

Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira¹

Estimate of repeatability of some traits of production in mango tree

João Gomes da Costa²

RESUMO

O presente trabalho objetivou estimar o coeficiente de repetibilidade para os caracteres número total de frutos por planta (NTF), produção de frutos por planta (PFP) e peso médio de fruto (PMF), e determinar o número mínimo de avaliações que devem ser feitas para uma predição acurada do valor real dos indivíduos. As estimativas de repetibilidade foram realizadas pelo método dos componentes principais a partir da matriz de correlação. Os coeficientes de repetibilidade estimados foram de: 0,51; 0,53 e 0,81, associados aos coeficientes de determinação (R^2) de 80,44%, 81,60% e 94,41% respectivamente, para NTF, PFP e PMF. A estimativa do coeficiente de repetibilidade da característica peso médio do fruto demonstrou alta regularidade na superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro, sendo necessários três ciclos de avaliações para prever o valor real dos indivíduos com nível de certeza acima de 90%. Apesar de as características número de frutos por planta e produção de frutos por planta terem influência ambiental, quatro medições permitem obter coeficientes de determinação próximos de 80%.

Palavras-chave: Repetibilidade, *Mangifera indica*, seleção.

ABSTRACT

The objective of this papers was to estimate the repeatability coefficient of the total number of fruit per plant (TNF), production of fruit per plant (PFP) and average fruit weight (AWF), while the number of measures that should be performed for an efficient selection of the genotypes under evaluation were determined. Analysis were made using principal components. The estimates of the repeatability were of: 0.51;

0.53 and 0.81, associated to the determination coefficients (R^2) of 80.44%, 81.60% and 94.41, respectively, for TNF, PFP and WMF. The estimate of the repeatability coefficient of the WMF demonstrated high regularity at the superiority of the individuals from one cycle to another, so the evaluation of three cycles was enough to predict the individual real value with R^2 above 90%. In spite of the traits TNF and PFP have environmental influence, four mensurations allow to obtain R^2 about 80%.

Key words: Repeatability, *Mangifera indica*, selection.

INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma espécie que apresenta um grande período juvenil (PINTO, 2001) e alternância de produção (DONADIO, 1996; SILVA, 1996; MANICA, 1996), exigindo muitas avaliações ao longo do tempo, dificultando as ações de pesquisa em melhoramento genético. PINTO (2001) destaca a importância de se encurtar o tempo gasto na avaliação e seleção proporcionado pelo longo ciclo juvenil da mangueira. Assim, estudos como o de repetibilidade são fundamentais para que o melhorista tenha resultados precisos aliados à economia de tempo e mão-de-obra.

Conhecendo-se o coeficiente de repetibilidade das características de interesse, pode-se avaliar o dispêndio de tempo e mão-de-obra ne-

¹Apoio financeiro: EMBRAPA Semi-árido/Programa Avança Brasil.

²Engenheiro Agrônomo, MSc, Genética e Melhoramento, EMBRAPA Semi-árido, CP 23, 56300-970, Petrolina, PE. E-mail: jgomes@cpatsa.embrapa.br Autor para correspondência.

cessários para que a seleção de indivíduos geneticamente superiores seja feita com a acurácia necessária. Valores altos para a estimativa da repetibilidade do caráter indicam que é possível prever o valor real do indivíduo com um número relativamente pequeno de medições (CORNACCHIA et al., 1995) e que pouco ganho em acurácia haverá com o aumento do número de medidas repetidas (FALCONER, 1987). Entretanto, quando a repetibilidade é baixa, grande número de repetições será necessário para que se alcance um valor de determinação satisfatório.

Ao se escolher um genótipo, espera-se que seu desempenho inicial persista durante toda a sua vida (CRUZ & REGAZZI, 1994). Esta expectativa pode ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade da característica avaliada. O conceito de repetibilidade pode ser enunciado como sendo a correlação entre as medidas de determinado caráter em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou no espaço. Ela expressa a proporção da variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum (CRUZ & REGAZZI, 1994).

