

PROPORÇÃO DE SEXO E PRODUTIVIDADE DE MASSA FOLIAR EM ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* ST. HIL.)

José Alfredo Sturion^{*}
Marcos Deon Vilela de Resende^{**}
Silvino Mendes^{***}

RESUMO

A proporção de árvores masculinas e femininas e a produtividade de massa foliar associada ao sexo foram examinadas em um teste de procedência e progênie de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), implantado no Município de Colombo, PR. A proporção de oito árvores masculinas para cinco femininas, obtida aos cinco anos de idade, é válida para as procedências oriundas das regiões de Cascavel, Toledo e Campo Mourão, localizadas no Estado do Paraná. As árvores femininas produziram, em média, aos cinco anos e oito meses de idade, 15,1% a mais de massa foliar que as masculinas.

PALAVRAS-CHAVE: biologia de reprodução, controle genético.

SEX RATIO AND LEAF WEIGHT PRODUCTION IN ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* ST. HIL.)

ABSTRACT

Studies referring to sex ratio and leaf weight production in a provenance/progeny test of erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) were performed in Colombo-PR. A sex ratio of eight male to five female for provenances from Cascavel, Toledo and Campo Mourão, in state of Paraná, was obtained at five years age. Female plants produced, in average, 15.1% more weight of leaves than male plants at five years and eight months of age.

KEY-WORDS: reproductive biology, genetic control.

1. INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma espécie dióica. Pouco se conhece a respeito da proporção do sexo dessa espécie de grande valor comercial para a Região Sul do Brasil e países limítrofes. Nesse sentido, apenas dois trabalhos foram detectados. FERREIRA et al. (1983) amostraram cinco ervais cultivados com

* Eng.-Florestal, Doutor, CREA n° 47.623, Pesquisador da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

** Eng.-Agrônomo, Mestre, CREA n° 50602/D, Pesquisador da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

*** Técnico Florestal, CREA n° 36.446, Técnico da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

idade entre três a quinze anos, nos municípios de Venâncio Aires, RS e Cruzeiro do Sul, RS, encontrando, aproximadamente, 7 indivíduos masculinos para 5 femininos. Entretanto, FLOSS (1994) constatou uma relação de uma planta masculina para uma feminina, em quinze populações de erva-mate, oriundas do Paraná (1), Santa Catarina (6), Rio grande do Sul (7) e Cerro Azul - Misiones, Argentina (1), reunidas em dois experimentos, implantados em Chapecó, SC e Três Barras, SC, com idades de 62 e 74 meses, respectivamente. Essa divergência indica que estudos complementares devem ser efetuados para diferentes populações.

LÓPEZ-FANJUL (1989) discute estratégias para otimização da resposta à seleção a médio prazo, em função da proporção de sexo, verificada em espécies dióicas. ROBERTSON (1970) discute essa questão, para o caso em que a proporção de sexo é 1:1. JÓDAR & LÓPEZ-FANJUL (1977) relatam, que quando a proporção de sexo é diferente de 1:1, existem intensidades ótimas de seleção a serem praticadas em cada sexo. GARCÍA-DORADO & LÓPEZ-FANJUL (1985) demonstraram que, para seleção massal, maiores ganhos genéticos globais são obtidos quando a proporção de sexo é 1:1. Esses resultados demonstram a importância de estudos referentes a proporção de sexo. O conhecimento da proporção de sexo constitui-se num importante quesito para a elaboração de programas de melhoramento genético e preservação de germoplasma da espécie "in-situ".

A produtividade de massa foliar associada à proporção de sexo é, também, importante para a definição do método mais apropriado de seleção de árvores dessa espécie. Nesse sentido, BELINGHERI & PRAT KRICUN (1992) não detectaram diferenças significativas entre a produção de massa foliar de árvores masculinas e femininas, avaliadas em ervais na Província de Misiones, Argentina. Estudos sobre produtividade de massa foliar associada ao sexo não foram detectados para erva-mate, na literatura brasileira.

O presente trabalho tem por objetivos estudar a proporção de sexo entre plantas de erva-mate oriundas de três regiões distintas de sua área de ocorrência natural, bem como verificar se existe diferença na produtividade de massa foliar entre árvores masculinas e femininas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Proporção de sexo e controle genético.

