteres quantitativos. Portanto, tais análises podem requerer longo tempo de experimentação para obtenção de resultados consistentes, visto que as variáveis usadas como resposta, são caracteres fenotípicos fortemente influenciados por fatores ambientais. No entanto, esta variação também pode ser estudada a partir de dados de marcadores genéticos, os quais teoricamente não sofrem efeito ambiental e, portanto, os resultados obtidos não se alteram com o desenvolvimento das plantas (diferentes fases ontogênicas), como pode ocorrer quando



a variação é avaliada por caracteres quantitativos (WENDT et al., 2007). Assim, em programas de melhoramento genético florestal, torna-se essencial a acurada predição de valores genéticos de indivíduos candidatos à seleção.

A metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP) para dados desbalanceados, adaptada para o melhoramento de plantas perenes por RESENDE (2000), avaliando-se individualmente os candidatos à seleção, tem conduzido à maximização do ganho genético com seleção. A referida metodologia vem sendo aplicada com sucesso no melhoramento de diversas espécies perenes em experimentos instalados no campo com várias idades, tais como, para erva-mate (SIMEÃO et al., 2002), seringueira (COSTA et al., 1999; COSTA et al., 2000; COSTA et al., 2001; KALIL FILHO et al., 2000), cacau (RESENDE e DIAS, 2000), acerola (PAIVA et al., 2002), pupunha (FARIAS NETO e RESENDE, 2001), dentre outras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELINGHERI, L.D.; PRAT KRICUN. Programa de mejoramiento genético de la yerba mate en el INTA. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2, 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 467p. (EMBRAPA--CNPQ, Documentos, 33).

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; ARAUJO, A.J.; GONÇALVES, P. de S. BLUP individual e índice multi-efeito aplicados ao melhoramento da seringueira. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE – SIRGEALC, 2, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. 1CD-ROM.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; GONÇALVES, P. de S. Selection and genetic gain in populations of *Hevea brasiliensis* with a mixed mating system. **Genetic and Molecular Biology**, v. 23, n. 3, p. 671-679, 2000.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; FERREIRA, M.S.; SILVA FERREIRA, J. Estimación de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos para o caráter germinação e leucena pelo procedimento REML/BLUP. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Colombo, n. 7, p. 20, 2001.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; CONTINI, A.Z.; REGO, F.L.H.; ROA, R.A.R.; MARTINS, W.J. Avaliação Genética de Indivíduos de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) na Região de Caarapó, MS, pelo Procedimento REML/BLUP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2005.

CROCE, D.M.; De NADAL, R. Viabilidade técnico-econômica de sistemas de produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) consorciada com culturas anuais. In: WINGE, H. *et. al* (Orgs.). **Erva-Mate**: biologia e cultura no Cone Sul. Porto Alegre: Ed. Universidade, 1995.

FARIAS NETO, J.T; RESENDE, M.D.V. de. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 320-324, 2001.

FLOSS, A. Programa de melhoramento genético da erva-mate na EPAGRI. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 279.

KALIL FILHO, A.N.; RESENDE, M.D.V. ; KALIL, G.P.C. Componentes de variância e predição de valores genéticos em seringueira pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1883-1887, 2000.

PAIVA, J. R. ; RESENDE, M. D. V. ; CORDEIRO, E. R. Índice multi-efeitos (BLUP) e estimativas de parâmetros genéticos aplicados ao melhoramento da acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 799-807, 2002.

RESENDE, M.D.V.; ARAUJO, A.J. de; SAMPAIO, P.T.B.; WIECHETECK, M.S.S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variância de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. hondurensis. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 35-45, 1995.

RESENDE, M.D.V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101p. (Documentos, 47).

RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos aditivos e genotípicos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 1, p. 44-52, 2000.

RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A.; CARVALHO, A.P.; SIMEÃO, R.M.; FERNANDES, J.S.C. Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela

EMBRAPA : resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. **Circular Técnica**, Colombo, n. 43, 2000.

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

SIMEAO, R.M.; STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V; FERNÁNDEZ, J.S.C.; NEIVERTH, D.D.; ULBRICH, A.L. Avaliação genética em erva-mate pelo procedimento BLUP individual multivariado sob interação genótipo x ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1589-1596, 2002.

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. de. Programa de melhoramento genético da erva-mate no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da Embrapa. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...**Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1997. 467p. (EMBRAPA-CNPF, Documentos, 33).

WENDT, S.N.; SOUZA, V.A. DE; QUOIRIN, M.; SEBBENN, A.M.; MAZZA, M.C.; STURION, J.A. Caracterização genética de procedências e progênies de *Ilex paraguariensis* St. Hil. utilizando marcadores RAPD. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.73, p.47-53, 2007.

## **NORMAS DA REVISTA BRAGANTIA: Revista de Ciências Agronômicas**

### **Preparação de originais**

Os originais devem ser enviados em duas vias, acompanhadas de disquete em Word for Windows, e digitados em espaço duplo, papel formato A4, fonte Times New Roman, tamanho 12; páginas numeradas seqüencialmente, incluindo tabelas e ilustrações.

**Artigo Científico ou de Revisão:** máximo de 25 páginas, incluindo tabelas e figuras.

**Nota Científica:** máximo de 10 páginas, incluindo tabelas e figuras.

**Página de Rosto:** Título do artigo e título corrente abreviado com cerca de 50 caracteres, incluindo espaços, nome dos autores, com identificação do autor para correspondência, endereço profissional completo dos autores, mencionando Departamento/ Instituição, caixa postal, CEP, cidade, Estado, e-mail, telefone e entidade da qual é bolsista. Número total de páginas do trabalho, de tabelas e figuras.

