



SYLVIA DANTAS VIEIRA

**PARÂMETROS GENÉTICOS, FENOTÍPICOS E
SELEÇÃO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE
MORANGUEIRO**

LAVRAS – MG

2016

SYLVIA DANTAS VIEIRA

**PARÂMETROS GENÉTICOS, FENOTÍPICOS E SELEÇÃO DE
HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE MORANGUEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dr^a. Luciane Vilela Resende

LAVRAS – MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Vieira, Sylvia Dantas.

Parâmetros genéticos, fenotípicos e seleção de híbridos
experimentais de morangueiro : Parâmetros genéticos, fenotípicos e
seleção de híbridos experimentais de morangueiro / Sylvania Dantas
Vieira. – Lavras : UFLA, 2016.

113 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Bibliografia.

1. Melhoramento do morangueiro. 2. Fragaria x ananassa Duch.
3. Índice de seleção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

SYLVIA DANTAS VIEIRA

**PARÂMETROS GENÉTICOS, FENOTÍPICOS E SELEÇÃO DE
HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE MORANGUEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 28 de julho de 2016.

Dr. Adriano Teodoro Bruzi

UFLA

Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende

UNICENTRO

Dra. Leila Aparecida Salles Pio

UFLA

Dra. Sindynara Ferreira

IFSULDEMINAS

Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

LAVRAS – MG

2016

Aos meus pais, Francisco Vieira e Sônia Maria
(*in memória*), que sempre me incentivaram e me
apoiaram, tornando possível a realização desse
sonho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que nos momentos mais difíceis estendeu suas mãos me dando força e incentivo para continuar esta caminhada com a certeza de nunca estar sozinha.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À minha família, meus pais Francisco e Sônia (*in memória*), minhas irmãs Cynthia e Sonaly, por todo amor, apoio e por sempre acreditarem em mim e, em especial aos meus sobrinhos Arthur e Samuel. Vocês são a razão da minha vida!

Ao meu namorado Raul, por seu companheirismo, paciência e amor, e também à sua família pelo incentivo e apoio.

Aos meus familiares, Ivanete, tios, tias, primos e primas, pela torcida, apoio, amizade e confiança.

À Dra. Luciane Vilela Resende, pela confiança ao me acolher, pela orientação fornecida neste trabalho, participando efetivamente de todas as etapas e decisões, por todos os conhecimentos transmitidos, pelo suporte, confiança, dedicação, oportunidades. Enfim, por todas as contribuições para o meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus amigos do doutorado, em especial à Carol, Natália, Alisson e Douglas, por todo o companheirismo e pela grande torcida.

Aos amigos e companheiros de trabalho, Inara, Gabi, Kim, Alexandre, Luís Felipe, Ana Luísa, Carlos Ballatte, Thiago, Letícia, Cláudio e João.

A todos os funcionários do setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras pelo apoio sempre que necessário.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Juliano Vilela, Prof. Dr. Adriano Bruzi, Profa. Dra. Sindynara Ferreira e Profa. Dra. Leila Salles, pelas valiosas contribuições.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para a obtenção do título de doutora.

Muito obrigada!

RESUMO

No Brasil, os programas de melhoramento genético do morangueiro não obtiveram grandes avanços durante as últimas décadas, isso indica que o país ainda está dependente de cultivares importadas, não totalmente adaptados às condições climáticas do Brasil. Diante disso, objetivou-se com este estudo, estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos de híbridos experimentais e, aplicar índices de seleção em híbridos experimentais, visando fornecer subsídios para o programa de melhoramento genético do morangueiro das Universidades Federal de Lavras (UFLA) e Estadual do Centro-Oeste, PR (UNICENTRO). Foram utilizadas sete cultivares comerciais e 103 híbridos experimentais obtidos de seleções em populações provenientes do cruzamento entre as cultivares. Os parâmetros genéticos estimados foram capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), correlação genotípica entre os caracteres, estimativa da herdabilidade, variância genética e fenotípica. Para a seleção dos híbridos foram aplicados os seguintes índices de seleção: Mulamba e Mock (1978), Smith (1936) e Hazel (1943) e Genótipo-ideótipo, selecionando-se 20% dos genótipos avaliados no experimento. As cultivares 'Aromas' e 'Camarosa' apresentaram boa capacidade geral de combinação e algumas correlações se destacaram (massa total e número de frutos comerciais; massa média dos frutos e número de frutos não comerciais). Para todos os híbridos selecionados, os três índices apresentaram coeficiente de coincidência de aproximadamente 9%, selecionando dois híbridos experimentais (89 e 495). Esses resultados servirão como base para as tomadas de decisões no programa de melhoramento genético do morangueiro da UFLA e UNICENTRO.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Híbridos de morangueiro. Índice de seleção. Melhoramento do morangueiro.