VENCOVSKY (1973) relata que o coeficiente de repetibilidade é utilizado em plantas perenes no estudo de caracteres que se expressam mais de uma vez no decorrer da sua vida. Baseia-se na tomada de mais de uma observação fenotípica de cada indivíduo sem utilizar progênies, com a finalidade de medir a capacidade que os organismos têm de repetir a expressão do caráter. Para FALCONER (1987), a repetibilidade representa o limite superior do coeficiente de herdabilidade e permite estimar quantas observações fenotípicas devem ser feitas em cada indivíduo para que a seleção seja realizada com eficiência e com um mínimo de trabalho, sendo bem mais simples de ser estimado, pois não exige cruzamentos controlados e estudo de progênies.

O estudo de repetibilidade é imprescindível para os melhoristas de plantas perenes, pois representa o máximo valor que a herdabilidade de um caráter no sentido amplo pode atingir (FALCONER, 1987; CRUZ & REGAZZI, 1994), e é usado para determinar o número de observações fenotípicas que devem ser feitas em cada indivíduo para que a discriminação ou seleção fenotípica entre genótipos seja realizada eficientemente, e com reduzido custo e mão-de-obra. Neste contexto, coeficientes de repetibilidade têm sido estimados em fruteiras, como em coqueiro (SIQUEIRA, 1982), em cupuaçuzeiro (FONSECA et al., 1990; COSTA et al., 1997), em cajueiro (CAVALCANTI et al., 1999) e em acerola (GONZAGA NETO et al., 1999; PAIVA et al., 2001; LOPES et al., 2001).

Desta forma, este trabalho objetivou estimar o coeficiente de repetibilidade em caracteres produtivos em mangueira e o número mínimo de avaliações que devem ser feitas para uma predição acurada do valor real dos indivíduos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando-se 21 cultivares de mangueira do banco de germoplasma da Embrapa Semi-árido, que se encontra instalado no Campo Experimental de Mandacaru, em Juazeiro, BA (latitude 9° 24', longitude 40° 24' e altitude de 375,5m). O clima desta região pertence ao tipo semi-árido, segundo a classificação de Koppen, cujas características para um período de 34 anos apresentou temperatura média anual de 26,3°C, precipitação pluviométrica de 570 mm e umidade relativa do ar de 61,7%.

As cultivares foram plantadas, em 1994, em um solo tipo vertissolo de textura argilosa, utilizando-se a manga espada como porta-enxerto, no espaçamento de 10m x 10m com quatro plantas por cultivar, sendo mensuradas as características número de frutos total por planta (NTF), produção de frutos por planta (PFP) e peso médio de fruto (PMF), nos anos de 1997, 1998, 1999 e 2000. Devido ao comportamento cíclico da produção em muitos cultivares de mangueira (SILVA, 1996; DONADIO, 1996), a estimação do coeficiente de repetibilidade foi realizada pela análise dos componentes principais (ABEYWARDENA, 1972; CRUZ & REGAZZI, 1994).

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram obtidas pelo método dos componentes principais (CP), com base na matriz de correlações entre os genótipos em cada par de medições pelo qual se determinam os autovalores e autovetores normalizados. O autovetor, cujos elementos apresentam mesmo sinal e magnitudes próximas, é aquele que expressa a tendência dos genótipos em manter suas posições relativas nos vários intervalos de tempo, conforme relatado por CRUZ & REGAZZI (1994). A proporção do autovalor, associado ao autovetor, é o estimador do coeficiente de repetibilidade, dado por:

$$r = \frac{\lambda_k}{\sum_j \lambda_j}, \text{ com } j=k, \dots, k+1, \dots, n$$

em que:

n= número de períodos avaliados; e

λ_k = autovalor associado ao autovetor, cujos elementos tem o mesmo sinal e magnitudes semelhantes.

RUTLEDGE (1974) introduziu uma correção neste método, uma vez que, segundo o autor, λ_k é influenciado pelo número de medições dos indivíduos, assim o

estimador “r” mais conveniente seria dado por

$$r = \frac{\hat{\lambda}_1 - 1}{n - 1}, \text{ sendo } \hat{\lambda}_1 = 1 + (n-1)P \text{ em que:}$$

$\hat{\lambda}_1$ = autovalor associado ao autovetor cujos elementos tem mesmo sinal e magnitude semelhantes; P= número de genótipos; e n= número de períodos.