Identificar a seção em que se enquadra o trabalho científico, selecionando uma das opções:

-**Áreas Básicas** (Botânica, Citogenética, Fisiologia Vegetal, Biotecnologia, Biologia Molecular e Fitoquímica)

-**Melhoramento Genético Vegetal**

-**Fitotecnia**

-**Fitossanidade**

-**Solos e Nutrição de Plantas**

-**Tecnologia de Sementes e Fibras**

-**Tecnologia de Pós-colheita**

-**Irrigação**

-**Engenharia Agrícola**

-**Agrometeorologia**

-**Metodologia e Técnicas Experimentais**

### **Estrutura do Artigo**

a) Título; Autor (es).

b) Resumo (no máximo 250 palavras) em português, palavras-chave. Deve incluir as razões e objetivos da investigação, local e data da pesquisa, como foi feita, resultados mais importantes e conclusões.

- c) Título em inglês (ou espanhol), Abstract e key words. É a versão para o inglês do Resumo e das palavras-chave.
- d) Introdução (contendo revisão de literatura) com duas páginas, no máximo.
- e) Material e Métodos: somente métodos novos e material incomum devem ser descritos detalhadamente, ou descrevê-los resumidamente fornecendo a citação bibliográfica correspondente.
- f) Resultados e Discussão.
- g) Conclusões.
- h) Agradecimentos.
- i) Referências Bibliográficas.

Quando o artigo for apresentado em língua estrangeira, o título, resumo e palavras-chave deverão também ser feitos em português. As Notas Científicas não precisam seguir essa subdivisão. Iniciar sempre uma nova página para as seguintes seções ou itens: Referências Bibliográficas; Tabela com título e rodapé; Figura com título e legenda.

**Citações no texto:** as citações de autores no texto devem ser em letras maiúsculas (caixa alta reduzida, ou versalete), seguidas do ano de publicação. Para dois autores, usar e ou and se o texto for em inglês. Havendo mais de dois autores, citar o sobrenome do primeiro, seguido de et al. Ex.: STEEL e TORRIE (1980) ou (STEEL e TORRIE, 1980). HAAG et al. (1992) ou (HAAG et al., 1992). Mais de um artigo dos mesmos autores, no mesmo ano, devem ser discriminados com letras minúsculas: HAAG et al. (1992a,b). Comunicações pessoais, trabalhos ou relatórios não publicados devem ser citados no rodapé, não devendo aparecer nas referências bibliográficas.

**Referências Bibliográficas:** devem ser normalizadas segundo a NBR 6023 da ABNT, estar em ordem alfabética de autores e, dentro desta, em ordem cronológica de trabalhos; havendo dois ou mais autores, separá-los por ponto e vírgula; os títulos dos periódicos devem ser escritos por extenso; incluir apenas os trabalhos citados no texto, em tabelas e/ou em figuras, na seguinte forma:

#### **a) Periódicos**

Sobrenome, Iniciais do prenome. Título do artigo. Título do periódico (negrito), local de publicação (cidade), número do volume (v.), número do fascículo (n.), páginas inicial e final (p.xxx-xxx), ano de publicação.

BOAVENTURA, Y.M.S. Microsporogênese de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner com número duplicado de cromossomos. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n.2, p.193-204, 1990.

#### **b) Livros e Folhetos**

Sobrenome, Iniciais do prenome. **Título** (negrito): subtítulo. Edição (ed.). Local de publicação: Editora, data. Número de páginas ou volumes. (Título da série e número)

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631p.

**c) Capítulo de livro**, publicação em obras coletivas, anais de congressos, reuniões.

Sobrenome, Iniciais do prenome dos autores da parte. Título da parte. In: Sobrenome, Iniciais do prenome do autor ou editor do livro. **Título do livro** (negrito). Edição. Local de publicação: Editora, data. Volume (v.), páginas inicial e final (p.xx-xx).

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E. (Ed.). **Chemistry of the soil**. 2.ed. New York: Reinhold, 1964. p.71-141.

HIROCE, R.; FIGUEIREDO, J.O. de; POMPEU JUNIOR, J.; CASTRO, J.L. Composição mineral das folhas de tangerineiras tardias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988. v.1, p.287-290.

#### **d) Dissertações e Teses**

Sobrenome, Iniciais do prenome. **Título**: subtítulo. data. Número de folhas (f). Dissertação ou Tese (Curso) - nome da unidade universitária, nome da universidade, local.

OLIVEIRA, H. DE. **Estudo da matéria orgânica e do zinco em solos sob plantas cítricas sadias e apresentando sintomas de declínio**. 1991. 77f. Dissertação



(Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Jaboticabal.

**Tabelas:** contêm título, cabeçalho, conteúdo e elementos complementares (fonte, notas e chamadas). Devem ser apresentados em folhas separadas e numerados com algarismos arábicos. Não usar linhas verticais; as horizontais devem separar o título do cabeçalho, o cabeçalho do conteúdo e o conteúdo dos elementos complementares. O título da tabela deve ser auto-explicativo, prescindindo de consulta ao texto.

