

Parâmetros genéticos para caracteres de qualidade do fruto em famílias de meio-irmãos de *Carica papaya*¹

Roberto dos Santos Trindade², Sarah Ola Moreira³, Fabíola Lacerda de Souza Barros⁴,
Laércio Francisco Cattaneo⁵

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio da metodologia dos modelos mistos, os efeitos da seleção das melhores plantas matrizes da cultivar de mamão Rubi INCAPER 511 sobre parâmetros genéticos relativos à qualidade dos frutos. O trabalho foi realizado em lavoura comercial localizada no município de Sooretama, no Estado do Espírito Santo, em uma área de 8.500 m² cultivada com a variedade Rubi INCAPER 511, distanciada 500 m de outros plantios de mamoeiro e implantada dois meses antes do plantio de outros plantios de mamão dentro da propriedade. Com a formação do primeiro cacho de frutos, foram selecionadas 200 plantas com base em características de interesse agrônomo, sendo coletado um fruto por cada planta matriz. Em cada fruto, foram avaliadas as seguintes características morfoagronômicas: °Brix; Peso de fruto (kg); Comprimento de Fruto (cm); Diâmetro do fruto (cm); Comprimento da cavidade interna do fruto (cm); Diâmetro da cavidade interna do fruto (cm); Espessura da polpa (cm) e Razão comprimento/diâmetro da cavidade do fruto. Na análise estatística aplicou-se a metodologia dos modelos lineares mistos, via procedimento REML/BLUP, considerando o plantio como uma população estabelecida com ausência de delineamento experimental. O peso de fruto variou entre 0,91 e 2,29 kg, com valor de °Brix variando entre 8 e 14°. Os valores de herdabilidade para °Brix e Peso de Fruto foram de 0,48 e 0,54 respectivamente. O conjunto de dados obtidos da população denota que não houve forte restrição da base genética para a geração seguinte, indicando a possibilidade de ganhos por seleção para caracteres de qualidade de fruto em genótipos de mamoeiro da cultivar Rubi INCAPER 511.

Introdução

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruteira originária dos países da América Tropical e Subtropical, constituindo excelente fonte de cálcio, pró-vitamina A e vitamina C (Martins e Costa, 2003). O Brasil é o maior produtor e o maior exportador de mamão em todo o mundo, com aproximadamente 1.871.300 toneladas de frutos, que movimentam um total de US\$ 38,6 milhões, sendo o Estado do Espírito Santo o principal exportador do produto, respondendo por 50% do total exportado no Brasil (IBRAF, 2010).

Por se tratar de fruto climatérico, o produto final deve ser comercializado em curto espaço de tempo. Este fato torna o lucro do agricultor dependente do preço do produto no momento da venda, forçando a redução dos custos de produção na exploração da cultura. Um dos principais custos no cultivo do mamão é o preço da semente. Para o grupo Formosa, predomina o plantio do híbrido de mamão “Tainung 01” (Serrano & Cattaneo, 2010), cujas sementes são importadas da China. O custo de 1 quilo da semente Tainung, suficiente para o plantio de 10 ha, gira em torno de R\$ 6 mil. Some-se a este fato a estimativa de que a área de mamão do grupo Formosa no Estado do Espírito Santo gira em torno de 4.000 ha (Serrano & Cattaneo, 2010), e tem-se a noção do custo do material propagativo para a exploração da cultura.

Em 1998, na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Sooretama, foram iniciados trabalhos para seleção de genótipos de mamão do grupo ‘Formosa’, visando a obtenção de novas variedades de polinização aberta. Este trabalho resultou na obtenção da cultivar Rubi INCAPER 511, a qual possibilita ao agricultor o reaproveitamento de sementes da própria lavoura para os próximos plantios, conquanto que haja o isolamento de outros pomares de mamoeiro e criteriosa seleção das melhores plantas no pomar (Cattaneo et al., 2010).