ABSTRACT

In Brazil the breeding programs of strawberry plants did not achieve major advances over the past decades, this indicates that the country is still dependent on imported materials, not fully adapted to our climatic conditions. The objectives in this study were estimate the genetic and phenotypic parameters of experimental hybrids and check the efficiency of selection indexes to select experimental hybrids, to provide input for the breeding program of strawberry plants at the Federal University of Lavras (UFLA). Seven commercial cultivars were used and 103 experimental hybrids obtained selections in populations from the cross between them. The genetic parameters estimated general combining ability (GCA), specific combining ability (SCA), genotypic correlation between characters, estimate of heritability, Genetic and phenotypic variance. Analyses were performed with the aid of SAS software. For the selection of the following hybrid selection indexes were applied: Mulamba e Mock (1978), Smith (1936) e Hazel (1943) and Genotype-ideotype, selecting 20 % of genotypes in the experiment. The cultivars 'Aromas' and 'Camarosa' showed good combining ability and some correlations stood out (Total mass and number of commercial fruit, fruit weight and number of unmarketable fruits). For all selected hybrids, the three indices showed coincidence coefficient of approximately 9%, selecting two experimental hybrids (89 and 495). These results serve as a basis for decision-making in the breeding program of strawberry UFLA and UNICENTRO.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch. Genetic parameters. Selection index. Improvement of strawberry

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 Genealogia parcial da cultivar de morangueiro 'Camarosa'23
- Figura 2 Genealogia parcial da cultivar de morangueiro 'Dover'24
- Figura 3 Genealogia parcial de cultivar de morangueiro 'Oso Grande'26
- Figura 4 Genealogia parcial da cultivar de morangueiro 'Sweet Charlie'28
- Figura 5 Genealogia parcial da cultivar de morangueiro 'Tudla Milsey'29

CAPÍTULO III

- Figura 1 Híbridos selecionados utilizando os três índices de seleção, Mulamba e Mock (1978), Genótipo-ideótipo e Smith (1936) e Hazel (1943). 107

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1	Descrição das 12 populações híbridas geradas a partir de sete cultivares de morangueiros. Lavras-MG, 2016.	55
Tabela 2	Média, desvio padrão da média (DPM), variação genética (VG), variação fenotípica (VF), herdabilidade (h^2), limite inferior da herdabilidade (LI h^2), limite superior da herdabilidade (LS h^2) e acurácia (r), para todas as características avaliadas.....	64
Tabela 3	Estimativas da correlação genotípica entre os caracteres físico-químicos e agrônômicos.....	69
Tabela 4	Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação para as características agrônômicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.....	72
Tabela 5	Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação para as características físico-químicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.....	74
Tabela 6	Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação para as características agrônômicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.....	78
Tabela 7	Estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação para as características físico-químicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.....	80

CAPÍTULO III

Tabela 1	Caracteres analisados e parâmetros utilizados para os três índices de seleção.	99
----------	---	----

Tabela 2	Estimativas de herdabilidade (h^2), média de todos os genótipos (X_o) e média dos clones selecionados (X_s) para os 11 caracteres analisados, obtidos pelos índices de seleção, Lavras-MG, 2016..	102
Tabela 3	Híbridos selecionados e ganho de seleção (GS %) utilizando os três índices de seleção.	105

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1	INTRODUÇÃO GERAL	15
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
2.1	Importância econômica	17
2.2	Histórico do melhoramento do morangueiro	18
2.3	Variabilidade genética disponível	19
2.4	Características e genealogia de cultivares comerciais de morangueiro	20
2.4.1	‘Aromas’	21
2.4.2	‘Camarosa’	22
2.4.3	‘Dover’	23
2.4.4	‘Festival’	24
2.4.5	‘Oso Grande’	25
2.4.6	‘Sweet Charlie’	27
2.4.7	‘Tudla Milsei’	28
2.5	Parâmetros genéticos	29
2.5.1	Herdabilidade	30
2.5.2	Capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC)	32
2.5.3	Correlações entre caracteres	33
2.6	Índices de seleção	36
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	40