**Unidades:** usar exclusivamente o Sistema Internacional de Medidas. Nas tabelas, apresentar as unidades no topo das colunas respectivas, fora do cabeçalho da tabela.

**Figuras:** gráficos, desenhos, mapas, fotografias e fotomicrografias aparecem no texto como figuras. Devem ser numeradas com algarismos arábicos e ter título auto-explicativo. Indicar o local da inserção das figuras no texto. Fotografias e fotomicrografias devem ser remetidas em papel fotográfico. Figuras elaboradas eletronicamente devem vir acompanhadas de seus arquivos originais em Excel, Origin, Corel Draw, etc. Para outras figuras, enviar o original ou cópia xerográfica de boa qualidade. Não inserir quaisquer figuras no texto.

# VARIABILIDADE GENÉTICA DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE ERVA-MATE NATIVA (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) NO SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

Wagner José Martins<sup>(1)</sup>; Reginaldo Brito da Costa<sup>(2)</sup>; Valdemir Antônio Laura<sup>(3)</sup>

## RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a variabilidade genética de procedências e progênies de erva-mate nativa (*Ilex paraguariensis* st. Hil.) em fase inicial de crescimento no município de Aral Moreira – MS. O teste de procedência e progênie, para avaliação do crescimento inicial das mudas, foi instalado no viveiro de mudas da Fazenda Rancho Esperança localizada no município de Aral Moreira, sob o delineamento de blocos ao acaso com 3 procedências, 25 tratamentos (progênies) de cada uma das procedências, 5 repetições e 4 plantas por parcela em linhas simples. Aos 5 meses de idade, as progênies foram avaliadas quanto aos caracteres: **a)** altura total das plantas, expressas em centímetros; **b)** diâmetro do coleto expresso em milímetros; e **c)** número de lançamentos foliares. Os resultados demonstraram haver variabilidade genética, e as herdabilidades individuais e de médias de progênies obtidas, estimulam o monitoramento continuado das procedências e progênies no campo, com perspectivas de maximizar o ganho genético na seqüência das avaliações. A procedência Laguna Carapã apresentou melhor desempenho para todos os caracteres avaliados com ganhos genéticos estimados com seleção, seguido da procedência Aral Moreira.

**Palavras-chave:** *Ilex paraguariensis*, variabilidade genética, progênies, ganho genético.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Programa de Mestrado em Biologia Vegetal, Cidade Universitária, Caixa Postal 549, 79070-900, Campo Grande (MS). E-mail: [martinswj@hotmail.com](mailto:martinswj@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Faculdade de Engenharia Florestal. Programa de Mestrado em Ciências Florestais e Ambiental. Av. Fernando Corrêa, s/n, 78060-900, Cuiabá (MT). E-mail: [reg.brito.costa@gmail.com](mailto:reg.brito.costa@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Programa de Mestrado em Biologia Vegetal, Cidade Universitária, Caixa Postal 549, 79070-900, Campo Grande (MS). E-mail: [valdemir@cnpqc.embrapa.br](mailto:valdemir@cnpqc.embrapa.br)

## ABSTRACT

### GENETIC VARIABILITY OF PROVENANCES AND PROGENIES OF NATIVE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) IN THE SOUTHWEST OF MATO GROSSO DO SUL STATE.

The present work had as objectives, to evaluate the genetic variability of provenances and progenies of native erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. hil.) In initial phase of growth in the municipal district of Aral Moreira – MS. Provenance and progeny test, for evaluation of the initial growth of the plants, was installed in Rancho Esperança Farm located in municipal district Aral Moreira – MS, under randomized block design, with 3 provenances, 25 treatments (progenies), 5 repetitions and 4 plants per plot in simple lines. At the age of 5 months, progenies were evaluated for seedlings total heights characters, stem diameter, number of leaf flushes. Results demonstrated that there's genetic variability, and individuals and obtained progeny average heritability estimate the continued monitoring of the provenances and progenies on field, with perspectives of maximizing genetic gain in the sequence of evaluations. The Laguna Carapã provenance – followed by the Aral Moreira provenance - presented better performance for all evaluated characters with genetic gains estimated along with selection.

**Key-words:** *Ilex paraguariensis*, genetic variability, progenies, genetic gains.

## INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), a espécie mais comumente utilizada do gênero, pertence à família Aquifoliaceae com cerca de 600 espécies. Destas, 220 são nativas da América do Sul e 68 ocorrem no Brasil (SCHERER, 1997; STURION e RESENDE, 1997). Pode-se considerar a erva-mate como dióica, onde nas plantas femininas encontram-se estames não funcionais e, nas masculinas o pistilo se deprime e aborta (FERREIRA, et al., 1983).

A cultura constitui uma excelente opção de geração de emprego e de renda, especialmente entre os pequenos e médios produtores rurais. Ela forma um dos sistemas agroflorestais mais característicos da região sul do Brasil, sendo produzida em aproximadamente 600 empresas e 180 mil propriedades rurais, rendendo anualmente mais de R\$ 150 milhões (RODIGHERI, 1996). É uma espécie perene bastante apreciada em todo o Brasil na forma de bebidas, insumos para alimentos, produtos de uso e higiene pessoal.