O número mínimo de medições necessárias para prever o valor real dos indivíduos, com base em um coeficiente de determinação (R^2) preestabelecido foi calculado por:

$$n_0 = \frac{R^2(1-r)}{(1-R^2)r}$$

em que:

n_0 = número de medições para predição do valor real; e

r = coeficiente de repetibilidade obtido.

O coeficiente de determinação genotípica (R^2), que representa a porcentagem de certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em η medições é obtido pela expressão:

$$R^2 = \frac{nr}{1 + r(n-1)}$$

em que:

n=número de medições; e

r = coeficiente de repetibilidade obtido.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas do coeficiente de repetibilidade (r) e o número de medições associado a seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se nas tabelas 1 e 2.

As características número total de frutos por planta e produção de frutos por planta apresentaram estimativas de repetibilidade de 0,51 e 0,53, respectivamente, evidenciando regularidade média na repetição do caráter de um ciclo para outro. Para estas características, são necessárias, nove e oito medições para que

Tabela 1 – Estimativas do coeficiente de repetibilidade (r) e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) de caracteres produtivos de mangueira.

Caráter	r	R^2
Número total de frutos/planta	0,51	0,80
Produção de frutos/planta (kg)	0,53	0,82
Peso médio do fruto (g)	0,81	0,94

Tabela 2 – Número de medições associado a vários coeficientes de determinação (R^2), com base na repetibilidade estimada para os caracteres número total de frutos/planta (NTF), produção de frutos/planta (PFP) e peso médio do fruto (PMF).

Caracteres	r	$R^2=0,85$ ¹	$R^2=0,90$	$R^2=0,95$
NTF	0,51	6 (5,5)	9 (8,7)	19 (18,5)
PFP	0,53	5 (5,1)	8 (8,1)	17 (17,1)
PMF	0,81	2 (1,3)	3 (2,1)	5 (4,5)

¹Número aproximado (número calculado).

sejam alcançados coeficientes de determinação superiores a 90%, respectivamente. Para se obterem ganhos em relação a estas variáveis, sugere-se o emprego de métodos de melhoramento que possuam um bom controle parental dos genótipos ou a possibilidade de seleção indireta, por meio do estudo de correlações com características de melhor controle genético.

Na seleção para as características número total de frutos por planta e produção de frutos por planta, constata-se não ser vantajoso o aumento do número de medições visando maior nível de certeza na predição do valor dois indivíduos. Porém, com seis medições seria possível obter um coeficiente de determinação acima de 85%.

Como pouco se conhece a respeito da herdabilidade dos diferentes caracteres produtivos da mangueira (CILLIERS et al., 1997), as estimativas de repetibilidade, que expressam o valor máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir (CRUZ & REGAZZI, 1994), tornam-se importantes para programas de melhoramento desta cultura. A diferença entre a repetibilidade e a herdabilidade se deve ao fato de que a variância genotípica utilizada para estimar a repetibilidade não é somente de origem genética, uma vez que o componente de variância do ambiente permanente entre indivíduos permanece confundido com esta. Assim, a repetibilidade aproxima-se da herdabilidade à medida que a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente é minimizada. Se a variância genotípica estimada fosse puramente de natureza genética, os coeficientes de repetibilidade estimados corresponderiam a herdabilidade das características.

A estimativa de repetibilidade obtida para peso médio do fruto (0,81) demonstrou acurácia das medições realizadas, alta regularidade da superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro, e que a expressão da característica tem bom controle genético. Este valor elevado indica que a variância ambiental para esta característica foi relativamente baixa compa-

rada com a variância existente entre plantas. Resultados semelhantes também foram obtidos para esta característica em acerola (LOPES et al., 2001), em umbu (SANTOS, 1999), em cupuaçu (COSTA et al., 1997). Para VENCOVSKY (1973), coeficientes de repetibilidades altos podem ser empregados como parâmetros para medir a capacidade de repetição da expressão do caráter avaliado. Assim, pode-se inferir que o peso médio do fruto pode ser utilizado como parâmetro desejável em métodos simples de melhoramento da mangueira, a exemplo da seleção fenotípica simples, com perspectivas de se obter ganhos genéticos. Coeficientes de determinação superiores a 90% são obtidos para esta característica, a partir de três medições. Para predição de valores reais dos indivíduos com nível de certeza acima de 95%, são necessários cinco medições.