CAPÍTULO II Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de híbridos de morangueiro	50
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1 Obtenção dos híbridos	55
2.2 Área experimental.....	56
2.3 Avaliação das características de produção	57
2.4 Avaliação das características físico-químicas.....	58
2.5 Análise estatística.....	59
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4 CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS.....	83
CAPÍTULO III Emprego de índices de seleção em híbridos experimentais de morangueiro.....	88
1 INTRODUÇÃO.....	91
2 MATERIAL E MÉTODOS	94
2.1 Obtenção dos híbridos	94
2.2 Área experimental.....	94
2.3 Avaliação das características de produção	95
2.4 Avaliação das características físico-químicas.....	96
2.5 Análise estatística.....	96
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
4 CONCLUSÕES.....	109
REFERÊNCIAS.....	110

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Dutch.), é a única hortaliça pertencente à família das rosáceas. Todas as espécies de morango atualmente surgiram de espécies silvestres e pertencem ao gênero *Fragaria*. No grupo das pequenas frutíferas, o morangueiro é considerado a cultura mais difundida no mundo, seu desenvolvimento é possível em todos os países com diferentes condições climáticas.

Segundo a *Food and Agriculture Organization - FAO* (FAO, 2016), a área plantada no mundo foi de aproximadamente 242.000 ha, com produção de 4,3 milhões de toneladas em 2011. Os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos da América (1.312.960 tano⁻¹), Turquia (302.416 tano⁻¹) e Espanha (262.730 tano⁻¹). A produção dos Estados Unidos corresponde a quatro vezes mais que a da Turquia, e os três totalizam mais de 40% da produção mundial.

No Brasil, a produção vem crescendo gradativamente, aproximando-se de 145 mil toneladas em 4.000 ha de área ocupada. O cultivo está concentrado nos estados de Minas Gerais (41,4%), Rio Grande do Sul (25,6%), São Paulo (15,4%), Paraná (4,7%) e Distrito Federal (4%) (FACHINELLO et al., 2011). Minas Gerais se destaca como primeiro produtor de morango do país, com a maior produção concentrada no Sul do estado (95% da safra) e com expansão gradativa para outras regiões (Central e Alto Parnaíba). Os municípios que lideram o ranking mineiro são Bom Repouso, Pouso Alegre e Estiva, responsáveis por 57,3 mil toneladas, ou 72,2% da safra estadual. Somente em Pouso Alegre foram colhidas, em 2009, cerca de 17,6 mil toneladas, sendo a produtividade de 50 toneladas por ha (IBGE, 2016).

O pequeno número de cultivares adaptadas e disponíveis aos produtores

brasileiros tem sido um dos principais obstáculos ao desenvolvimento da cultura, principalmente pela não disponibilidade de cultivares produtivas, resistentes a enfermidades e adaptadas às condições climáticas das regiões produtoras.

Desta forma, fica evidente a necessidade de se reestabelecer os programas nacionais de melhoramento do morangueiro, e assim, obter cultivares adaptadas às condições de cultivo, com aprimoramento de uma série de características de mercado tais como aparência, sabor, aroma, textura, valor nutricional e potencial produtivo, bem como resistência a pragas e doenças. Nesse intuito, a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), mantêm desde 2012, um programa de melhoramento do morangueiro, com o objetivo de selecionar híbridos experimentais produtivos e com qualidade comercial, adaptados às regiões brasileiras de produção.

Para os programas de melhoramento do morangueiro a avaliação da produção e da qualidade dos frutos é importante para a aceitação do produto pelo mercado consumidor. A obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, tais como herdabilidade, capacidade combinatória, correlações genéticas e fenotípicas, possibilitam a tomada de decisões relacionadas aos caracteres que devem ser selecionados nas etapas de um programa de melhoramento, como também o peso que deve ser atribuído para cada caráter, separadamente ou em conjunto.

Estas informações podem ser agrupadas por meio de índice de seleção, visando maximizar a eficiência no programa. O uso desses índices no melhoramento genético de plantas possibilita a triagem de genótipos mais produtivos e adaptados pela reunião de diversos atributos favoráveis.