Depois do Uruguai, os maiores mercados compradores em potencial ficam em países como Alemanha, Espanha, Itália, Estados Unidos (BOGUSZEWSKI, 2007), Canadá e Japão (ANDRADE, 1999), além do Oriente Médio, especialmente a Síria (GOVERNO DO PARANÁ, 2007). Este mercado continua em expansão tanto na América do Sul como nos demais continentes, sendo a Argentina o maior produtor de mate no Cone Sul. No Brasil a maior parte da produção é extrativista, demonstrando que a atividade ainda é muito dependente dos ervais nativos.

Por outro lado, o aumento da população humana e suas atividades, têm resultado na degradação e fragmentação de habitats causando declínio da biodiversidade (EHRlich, 1988). A redução do tamanho original das áreas com cobertura vegetal nativa e o aumento do isolamento dos fragmentos florestais remanescentes tem provocado erosão genética em populações de *I. paraguariensis*, ao longo de anos de avanço da fronteira agrícola no Brasil, particularmente no Estado de Mato Grosso do Sul.

As populações nativas da espécie têm diminuído consistentemente o seu tamanho efetivo populacional levando à perda de variabilidade genética entre e dentro das populações. A detecção e resgate da referida variabilidade ainda presente nessas populações torna-se importante, a partir do material genético ainda disponível em áreas que compreendem a divisa do Brasil e Paraguai.

A pesquisa de ANDRADE (1999) quantificou a produtividade média das árvores nativas, estabilizadas a partir dos 10 anos de idade, podendo chegar a produzir anualmente acima de 80 kg de matéria verde por árvore. Portanto, a disponibilidade de material genético autóctone para um mercado crescente de consumo nos diversos países citados deve fazer parte dos objetivos do melhoramento genético da erva-mate nativa do Brasil.

Nesse sentido, os testes de procedências e progênies, instrumentos importantes para o trabalho do melhorista, têm sido usados na estimação de parâmetros genéticos e seleção de indivíduos, quando se procura avaliar a magnitude e a natureza da variância genética disponível, com vistas a quantificar e maximizar os ganhos genéticos, utilizando-se procedimento de seleção adequado. Assim, a seleção de árvores superiores em programas de melhoramento genético com espécies arbóreas, envolve testes combinados de procedências e progênies. Esses testes permitem a seleção das populações mais adaptadas e produtivas para os locais onde se pretende realizar os plantios, bem como, a seleção das melhores progênies e plantas dentro das procedências, simultaneamente (RESENDE et al., 2000).

O estudo objetivou avaliar a variabilidade genética entre procedências e progênies de erva-mate nativa (*Ilex paraguariensis* st. Hil.) em fase inicial de crescimento no município de Aral Moreira – MS.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de erva-mate foram coletadas de três procedências nos municípios de Ponta Porã, Aral Moreira e Laguna Carapã, localizados em área de fronteira entre Brasil e Paraguai, na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul. De cada procedência, foram coletadas sementes de 25 matrizes nativas de polinização aberta.

O município de Ponta Porã, está localizado a 22°32'09``S e 55°43'33``W, com 655m de altitude, tipo de solo predominante Latossolo Vermelho Escuro. O município de Aral Moreira localiza-se a 22°55'95``S e 55°38'30``W e à 609m de altitude, com solo predominante do tipo Latossolo Roxo. E o município de Laguna Carapã situa-se a 22°32'45``S e 55°09'00``W e à 509m de altitude, com solo predominante do tipo Latossolo Vermelho Escuro. Nas três regiões de origem das procedências, o clima segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfa – Clima subtropical e, o tipo de vegetação predominante é do tipo Floresta Estacional Semidecidual.

O testes de procedência e progênie, para avaliação do crescimento inicial das mudas, foi instalado no viveiro de mudas da Fazenda Rancho Esperança localizada no município de Aral Moreira, sob o delineamento de blocos ao acaso com 3 procedências, 25 tratamentos (progênies) de cada uma das procedências, 5 repetições e 4 plantas por parcela em linhas simples. Aos 5 meses de idade, as progênies foram avaliadas quanto aos caracteres: a) altura total das plantas, expressas em centímetros; b) diâmetro do coleto expresso em milímetros; e c) número de lançamentos foliares.

As variáveis foram analisadas usando-se o Modelo 5 da metodologia de modelo linear misto univariado aditivo do software SELEGEN - REML/BLUP (*restricted maximum likelihood*) apresentado por Resende (2002b). , consistindo do seguinte:

$$y = Xr + Za + Wp + Ts + e, \text{ em que:}$$

y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios), s é vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios) e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas (X, Z, W, e T) representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.



Os parâmetros genéticos e variâncias foram obtidas a partir do que segue:

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2} = \text{herdabilidade individual no sentido restrito no bloco};$$

$$\hat{h}_{mp}^2 = \frac{0,25\hat{\sigma}_a^2}{0,25\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 / b + \hat{\sigma}_e^2 / (nb)} = \text{herdabilidade média de progênies no sentido restrito no bloco};$$

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{\hat{h}_{mp}^2} = \text{Acurácia seletiva};$$

$$\hat{c}^2 = \hat{\sigma}_c^2 / (\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2) = \text{correlação devida ao ambiente comum da parcela};$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = \text{variância genética aditiva};$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \text{variância residual dentro da parcela (ambiental + não aditiva)};$$

$$\hat{\sigma}_{parc}^2 = \text{variância entre parcelas};$$

$$CV_{gi}(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{X} . 100$$

$CV_{gi}$  = coeficiente de variação genética individual;

$$CV_e(\%) = \frac{\sqrt{c^2 + \hat{\sigma}_{parc}^2 / n}}{X} . 100$$

$CV_e$  = coeficiente de variação experimental;

A utilização da metodologia Reml/Blup, desenvolvida para o melhoramento de plantas perenes tem maximizado os ganhos genéticos com seleção (RESENDE, 2002, COSTA et al., 2002; COSTA et al., 2005; MISSIO et al., 2005), por tratar-se de um procedimento preditivo, especialmente para dados desbalanceados dos valores genéticos dos indivíduos em testes de procedências e progênies (RESENDE, 2002a).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares das procedências e progênies são apresentados na Tabela 1.