Entretanto, sabe-se que a seleção de genótipos em uma população tem efeito sobre as médias da geração subsequente. Foltran et al. (1993), avaliando oito progênies de meio-irmãos de mamoeiro em função de

1 Trabalho efetuado por pesquisadores do INCAPER no município de Sooretama - ES

2 Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo – CNPMS – EMBRAPA/Sete Lagoas. e-mail: roberto.trindade@embrapa.br

3 Pesquisadora do INCAPER – CRDR Centro Norte/Linhares. e-mail: sarah.moreira@incaper.es.gov.br

4 Pesquisadora do INCAPER – CRDR Centro Norte/Linhares. e-mail: fabiola.barros@incaper.es.gov.br

5 Pesquisador do INCAPER – CRDR Centro Norte/Linhares. e-mail: lfcattaneo@hotmail.com

coeficientes de variação genética e de coeficiente de determinação genotípica, ao nível de médias, verificaram diversidade genética suficiente para obtenção de ganhos por seleção. Por sua vez, Silva et al. (2008), estimando ganhos genéticos diretos e combinados para a produção de frutos comerciais, obtiveram valores de ganhos por seleção ($\Delta G\%$) variando entre 10 e 99%. Contudo, a seleção efetuada de forma drástica em genótipos de mamoeiro pode estreitar a base genética da população, reduzindo a variabilidade genética e tornando a população mais suscetível a estresses bióticos e abióticos (Pereira, 2003; Cattaneo et al., 2010).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio da metodologia dos modelos mistos, os efeitos da seleção das melhores plantas matrizes da cultivar de mamão Rubi INCAPER 511 sobre parâmetros genéticos relativos a caracteres componentes da qualidade dos frutos.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em lavoura comercial localizada no município de Sooretama, no Estado do Espírito Santo. Neste local, foi implantado um plantio comercial, em área de 8500 m² com a cultivar Rubi INCAPER 511, distanciada em um mínimo 500 m de outros plantios de mamoeiro e estabelecido dois meses antes dos outros plantios de mamão dentro da propriedade que utilizassem outras variedades. Tais medidas garantiram que o cruzamento ocorresse somente entre plantas da cultivar Rubi INCAPER 511.

O preparo da área para plantio se deu por aração e gradagem, com posterior preparo das covas e instalação de irrigação por microaspersão. O transplanto das mudas se deu em agosto de 2012, no espaçamento de 3,6 m entre linhas por 1,6 m entre covas, totalizando 1.475 plantas. A adubação foi feita com base em resultados da análise do solo, sendo todos os tratamentos culturais efetuados segundo as recomendações presentes na literatura para a cultura (Martins e Costa, 2003). Na época de sexagem, com o surgimento dos primórdios florais, realizou-se um desbaste de forma a manter apenas plantas hermafroditas na área de cultivo.

Após a formação do primeiro cacho de frutos, foram selecionadas 200 plantas com base em caracteres externos, tais como: padrão fenotípico condizente com o da cultivar Rubi INCAPER 511; número de frutos por planta; ausência de nós sem frutos e frutos carpelóides; formato e tamanho dos frutos; ausência de sintomas de doenças e o aspecto geral da planta, avaliado em função de características como enfolhamento, espessura de caule, etc. Na seleção das plantas, a primeira e a última linhas da área de plantio, as fileiras laterais, bem como as primeiras plantas da fileira foram descartadas, visando evitar ocorrência de efeitos de bordadura.

Posteriormente, foi coletado um fruto de cada planta selecionada, no estágio de maturação 2 (15% da superfície amarela), totalizando 200 frutos. Para cada um dos frutos, foram avaliadas as seguintes características morfoagronômicas: °Brix, determinado com o auxílio de refratômetro de campo; Peso de fruto (kg), determinado a partir da média de pesagem dos frutos em balança com precisão de duas casas decimais, sem a retirada de sementes; Comprimento de fruto (cm); Diâmetro do fruto (cm); Comprimento da cavidade interna do fruto (cm); Diâmetro da cavidade interna do fruto; e Espessura da polpa (cm), sendo todas as medidas de comprimento, diâmetro e espessura aferidas em frutos abertos com régua graduada em centímetros. Também foi estimada a razão entre o comprimento e o diâmetro da cavidade do fruto.