A contagem de árvores masculinas e femininas foi efetuada durante os meses de outubro a dezembro, com base nos órgãos florais, em um teste combinado de procedências e progênies de erva-mate, com cinco anos de idade, implantado na base física do CNPF-EMBRAPA, município de Colombo-PR, localizado na latitude 25°20'S, longitude de 49°14'W e altitude de 920m.

O clima da região é classificado, segundo Koeppen, como do tipo Cfb, sempre úmido, clima pluvial quente temperado, com a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio, superior a 10°C e mais de cinco geadas por ano.

As procedências, bem como o número de progênies, encontram-se detalhadas na Tabela 1.

TABELA 1. Povoamento utilizado para determinar a proporção de sexo em erva-mate.

Procedências	Nº de progênies	Nº de indivíduos
Cascavel-PR	8	240
Toledo-PR	15	450
Campo Mourão-PR	8	240
Total	31	930

Com os dados obtidos, foram feitos os testes estatísticos de qui-quadrado com as seguintes finalidades: a) verificar se a relação teórica de 50% de árvores masculinas para 50% de femininas é válida e b) verificar se as procedências estudadas são homogêneas ou divergem entre si, quanto à proporção de sexo (teste de heterogeneidade do X^2). Adicionalmente, foi verificado o controle genético da proporção de sexo na procedência de Toledo, PR. Para essa análise, considerou-se a variável proporção de sexo por parcela. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis repetições.

2.2. Produtividade de massa foliar associada ao sexo.

De cada árvore identificada como masculina ou feminina, foi coletada e pesada a massa foliar, após a poda do erval, aos cinco anos e oito meses de idade, durante o mês de agosto de 1994. O delineamento utilizado para a análise dos dados foi o de blocos ao acaso, com seis repetições, sem considerar o efeito de procedências e de progênies.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1) Proporção de sexo e controle genético.

No levantamento efetuado, determinou-se o sexo de 393 árvores. A proporção geral de plantas masculinas e femininas foi de 62,6% e 37,4%, respectivamente (Tabela 2).

TABELA 2. Proporção de sexo em três procedências de erva-mate, aos cinco anos de idade.

Procedências	Machos	Fêmeas	Proporção (%)	Qui-quadrado
Cascavel-PR	31	25	55,4 : 44,6	0,64 ^{ns}
Toledo-PR	143	79	64,4 : 35,6	18,44 ^{**}
Campo Mourão-PR	72	43	62,6 : 37,4	7,32 ^{**}
χ^2 total				26,40
χ^2 conjunto	246	147	62,6 : 37,4	24,94 ^{**}
Heterogeneidade				1,46 ^{ns}

** = significativo, ao nível de 1% de significância, pelo teste de χ^2 .

ns = não significativo

O teste de qui-quadrado, para os valores do sexo masculino e feminino, feito com base na relação teórica de 50% de árvores masculinas e 50% de femininas, acusou que o valor determinado é significativo, ao nível de 1% de significância, para as procedências, com exceção daquela de Cascavel. Assim, para as procedências de Toledo e Campo Mourão, rejeita-se a hipótese de proporções iguais entre o número de árvores masculinas e femininas no povoamento. Tal fato se repete quando a proporção de flores estaminadas e pistiladas é considerada em conjunto para todas as procedências.

O maior número de plantas masculinas sugeriu verificar se entre as procedências amostradas havia variação significativa na proporção geral encontrada (62,6% : 37,4%). Para essa finalidade, utilizou-se o teste de heterogeneidade do qui-quadrado. Esse teste serve para verificar se as diversas proporções de plantas masculinas e femininas encontradas para as três procedências são homogêneas, ou se elas divergem estatisticamente entre si (BANDEL & GURGEL, 1967). O teste de heterogeneidade entre as procedências estudadas não foi significativo. Assim, a proporção de 62,6% de árvores masculinas para 37,4% de árvores femininas é, estatisticamente, válida para as três procedências examinadas. BANDEL & GURGEL (1967) também concluíram que a proporção 1 : 1 não é verdadeira para *Araucaria angustifolia*. Para essa espécie, a proporção de 52,4% de plantas masculinas para 47,6% de femininas é válida para toda a área fitogeográfica estudada, tanto para povoamento naturais, como artificiais.

O teste de qui-quadrado efetuado para procedências comparadas duas a duas, com o propósito de verificar se a proporção de árvores estaminadas e pistiladas diferem estatisticamente entre elas, é apresentado na Tabela 3.

TABELA 3. Qui-quadrado em função do número de árvores masculinas e femininas para três procedências de erva-mate, aos cinco anos de idade.