A herdabilidade individual no sentido restrito das procedências para os caracteres estudados podem ser consideradas de altas magnitudes para altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares (0,60; 0,49; 0,27) respectivamente. Os resultados

referentes à herdabilidade individual no sentido restrito das progênies encontrados foram de baixa a moderada magnitude (0,41; 0,25; 0,42) para os caracteres estudados, respectivamente.

Os resultados mais expressivos foram obtidos para média de progênies (0,63; 0,51; e 0,64) para os caracteres avaliados, o que indica que a seleção pode ser efetiva usando-se as informações, tanto de indivíduos, como de famílias. Estes valores são superiores àqueles encontrados por COSTA et al. (2005) para progênies nativas da região, o que denota uma boa perspectiva de variabilidade genética a ser explorada ao longo de um programa de melhoramento genético. As informações de famílias encontradas são coerentes com os resultados observados na literatura relativa a outras espécies florestais (KAGEYAMA, 1980; STURION, 1993; CORNELLIUS, 1994; SAMPAIO, 1996) e quanto à erva-mate (SIMEÃO et al., 2002).

A mais importante função da herdabilidade no estudo genético do caráter métrico é o seu papel preditivo expressando a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético, ou o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético (FALCONER, 1987; VENCovsky e BARRIGA, 1992). Segundo FALCONER (1987), a herdabilidade é uma propriedade não somente de um caráter, mas também da população e das circunstâncias de ambientes às quais os indivíduos estão sujeitos. O valor da herdabilidade poderá ser afetado se houver alteração em qualquer um dos componentes da variância.

Os coeficientes de variação genética individual ( $CV_{gi}\%$ ), que expressam em percentagem da média geral a quantidade de variação genética existente, apresentaram valores expressivos para os caracteres altura, diâmetro e número de lançamentos foliares, tanto para procedências (28,39%; 14,57%; 19,22%), como para progênies (27,19%; 15,06%; 23,72%), condizentes àqueles obtidos por COSTA et al. (2005). Estes resultados revelam que as populações podem ser consideradas apropriadas para o programa de melhoramento genético. Em outros termos, ganho genético é esperado aplicando-se procedimento adequado de seleção. Os dados encontrados sugerem que, em futuras avaliações de campo, poderá haver maior expressão da variação genética para os caracteres estudados e produção de massa foliar associada.

Os coeficientes de variação residual ( $CV_e\%$ ) encontrados para os caracteres estudados (altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares) para procedências, apresentaram valores de: 16,78%; 9,50%; e 17,35%. E para progênies, valores de:



23,35%; 16,52%; e 19,76%, respectivamente. Estes valores podem ser considerados baixos e médios para os caracteres por GARCIA (1989).

Na Tabela 2 são apresentados os valores correspondentes ao efeito genético (g), valores genotípicos (u+g), ganho e nova média das procedências, quanto aos caracteres altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares, avaliados no município de Aral Moreira – MS.

Observa-se que a procedência Laguna Carapã apresentou os melhores desempenhos para todos os caracteres avaliados, seguida da procedência Aral Moreira. Em contrapartida, a procedência Ponta Porã apresentou os menores valores, não obtendo ganho nesta fase de avaliação. Nesse contexto, os valores preditos permitem indicar com mais segurança que o germoplasma em estudo maximizará as possibilidades de progresso genético com seleção, considerando a procedência Laguna Carapã. Os ganhos genéticos estimados com a seleção de procedência para os caracteres estudados foram mais expressivos para as procedências Laguna Carapã e Aral Moreira, diferentemente de Ponta Porã, que não apresentou ganho nesta fase de avaliação. Porém, se faz necessário, avaliações em idades mais avançadas para confirmação dos resultados e assim, delinear estratégias a serem adotadas ao longo do programa de melhoramento genético da erva-mate.

Valores fenotípicos, genéticos aditivos, ganhos genéticos preditos, número efetivo populacional e nova média da população, das 10 melhores progênies para os caracteres altura (cm), diâmetro (mm), e número de lançamentos foliares de erva-mate nativa, avaliadas no município de Aral Moreira – MS, são apresentados na Tabela 3.

Em relação aos caracteres analisados, destacaram-se entre os dez melhores materiais genéticos selecionados os indivíduos das progênies 49, 71, e 73. Assim, avaliações posteriores em idades mais avançadas poderão confirmar o desempenho desses materiais para efeito de seleção, visando maximizar o ganho genético. SIMEÃO et al. (2002) enfatizam que os valores genéticos preditos em relação a todos os indivíduos candidatos possibilitam estabelecer a melhor estratégia para o aumento da eficiência do melhoramento.

Os ganhos genéticos estimados com a seleção individual para os caracteres altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares elevaram a nova média da população após um ciclo de seleção de 1,999 (ALT); 1,250 (DIA); e 4,038(LF), para 3,081; 1,793; e 6,760, respectivamente.