Considerando o exposto, objetivou-se com esse trabalho, estimar os parâmetros genéticos, fenotípicos e verificar a eficiência de índices de seleção.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica

O cultivo dessa olerícola é caracterizado pela grande demanda de mão de obra e alta rentabilidade por área, e na maioria das vezes, é realizado em pequenas propriedades que utilizam a mão de obra familiar, durante todo o ciclo da cultura, sendo a maior parte da produção destinada ao mercado *in natura* (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005).

A produção mundial concentra sua maioria na Ásia (43,3%), seguida pela Europa (26,6%), Américas (25,2%), África (4,4%) e Oceania (0,5%) (FAO, 2016). Segundo a *Food and Agriculture Organization - FAO* (FAO, 2016), a área plantada no mundo foi de aproximadamente 242.000 ha, com produção de 4,3 milhões de toneladas em 2011. Os maiores produtores mundiais são Estados Unidos da América (1.312.960 tano⁻¹), Turquia (302.416 tano⁻¹) e Espanha (262.730 tano⁻¹). A produção dos Estados Unidos corresponde a quatro vezes mais que a da Turquia, e os três totalizam mais de 40% da produção mundial.

No Brasil, a produção do morango se aproxima de 145 mil toneladas em 4.000 ha de área ocupada. O interesse pelo cultivo desta olerícola é justificado pela alta rentabilidade da cultura, amplo conhecimento, aceitação do fruto pelo consumidor, e pela diversidade de opções de comercialização e processamento da mesma (polpa, sorvete, geleias, compotas e sucos). O cultivo está concentrado nos estados de Minas Gerais (41,4%), Rio Grande do Sul (25,6%), São Paulo (15,4%), Paraná (4,7%) e Distrito Federal (4%) (FACHINELLO et al., 2011)

O estado de Minas Gerais apresenta cerca de 1.500 ha destinados à cultura em toda a cadeia produtiva e, direta e indiretamente, gera-se o envolvimento de mais de 30.900 pessoas (CARVALHO, 2006). Com isso,

Minas Gerais se destaca como primeiro produtor de morango do país, com a maior produção concentrada no sul do estado (95% da safra) e com expansão gradativa para outras regiões (Central, Campo das Vertentes e Alto Parnaíba). Os municípios que lideram o ranking mineiro são Bom Repouso, Pouso Alegre e Estiva, responsáveis por 57,3 mil toneladas, ou 72,2% da safra estadual. Somente em Pouso Alegre foram colhidas, em 2009, cerca de 17,6 mil toneladas, sendo a produtividade de 50 toneladas por ha (IBGE, 2016).

2.2 Histórico do melhoramento do morangueiro

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é um híbrido natural formado pela hibridação interespecífica entre *F. chiloensis* (L.) Mill. e *F. virginiana* Mill há aproximadamente 250 anos. Plantas de *F. chiloensis*, oriundas do Chile foram plantadas perto de *F. virginiana*, provenientes da América do Norte (DARROW, 1966). A hibridação combinou características das duas espécies, tais como maior tamanho e firmeza de frutos naturais da *F. chiloensis* L., além da coloração vermelho escuro e frutos mais aromáticos, oriundos da *F. virginiana* M. (STEGMEIR et al., 2010).

A evolução histórica dos octaplóides ainda não está bem elucidada. Foram propostas três fórmulas genômicas, AABBCC de acordo com observações citológicas (FEDEROVA, 1946), AAA“A“BBBB devido às homologias entre os genomas A e C (SENANAYA; BRINGHURST, 1967) e AAA“A“BBB“B“ (BRINGHURST, 1990) baseada em observações citológicas (BYRNE; JELENKOVIC, 1976) e segregação dissômica isoenzimática (ARULSEKAR; BRINGHURST, 1981).

Acredita-se que o melhoramento do morangueiro iniciou-se provavelmente quando índios desconhecidos que habitavam o Chile, ainda na

América pré-Colombiana, selecionaram plantas silvestres com frutos de excepcional tamanho (CASTRO, 2004).

Em meados do século XIX, os Estados Unidos começaram a realizar trabalhos de melhoramento genético do fruto com um grupo restrito de cultivares de *F. ananassa* provenientes da Europa, cultivares de *F. chiloensis* da América do Sul e *F. virginiana* advindas da América do Norte. A partir do germoplasmas desses programas foi realizado o desenvolvimento de novas cultivares para os próximos 100 anos (HANCOCK et al., 2010).