Procedências	Qui-quadrado
Cascavel - PR x Toledo - PR	1,54
Cascavel - PR x Campo Mourão - PR	0,82
Toledo - PR x Campo Mourão - PR	0,11
Procedências em conjunto	1,52

Como o valor do qui-quadrado não foi significativo, aceita-se a hipótese de que a proporção de árvores masculinas e femininas é igual, estatisticamente, entre as três procedências examinadas. Esse resultado concorda com o teste de heterogeneidade do qui-quadrado.

O valor encontrado para a proporção de sexo em erva-mate, neste trabalho, é bastante próximo ao obtido por FERREIRA et al. (1983). Esses autores argumentam que a idade do erval pode influir na avaliação da proporção de sexo, à semelhança do que ocorre com *Ilex opaca*. Nessa espécie, as plantas masculinas florescem antes que as femininas, ocorrendo equilíbrio na proporção de sexo apenas aos nove anos de idade (CLARK & ORTON JR, 1967). Porém, FLOSS (1994) detectou uma proporção de 1:1, em quinze populações de erva-mate, reunidas em dois experimentos: um com cinco anos e dois meses e o outro com seis anos.

ROSADO & ROBERTSON (1966) derivaram expressões biométricas para descrever a mudança de frequências alélicas em locos, que controlam proporção de sexo. Em termos evolutivos, concluíram que alelos controlando a viabilidade dos sexos parecem agir de forma a maximizar o produto adaptação dos organismos femininos x adaptação dos organismos masculinos. Assim, é importante estudar o controle genético da proporção de sexo, visando obter subsídios para explicar as diferentes proporções obtidas por FERREIRA et al. (1983) e FLOSS (1994). No presente trabalho, não foi constatada variação genética significativa na proporção de sexo entre progênies da procedência Toledo, em análise de variância associada a um coeficiente de variação de 17,6%. Assim, a herdabilidade estimada equivaleu a zero. Herdabilidade igual a zero para proporção de sexo é coerente com uma determinação aleatória de sexo na progênie, associado à herança cromossômica, em que os cromossomos sexuais segregam aleatoriamente na formação dos gametas. Herança cromossômica para determinação de sexo implica em esperança teórica de 1 : 1 na descendência. Assim, a proporção de sexo diferente de 1 : 1, observada nesse trabalho, parece não ter causa genética, mas sim ambiental. Esse fato poderia explicar as diferentes proporções encontradas por FERREIRA et al. (1983) e FLOSS (1994).

A proporção de sexo, verificada naturalmente na espécie, apresenta grande utilidade na conservação genética "in-situ", pois indica o número de machos e fêmeas que devem existir em uma determinada área, escolhida para propósitos conservacionistas. É desejável que uma população para conservação "in-situ" mantenha os seus potenciais de evolução e por isso, sua estrutura e comunidade não devem ser alteradas (RESENDE et al. 1995).

Para a produção de sementes melhoradas, a proporção natural de sexo não indica necessariamente que, para uma polinização adequada, seja necessário manter, nas áreas produtoras, um maior número de árvores masculinas. ZANON (1988) recomenda a proporção de um macho para três fêmeas, para a produção de sementes. Essa proporção, aparentemente fixada sem bases experimentais, é maior que a recomendada para a maioria das espécies comerciais frutíferas dióicas. Estudos a esse respeito são necessários.

3.2. Produtividade de massa foliar associada ao sexo.

Verifica-se na Tabela 4 que as árvores femininas produziram, em média, 15,1% a mais de massa foliar que as masculinas. Essa diferença foi significativa pelo teste F, ao nível de 7% de significância.

TABELA 4. Produtividade média de massa foliar associada ao sexo da árvore de erva-mate, ao cinco anos e oito meses de idade.

Sexo	Massa Foliar (kg/árvore)	Teste F	P>F	Coefficiente de Variação (%)
Masculino	5,3	5,2	0,07	11,3
Feminino	6,1			

Em um erval implantado, no espaçamento de 6 m²/árvore, teríamos 1043 árvores masculinas e 623 femininas por hectare, considerando-se a proporção obtida de 62,6% de árvores masculinas para 37,4% de femininas. As árvores masculinas são responsáveis, em média, pela produção de 5528 kg de massa foliar, enquanto que as femininas por 3800 kg. Embora, as árvores femininas sejam mais produtivas que as masculinas, elas representam 40,7% da produção obtida, em decorrência de seu menor número por hectare. Esse fato permite inferir que o plantio apenas de árvores femininas propicia uma produção adicional de 835 kg/ha. No entanto, a proporção de sexo parece variar em função da população de erva-mate ou de condições ambientais, já que os resultados obtidos por FLOSS (1994) diferem daqueles obtidos por FERREIRA (1983) e os deste trabalho.