Os valores expressivos de acurácia seletiva correspondentes ao três caracteres analisados ( $ALT = 0,793$ ;  $DIA = 0,713$ ; e  $LF = 0,801$ ), reforça a importância do uso da informação de progênie. De maneira geral, os valores genéticos preditos não são iguais aos valores genéticos verdadeiros dos indivíduos. A proximidade entre estes dois valores pode ser avaliada com base na estatística denominada acurácia (VAN VLECK et al., 1987). A literatura prática pertinente ao assunto tem demonstrado a importância da acurácia para apontar o grau de confiabilidade dos resultados obtidos na avaliação genética (RESENDE et al., 1995; COSTA et al., 2000).

Na Tabela 4 são apresentados os valores genéticos preditos para altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares por seleção com sobreposição de geração dos 10 melhores indivíduos de progênie de erva-mate, aos 5 meses de idade, no município de Aral Moreira – MS.

Os dados obtidos remetem para a importância da estratégia a ser utilizada adotando-se pomares de sementes usando o modelo linear misto Reml/Blup, com as possibilidades seguintes: a) pomar testado de 1,5 geração com seleção de parentais; b) pomares de sementes com seleção de indivíduos no experimento (pomares de segunda geração); c) Pomar com sobreposição de geração que é uma modalidade recente. Estes pomares são compostos de uma mistura de Indivíduos selecionados no experimento com algum parental superior. Nesse caso, somente um ranking simples por valores genéticos preditos é utilizado e os materiais superiores são incluídos no pomar não levando em consideração se pertencem à geração atual ou anterior (Resende, 2002a).

Observa-se na Tabela 4 que entre os 10 melhores indivíduos selecionados para os caracteres avaliados, a serem incluídos no pomar de sementes com sobreposição de geração, dois deles, (identificados por “zero” na coluna “indivíduos”) para os caracteres diâmetro e número de lançamentos foliares, são os próprios genitores 71 e 52 para diâmetro, 71 e 59 para lançamentos foliares. Isto demonstra que, em geral indivíduos da geração atual tendem a ser melhores do que aqueles provenientes da geração anterior, como esperado. Entretanto, os parentais mencionados apresentaram-se superiores a vários indivíduos da geração atual e deverão ser mantidos na população de melhoramento.

## **CONCLUSÕES**

A variabilidade genética demonstrada e as herdabilidades individuais e de médias de progênie obtidas, estimulam o monitoramento continuado das procedências

e progênies no campo, com perspectivas de maximizar o ganho genético na seqüência das avaliações.

A procedência Laguna Carapã apresentou os melhores desempenhos para todos os caracteres avaliados com ganhos genéticos estimados com seleção, seguido da procedência Aral Moreira.

A sobreposição de geração demonstrou que, em geral, os indivíduos da geração atual tendem a ser melhores do que aqueles provenientes da geração anterior. Devendo, entretanto, considerar o genitor que apresente potencial acima dos demais para a composição do pomar de produção de sementes.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.M. **Diagnóstico da cadeia produtiva da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil)**. São Mateus do Sul-PR: Consultoria, 1999. 92 p.

BOGUSZEWSKI, J. H. **Uma história cultural da erva-mate: o alimento e suas representações**. Curitiba: UFPR, 2007. 130f. (Tese de Doutorado).

CORNELLIUS, J. Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. **Canadian Journal of Forestry Research**, v. 24, p. 371-379, 1994.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V. de; CONTINI, A. Z.; REGO, F. L. H.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W, J. Avaliação genética dentro de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), na região de Caarapó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2005.

COSTA, R.B.; RESENDE, MD.V. de; GONÇALVES, P. de S.; HIGA, A .R. Selection and genetic gain in populations of *Hevea brasiliensis* with a mixed mating system. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n.3, 2000.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; GONÇALVES, P.S.; ARRUDA, E. J.; OLIVEIRA, L. C. S.; BORTOLETTO, N. Prediction of genotypic values for yield in rubber tree-clone test trials using REML/BLUP procedure. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.2, n.4, p.575-582, 2002.

EHRlich, P. R. The loss of diversity: causes and consequences. In: E. O. WILSON (Ed.), **Natl. Acad. Press. Biodiversity**, Washington, DC, USA, p. 29-35, 1988.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FERREIRA, A.G.; KASPARY, R.; FERREIRA, H.B.; ROSA, L.M. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Brasil Florestal**, n. 53, p. 29-33, 1983.

GARCIA, C.H. **Tabela para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 1989. 10p. (Circular Técnica, 171).

**GOVERNO DO PARANÁ**. Parque Histórico do Mate. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/phmate/consumo.html>>. Acesso em: 20 dez. 2007.

KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis*** (Hill) Maiden. Piracicaba : ESALQ-USP, 1980. 125p. (Tese de Doutorado).

MISSIO, R. F.; SILVA, A. M.; DIAS, L. A. S.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Estimates of genetic parameters and prediction of additive genetic values in *Pinus kesyra* progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.5, n.4, p. 394-401, 2005.

RESENDE, M.D.V.; ARAÚJO, L.A.; SAMPAIO, P.T.B.; WIECHETECK, M.S.S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variância de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Revista Floresta**, Curitiba, v.24, n.1/2, p.35-45, 1995.

RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A.; CARVALHO, A.P.; SIMEÃO, R.M.; FERNANDES, J.S.C. Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela EMBRAPA : resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. **Circular Técnica**, Colombo, n. 43, 2000.

RESENDE, M.D.V. **Software Selegem-REML/BLUP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002a. 67 p.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002b. 975 p.

RODIGHERI, H.R.; NETO, L.S.; CICHACZEWSKI, I.F. **Custos, produtividade e renda da erva-mate cultivada na região de Guarapuava, PR**. Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1995. 22p. (Documento n. 24).

SAMPAIO, 1996

SAMPAIO, P.T.B. **Variação genética entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. e *Pinus maximinoi*, H.E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético**. Curitiba: SEA/UFPR, 1996. 169p. (Tese de Doutorado).

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

SIMEÃO, R. M.; STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Avaliação Genética em erva-mate pelo procedimento BLUP individual multivariado sob interação genótipo x ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1589-1596, nov. 2002.

STURION, J.A. **Variação genética de características de crescimento e da qualidade da madeira em progênes de *Eucalyptus viminalis***. Curitiba: UFPR, 1993. 112f. (Tese de Doutorado).

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. de. Programa de melhoramento genético da erva-mate no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da Embrapa. In: I CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE. II REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo. EMBRAPA-CNPF, 1997. 467p.

VAN VLECK, L.D.; POLLAK, E.J.; OLTENACU, E.A.B. **Genetics for the animal sciences**. New York :W.H. Freeman,1987. 391p.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. 1992. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**: Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 496p.

**Tabela 1.** Estimativas de parâmetros genéticos para procedências e progênies referentes aos caracteres altura (ALT), diâmetro (DIA), e nº de lançamentos foliares (LF) em indivíduos de erva-mate, aos 5 meses de idade, no município de Aral Moreira, MS.

Estimativas <sup>1</sup>	PROCEDÊNCIAS			PROGÊNIES		
	ALT	DIA	LF	ALT	DIA	LF
$\hat{h}^2$	0,604 ± 0,116	0,497 ± 0,105	0,273 ± 0,076	0,415 ± 0,093	0,256 ± 0,074	0,423 ± 0,095
$\hat{h}_{mp}^2$	-	-	-	0,631	0,518	0,643
$\hat{\sigma}_a^2$	0,353	0,364	0,602	0,296	0,035	0,917
$\hat{\sigma}_c^2$	0,005	0,0006	0,021	0,075	0,014	0,203
$\hat{\sigma}_e^2$	0,206	0,031	1,428	0,352	0,091	1,051
$\hat{\sigma}_f^2$	0,584	0,073	2,206	0,722	0,138	2,171
Média geral	2,093	1,31	4,038	1,999	1,251	4,038
CV <sub>gi</sub> (%)	28,397	14,572	19,221	27,197	15,068	23,722
CV <sub>e</sub> (%)	16,784	9,501	17,359	23,352	16,520	19,763

<sup>1</sup> Herdabilidade individual no sentido restrito no bloco ( $\hat{h}^2$ ), herdabilidade média de progênie ( $\hat{h}_{mp}^2$ ), variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância residual dentro de parcela (ambiental + não aditiva,  $\hat{\sigma}_e^2$ ), variância fenotípica individual ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), coeficiente de variação genética individual (CV<sub>gi</sub>%), coeficiente de variação experimental (CV<sub>e</sub>%).



**Tabela 2.** Efeito genético (g), valores genéticos (u+g), ganho e nova média das procedências avaliadas experimentalmente em Aral Moreira, quanto aos caracteres altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares.

<b>Caráter</b>	<b>Ordem</b>	<b>Procedência</b>	<b>g</b>	<b>U+g</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>
<b>Altura (cm)</b>	1	Laguna Carapã	0,0738	2,1672	0,0738	2,1672
	2	Aral Moreira	0,0721	2,1656	0,0729	2,1664
	3	Ponta Porã	-0,1458	1,9476	0,0000	2,0935
<b>Diâmetro (mm)</b>	1	Laguna Carapã	0,0627	1,3722	0,0627	1,3722
	2	Aral Moreira	0,0004	1,3100	0,0315	1,3411
	3	Ponta Porã	-0,0631	1,2465	0,0000	1,3095
<b>Nº lançamentos foliares</b>	1	Laguna Carapã	0,3647	4,4027	0,3647	4,4027
	2	Aral Moreira	0,0430	4,0810	0,2038	4,2418
	3	Ponta Porã	-0,4077	3,6303	0,0000	4,0380

**Tabela 3.** Valores fenotípicos, genéticos aditivos, ganhos genéticos preditos, e nova média da população, das 10 melhores progênies para os caracteres altura (cm), diâmetro (mm), e número de lançamentos foliares de erva-mate no município de Aral Moreira, MS.