Em geral, os resultados evidenciam que, com quatro anos de avaliação, é possível inferir com confiabilidade próxima de 80% para número total de frutos por planta e produção de frutos por planta e acima de 90% para peso médio do fruto.

CONCLUSÃO

A estimativa do coeficiente de repetibilidade da característica peso médio do fruto demonstrou alta regularidade na superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro, sendo necessários três ciclos de avaliações para predizer o valor real dos indivíduos com acurácia acima de 90%.

Apesar de as características número de frutos por planta e produção de frutos por planta terem influência ambiental, quatro medições permitem obter coeficientes de determinação próximos de 80%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEYWARDENA, V. Na application of component analysis in genetics. *Journal of Genetics*, Sadashivanagar. v.61, p.27-51, 1972.
- CAVALCANTI, J.J.V. et al. **Repetibilidade e número de avaliações necessárias a seleção de clones de cajueiro anão precoce**. Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 1999. 12p.
- CILLIERS, B. et al. Strategies, progress and results from the South African mango breeding programme. In: INTERNATIONAL MANGO SYMPOSIUM, 5., 1996, Tel Aviv. *Acta Horticulturae*, Belgium, n.455, v.1, p.241-244, 1997.
- CORNACCHIA, G. et al. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Egüiluz, Perry e *Pinus caribaea* var. hondurensis Barret, Golfári. *Revista Árvore*, Viçosa, v.19, n.3, p.333-345, 1995.
- COSTA, J.G. da; LEDO, A.S.; OLIVEIRA, M.N. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuaçuzeiro no Estado do Acre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.19, n.3, p.313-318, 1997.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES: Aplicativo computacional em genética e estatística; versão Windows**. Viçosa : UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa : UFV, 1994. 390p.
- DONADIO, L.C. **Varietades brasileiras de manga**. São Paulo : Fundação Editora da UNESP, 1996. 74p.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa : UFV, 1987. 279p.
- FONSECA, C.E.L.; ESCOBAR, J.R.; BUENO, D.M. Variabilidade de alguns caracteres físicos e químicos do fruto do cupuaçuzeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.7, p.1079-1084, 1990.
- GONZAGA NETO, L.; MATTUZ, B.H.; SANTOS, C.A.F. Caracterização agrônômica de clones de aceroleira (*Malpighia* spp) na região do submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP, v.21, n.2, p.110-115, 1999.
- LOPES, R. et al. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.3, p.507-513, 2001.
- MANICA, I. Indução do florescimento em mangueiras. In: SÃO JOSÉ, A.R. et al. (Ed.). **Manga, tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA : DFZ/UESB, 1996. p.140-144.
- PAIVA, J.R. de; RESENDE, M.D.V. de; CORDEIRO, E.R. Avaliação do número de colheitas na produção de progênes de aceroleira, repetibilidade e herdabilidade de caracteres. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.1, p.102-107, 2001.
- PINTO, A.C. de Q. A hibridação intervarietal em manga (*Mangifera indica* L.): técnicas usadas, principais resultados e suas limitações. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.1, p.200-202, 2001.
- RUTLEDGE, J.J. A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability. *Journal Genetics*, Sadashivanagar, v.61, p. 247-250, 1974.
- SANTOS, C.A.F. *In situ* evaluation of fruit yield and estimation of repeatability coefficient for major fruit traits of umbu tree [*Spondias tuberosa* (Anacardiaceae)] in the semi-arid region of Brazil. *Genetic Resources and Crop Evolution*, Netherlands, v.46, p.455-460, 1999.
- SILVA, A.C. da. Botânica da mangueira. In: SÃO JOSÉ, A.R. et al. (Ed.). **Manga, tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1996. p.7-15.
- SIQUEIRA, E.R. Coeficiente da repetibilidade de produção de frutos de coqueiro comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.3, p.573-574, 1982.
- VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba : ESALQ, 1973. 97p.