Para a análise estatística, visando estimar os efeitos da seleção entre famílias de meio-irmãos na variabilidade genética para os caracteres em questão, aplicou-se a metodologia dos modelos lineares mistos, via procedimento REML/BLUP. Para tanto o plantio foi considerado como uma população estabelecida com ausência de delineamento experimental. O modelo estatístico é definido por $y = Xu + Zg + WI + Tc + e$, onde: y =vetor dos dados; u =escalar referente à média geral; g =vetor dos efeitos genotípicos; I =vetor dos efeitos de linha; c =vetor dos efeitos de coluna; e =vetor de erros ou resíduos. Por meio desta análise, fez-se a estimação dos parâmetros genéticos via procedimentos REML (máxima verossimilhança restrita) com o auxílio do software Selegen-REML/BLUP (Resende, 2007).

Resultados e Discussão

Os coeficientes de variação experimental ($CV_{\%}$) obtidos para os dados avaliados variaram entre 10,34 e 22,17% (Tabela 1), indicando que apesar de não ser implantado um delineamento estatístico na área em questão e considerando as variações ambientais inerentes ao plantio comercial, a variabilidade dos dados permite inferências sobre a população em estudo. As médias dos dados obtidos da população se aproximaram da mediana e da moda para a maioria das características avaliadas (Tabela 1), o que reforça a homocedastia

dos dados. Contudo, não foi possível a obtenção de um valor de moda para peso de frutos (Tabela 1), provavelmente em virtude da natureza quantitativa deste caráter.

Considerando que para o mercado de exportação o fruto padrão de mamão tipo formosa apresenta peso médio de 1,70 kg, comprimento médio de 28 cm e °Brix entre 9,5 e 12° (Neves, 2007), verifica-se que, embora as médias para °Brix, Peso de Fruto (PF) e comprimento de frutos (CF) estejam abaixo do desejado para exportação, os valores do limite superior para estas características ultrapassam este padrão. Se a amplitude dos valores para estas características se relacionarem a efeitos genéticos, a seleção criteriosa de matrizes na população em estudo possibilita capitalizar ganhos que resultem em frutos com maior valor de mercado. Em trabalho avaliando 59 acessos do grupo Formosa, Dantas & Lima (2001) obtiveram valores de peso de fruto variando entre 0,71 kg a 2,19 kg. Por sua vez, Oliveira et al. (2010), estudando a correlação entre o número de frutos por planta e 16 características morfoagronômicas em 19 genótipos de mamoeiro, observaram uma variação para peso de frutos entre 0,168 kg e 2,33 kg. Desta forma, conclui-se que os valores observados para a população em questão, entre 0,91 e 2,29 kg, estão dentro do aceitável para experimentos envolvendo a cultura do mamoeiro.

Tabela 1 – Estatística descritiva de dados aferidos para oito variáveis morfoagronômicas avaliadas em frutos de 131 genótipos da cultivar Rubi INCAPER 511.

Característica	Média Geral	Limite superior	Limite inferior	Mediana	Moda	Desvio Padrão	CV _%
°Brix	10,52	14,00	8,00	10,00	10,00	1,09	10,34
PF	1,41	2,29	0,91	1,38	Amodal	0,28	19,65
CF	24,34	30,80	19,00	24,00	24,00	2,52	10,35
DF	7,66	11,00	4,50	7,60	8,00	0,87	11,39
CCF	17,43	23,50	2,00	17,50	15,00	2,98	22,17
DCF	4,88	8,00	3,00	5,00	5,00	0,81	16,67
EP	2,95	4,20	2,00	3,00	3,00	0,47	16,00
CCF/DCF	3,70	6,67	0,44	3,58	4,00	0,83	26,19

°Brix= grau brix; PF=peso de frutos com sementes; CF= comprimento de fruto; DF= diâmetro de fruto; CCF= comprimento da cavidade interna do fruto; DCF= diâmetro da cavidade interna do fruto; EP= espessura de polpa; CCF/DCF= relação comprimento/diâmetro da cavidade do fruto. CV_%= coeficiente de variação experimental.