	Blocos	Progênie	Árvore	Valores fenotípicos	Valores genéticos (u + a)	Ganho genético	Nova Média	Acurácia Seletiva
Altura (cm)	1	50	1	4.800	3,082	1.0828	3,0824	
	3	68	2	4.600	3,027	1.0555	3,0551	
	4	50	2	3,500	3,014	1.0418	3,0414	
	4	49	4	3,500	2,977	1.0257	3,0253	
	4	71	4	3,900	2,943	1.0093	3,0089	
	5	49	3	3,900	2,931	0.9963	2,9959	
	2	52	4	4,000	2,916	0.9850	2,9846	
	5	8	2	4,000	2,911	0.9758	2,9754	
	4	8	4	3,800	2,903	0.9678	2,9674	
	1	10	1	4,500	2,901	0.9613	2,9609	0,793
Diâmetro (mm)	1	66	2	4,000	1,794	0,543	1,7936	
	1	54	1	2,600	1,548	0,420	1,6710	
	2	71	1	2,000	1,535	0,375	1,6260	
	4	71	4	1,900	1,506	0,345	1,5961	
	3	71	2	2,000	1,505	0,327	1,5779	
	4	54	2	2,100	1,502	0,315	1,5654	
	4	56	2	2,000	1,498	0,305	1,5557	
	2	51	4	1,900	1,487	0,296	1,5471	
	5	69	1	2,000	1,482	0,290	1,5402	
	3	71	1	1,900	1,482	0,284	1,5342	0,713
Nº lançamentos foliares	2	59	1	10,000	6,760	2,722	6,7600	
	5	49	1	9,000	6,067	2,375	6,4138	
	4	57	1	8,000	5,922	2,211	6,2499	
	5	74	1	8,000	5,904	2,125	6,1635	
	3	73	4	8,000	5,871	2,067	6,1051	
	1	59	1	8,000	5,860	2,026	6,0644	
	1	59	2	8,000	5,860	1,997	6,0353	
	4	73	4	7,000	5,830	1,971	6,0097	
	2	73	1	8,000	5,788	1,947	5,9851	
	2	73	4	8,000	5,788	1,927	5,9655	0,801

**Tabela 4.** Valores genéticos preditos para altura, diâmetro, e número de lançamentos foliares por seleção com sobreposição de geração dos 10 melhores indivíduos de progênes de erva-mate, aos 5 meses de idade, no município de Aral Moreira, MS.

	Progênie	Individuo	Efeito Genético aditivo predito (a)	Ganho genético	Nova Média
Altura (cm)	50	1	1,0828	1,0828	3,0824
	68	2	1,0281	1,0555	3,0551
	50	2	1,0144	1,0418	3,0414
	49	4	0,9774	1,0257	3,0253
	71	4	0,9438	1,0093	3,0089
	49	3	0,9314	0,9963	2,9959
	52	4	0,9168	0,985	2,9846
	8	2	0,9119	0,9758	2,9754
	8	4	0,9038	0,9678	2,9674
	10	1	0,9023	0,9613	2,9609
Diâmetro (mm)	66	2	0,5433	0,5433	1,7936
	54	1	0,2982	0,4207	1,6710
	71	1	0,2856	0,3757	1,6260
	71	0	0,2661	0,3483	1,5986
	71	4	0,2561	0,3299	1,5801
	71	2	0,2549	0,3174	1,5676
	54	2	0,2524	0,3081	1,5583
	56	2	0,2478	0,3005	1,5508
	51	4	0,2367	0,2934	1,5437
	52	0	0,2359	0,2877	1,5380
Nº lançamentos foliares	59	1	2,7220	2,7220	6,7600
	49	1	2,0296	2,3758	6,4138
	59	0	1,9306	2,2274	6,2654
	57	1	1,8841	2,1416	6,1796
	71	0	1,8667	2,0866	6,1246
	74	1	1,8662	2,0499	6,0879
	73	4	1,8333	2,0189	6,0569
	59	1	1,8228	1,9944	6,0324
	59	2	1,8228	1,9754	6,0134
	73	4	1,7924	1,9571	5,9951

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com vistas ao uso sustentável dos recursos naturais, a erva-mate tem demonstrado ser promissora na busca de maximizar a rentabilidade em termos de produção e, ao mesmo tempo, preservar e/ou recuperar os recursos naturais. Assim, o melhoramento genético da espécie poderá trazer benefícios ambientais e econômicos.

No caso específico de progênies de erva-mate nativa implantadas em área de ocorrência natural no Estado de Mato Grosso do Sul, especialmente em região de fronteira com o Paraguai, nota-se um expressivo interesse da comunidade rural, bem como, de produtores em relação à possibilidade de obtenção de materiais geneticamente superiores. Dessa forma, a detecção dos melhores genótipos nativos da espécie, propiciando uma maior produtividade e especificidade dos caracteres desejados em termos comerciais, aumentando o rendimento das áreas cultivadas de erva-mate através do uso de mudas e sementes melhoradas, torna-se uma importante ferramenta.

A avaliação do desenvolvimento inicial das progênies de erva-mate estimula o estabelecimento de um programa de melhoramento genético com germoplasma nativo, tendo em vista o delineamento de estratégias ideais, visando maximizar os ganhos genéticos das características de interesse. Importante ressaltar que, o sucesso do programa prático de melhoramento com espécies perenes depende, entre outros aspectos, do conhecimento do germoplasma disponível para obtenção de tal produto, bem como, da variação biológica entre espécies no gênero, entre populações, dentro de espécies e indivíduos. Desse modo, a estimação de parâmetros e a avaliação genética de indivíduos são essenciais nas várias etapas do programa de melhoramento, notadamente o monitoramento desde a fase de desenvolvimento inicial das mudas para efeito de seleção ao longo do programa.

Nesse contexto, a variabilidade genética detectada e as herdabilidades encontradas na fase atual de avaliação, estimulam o monitoramento continuado das procedências e progênies no campo, com perspectivas de maximizar o ganho genético na seqüência das avaliações.