Em termos práticos, não é possível a identificação do sexo das plantas antes de sua floração. Assim, não é viável a implantação de ervais apenas com árvores femininas a partir de sementes. Com relação à produção de mudas por meio de estacas, exequível para erva-mate (GRAÇA et al.,1988), deve-se ressaltar que é possível identificar árvores masculinas tão ou mais produtivas que as femininas. Porém, somente é recomendável a utilização de mudas por estacas para plantios comerciais, após a identificação dos melhores genótipos, através de um teste clonal ou com base na repetibilidade (RESENDE et al.,1995). Nesse sentido, o conhecimento de que árvores femininas são mais produtivas sugere que sejam testados um número maior dessas árvores em experimentos com o propósito de identificar clones mais produtivos. A associação positiva entre sexo e produtividade de massa foliar detectada para árvores femininas, evidencia maior probabilidade de identificar genótipos mais produtivos nesse sexo. As inferências com relação a essa associação foram realizadas com 7% de probabilidade de erro. Assim, novos estudos visando confirmar esses resultados são necessários.

4. CONCLUSÕES

Em povoamentos de erva-mate, com cinco anos de idade, há predominância de árvores com flores estaminadas, em relação àquelas com flores pistiladas. A proporção encontrada foi de aproximadamente oito árvores masculinas para cinco árvores femininas. Essa proporção é válida para as procedências oriundas das regiões de Cascavel, Toledo e Campo Mourão, localizadas no Estado do Paraná. Para a conservação genética "in-situ", é importante a manutenção dessa proporção. As árvores femininas produziram, em média, aos cinco anos e 8 meses de idade, 15,1% a mais de massa foliar que as masculinas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDEL, G.; GURGEL, J.T.A. Proporção de sexo em pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Silvicultura em São Paulo. São Paulo, v. 6, p.209-220, 1967.
- BELINGHERI, L. D. ; PRAT KRICUN, S. D. Selección de plantas. In: I CURSO DE CAPACITACIÓN EN PRODUCCIÓN DE YERBA MATE, 1., Cerro Azul. Curso... Cerro Azul: INTA, 1992. p.7-21.
- CLARK, R.B.; ORTON JR., E.R. Sex ratio in *Ilex opaca* Ait. HorthScience. Alexandria, v.2, n.3, p.115, 1967.
- FERREIRA, A.G.; KASPARY, R.; FERREIRA, H.B.; ROSA, L.M. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. Brasil Florestal, Brasília, n. 53, p.29-33, 1983.
- FLOSS, P.A. Variações genéticas entre populações naturais de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (erva-mate) avaliadas em Chapecó-SC e Três Barras-SC. Piracicaba: ESALQ, 1994. 94p. Tese Mestrado.
- GARCÍA-DORADO, A. ; LÓPEZ-FANJUL, C. Optimum selection strategies: studies with *Drosophila melanogaster*. Genetical Research. Cambridge, v.46, p.101-105, 1985.
- GRAÇA, M.E.C.; COOPER, M.A.; TAVARES, F.R.; CARPANEZZI, A.A. Estaquia de erva-mate. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. 6p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular Técnica, 18).
- JÓDAR, B.; LÓPEZ-FANJUL, C. Optimum proportions selected with unequal sex numbers. Theoretical and Applied Genetics. Berlin, v.50, n.18, p.57-61, 1977.
- LÓPEZ-FANJUL, C. Tests of theory by selection experiments. In: Hill, W. G.; Mackay, T. F. Evolution and animal breeding. Edinburgh: CAB International, 1989. p.129-140.
- RESENDE, M.D.V. de; STURION, J.A.; MENDES, S. Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 33p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 25).
- ROBERTSON, A. Some optimum problems in individual selection. Theoretical Population Biology. San Diego, v.1, p.120-127, 1970.

ROSADO, J.M.C.; ROBERTSON, A. The genetic control of sex ratio. Journal of Theoretical Biology. London, v.13, p.324-329, 1966.

ZANON, A. Produção de sementes de erva-mate. Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1988. 7p. (EMBRAPA-CNPF. Circular Técnica, 16).