Os caracteres comprimento da cavidade do fruto (CCF), diâmetro da cavidade do fruto (DCF) e relação comprimento da cavidade/diâmetro da cavidade (CCF/DCF) (Tabela 1) constituem parâmetros inversamente relacionados com a espessura de polpa, sendo vantajosa uma redução em seus valores, visto que valores elevados para tais características obviamente resultam em perda no produto final.

Os dados relativos aos parâmetros genéticos indicaram valores praticamente nulos de variância de linha e coluna (Tabela 2), os quais são indicativos de variações de solo, clima e manejo no local de plantio quanto à expressão dos componentes de variância. Assim sendo, estes valores denotam reduzida influência de efeitos ambientais para os genótipos selecionados.

Tabela 2 - Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos para nove variáveis morfoagronômicas avaliadas em frutos de 131 genótipos da cultivar Rubi INCAPER 511, a partir do procedimento REML/BLUP.

Variáveis	Parâmetros genéticos						
	σ^2_f	σ^2_g	σ^2_e	σ^2_{lin}	σ^2_{col}	H ² _g	H ² _{adi}
°Brix	1,18	0,58	0,56	0,00	0,05	0,48 +- 0,17	0,50
PF	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00	0,54+-0,18	0,54
CF	6,37	4,84	1,11	0,00	0,42	0,75+-0,22	0,81
DF	0,76	0,67	0,10	0,00	0,00	0,87+-0,23	0,87

CCF	8,92	2,53	5,96	0,01	0,41	0,28+-0,13	0,30
DCF	0,66	0,39	0,30	0,00	0,00	0,59+-0,19	0,59
EP	0,22	0,12	0,08	0,00	0,01	0,55+-0,18	0,61
CCF/DCF	0,94	0,54	0,39	0,00	0,00	0,58+-0,18	0,58

σ^2_f =variância fenotípica; σ^2_g =variância genotípica; σ^2_e =variância ambiental; σ^2_{lin} =variância no sentido das linhas; σ^2_{col} =variância no sentido de colunas; h^2_g = herdabilidade individual no sentido amplo; h^2_{adj} = herdabilidade individual no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna. °Brix = grau brix; PF= peso de frutos com sementes; CF= comprimento de fruto; DF= diâmetro de fruto; CCF= comprimento da cavidade interna do fruto; DCF= diâmetro da cavidade interna do fruto; EP= espessura de polpa; CCF/DCF= relação comprimento/diâmetro do fruto.

Houve predominância da variância genotípica (σ^2_g) sobre os valores de variância ambiental (σ^2_e) para todas as características avaliadas (Tabela 2), com exceção do comprimento da cavidade do Fruto (CCF), indicando forte efeito do ambiente na formação da cavidade ovariana (Tabela 2). O comprimento de fruto (CF) e o comprimento da cavidade ovariana do fruto (CCF) foram as características com maior magnitude de variância genotípica (Tabela 2). Entretanto, os valores de variância ambiental para o CCF foram elevados, resultando em valores reduzidos de herdabilidade (h^2_{adj}) para esta característica. Marinho et al. (2008), avaliando frutos da variedade de mamão “Golden” na região norte do Espírito Santo, mesma região onde se localizou o plantio do presente trabalho, observaram grande variação na massa de frutos em função da época do ano, lâmina de irrigação e dose de potássio aplicada ao solo. Contudo são necessárias avaliações adicionais que permitam verificar qual variável morfoagronômica contribui para ganhos ou redução do peso de fruto em condições de estresse na cultivar Rubi INCAPER 511.

O comprimento (CF) e o diâmetro dos frutos (DF) se destacaram como as características em que a variância genotípica alcançou maior peso na expressão da variância fenotípica. Este fato é corroborado pelos valores da herdabilidade ampla ajustada (h^2_{adj}) para estas variáveis, respectivamente, 0,81 e 0,87, indicando boa possibilidade de ganhos por seleção nestas características. Importa ressaltar que estes valores estão abaixo dos valores de herdabilidade obtidos por Dias et al. (2011), avaliando 27 genótipos de mamoeiro em delineamento experimental de blocos aumentados, o que indica que a ausência de delineamento experimental para a população em estudo pode subestimar os valores de herdabilidade para estas características.

Considerando as variáveis °Brix e Peso de fruto como as mais importantes para a qualidade do produto final em mamoeiro, visto que ambas são parâmetros imprescindíveis na avaliação de frutos para o mercado, os valores de herdabilidade de 0,48 e 0,54 para °Brix e Peso de fruto respectivamente, evidenciam a possibilidade de que a seleção de matrizes nesta população para estas características morfoagronômicas promova ganhos para estas variáveis na geração seguinte. Reforça este fato a ausência de delineamento experimental imposto a população em questão (famílias de meios-irmãos), a natureza quantitativa das variáveis °Brix e Peso de fruto e o fato de a cultivar Rubi INCAPER 511 tratar-se de uma variedade de polinização aberta, não híbrida, o que promove a recombinação de genes entre os indivíduos da população. Assim sendo, o conjunto de dados obtidos da população em questão denota que o processo de seleção não resultou em restrição da base genética no que tange a caracteres de qualidade de fruto, indicando a possibilidade de ganhos por seleção em genótipos de mamoeiro da cultivar Rubi INCAPER 511.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Engenheira Agrônoma Sandra, responsável técnica pelo plantio, pela liberação da área para avaliação e apoio na condução do experimento; à Caliman Agrícola S.A. pelo apoio na avaliação dos frutos, coleta de dados experimentais e no beneficiamento das sementes dos frutos selecionados e; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelos recursos disponibilizados para participação no evento.

Referências

Cattaneo, L.F.; Costa, A.F.S.; Serrano, L.A.L.; Costa, A.N.; Fanton, C.J.; Bravim, A.J.B. (2010). “**Rubi INCAPER 511**”: Primeira variedade de Mamão do Grupo “Formosa” para o Espírito Santo. Vitória,

ES: INCAPER, Série Documentos nº 187, 6p.

Dantas, J.L.L.e Lima, J.F. (2001). Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro - avaliação de linhagens e híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3: 617-621.

Dias NLP, Oliveira EJ e Dantas JLL (2011). Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agrônômicos e estimação de parâmetros genéticos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.11: 1471-1479.

IBRAF (2010). **Dados de Produção e Exportação de Mamão**. Instituto Brasileiro de Frutas. Disponível em:<www.ibraf.org.br> Acesso em 21 Julho de 2012.

Marinho AB, Bernardo S, Souza EF, Pereira MG, Monnerat, PH. (2008). Produtividade e qualidade de frutos de mamão cultivar ‘Golden’ sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no norte de Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.3:417-426.

Martins DS e Costa AFS (2003). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 497p.

Neves IP (2007). **Dossiê Técnico: Cultivo do Mamão**. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA. 22p.

Oliveira EJ, Lima DS, Lucena RS, Motta TBN, Dantas JLL. (2010). Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.8: 855-862.

Pereira MG (2003) Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): desenvolvimento e recomendação de híbridos. **Seahortes** 1: 61-65.

Resende MDV (2007) **Software SELEGEN – REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção computadorizada via modelos lineares mistos**. Embrapa, Colombo, 359p.

Serrano LAL e Cattaneo, L.F. (2010). O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 32, n. 3: 657-959.