No Brasil, os trabalhos de melhoramento genético começaram em 1941 no Instituto Agrônomo de Campinas – IAC e resultaram no lançamento da cultivar Campinas. Atualmente, os programas de melhoramento nacionais encontram-se estagnados, o que prejudica o crescimento científico e resulta numa carência de cultivares adaptadas às condições climáticas para atender a demanda do fruto, uma vez que, segundo a FAO (2016), há um crescimento da produção mundial de pequenos frutos, sobretudo o morango.

2.3 Variabilidade genética disponível

As espécies de morangueiro estão distribuídas em cinco grupos distintos, cuja diferença se dá no nível de ploidia, sendo doze diplóides, duas tetraplóides, uma pentaplóide, uma hexaplóide e quatro octaplóides ($2n = 8x = 56$), incluindo neste último grupo, a espécie cultivada (*Fragaria x ananassa* Duch) (HANCOCK; SJULIN; LOBOS, 2008). Contudo, estudos relatam a *F. iturupensis* como decaplóide (ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009).

Com uma base genética muito estreita Dale e Sjulín (1990), demonstraram que a maioria das cultivares deriva de sete fontes nucleares e dez citoplasmáticas. Algumas estratégias foram apontadas por Galletta e Maas (1990) para ampliar a variabilidade genética da cultura, como incrementar o

número de genitores por geração e também por meio da introdução de germoplasmas silvestres. Becerra et al. (2005) descrevem a observação de alta variabilidade genética em *F. Chiloensis*, uma vez que esta é largamente distribuída geograficamente, indicando uma importante fonte de variabilidade aos programas de melhoramento.

Com isso, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos com intuito de ‘reconstruir’ cultivares a partir da coleta e seleção de germoplasma octaplóide silvestre, para posterior hibridação entre os acessos de *F. x ananassa* e entre si mesmos. Estes acessos possuem genes interessantes para resistência a doenças, múltiplas fontes de sensibilidade ao fotoperíodo (*F. virginiana*), tamanho e firmeza de frutos (*F. chiloensis*), tolerância ao frio, seca, calor, resistência a pragas e doenças e outras características de interesse (CHANDLER et al., 2012). Desta forma, provavelmente aumentaria a base genética de *F. x ananassa* com a introdução de uma diversidade de genes.

Existem mais de 40 programas de melhoramento de morangueiro ativos pelo mundo, com variação genética considerável para as características de interesse econômico, no germoplasma disponível (CHANDLER et al., 2012). Entretanto, no Brasil, os programas de melhoramento do morangueiro se estagnaram nas últimas décadas. Dessa forma, as principais cultivares de morangueiro são importadas dos Estados Unidos, dentre outros países. Esta situação indica que a evolução da cultura no país, ainda é exclusivamente dependente do material importado, e assim, o produtor fica altamente dependente de recursos externos ao sistema (OLIVEIRA; BONOW, 2012).

2.4 Características e genealogia de cultivares comerciais de morangueiro

Recursos genéticos desenvolvidos em outros países são constantemente introduzidos no Brasil, e avaliados quanto a adaptação em condições de cultivo

regional; os clones promissores, são indicados para cultivo (RIOS, 2007). Assim, as principais cultivares plantadas no país são: ‘Camarosa’, ‘Oso Grande’, ‘Albion’, ‘Camino Real’, ‘Monterrey’, ‘Aromas’, ‘Portola’ e ‘Festival Flórida’.

Quando se deseja obter alto efeito heterótico e maior heterozigose nas populações segregantes, é indicado incluir genitores que sejam divergentes geneticamente (RIOS, 2007). Desta forma, na escolha de genitores e no planejamento dos cruzamentos, é de fundamental importância conhecer as principais características das cultivares.

A descrição morfológica apresentada a seguir é baseada em diversos trabalhos de caracterização para pedido de patente nos Estados Unidos, e estão relacionadas com as potencialidades das cultivares, que podem ou não serem expressas dependendo do local de cultivo (MORALES, 2011). Cabe ressaltar também, que a genealogia parcial das cultivares ‘Camarosa’, ‘Dover’, ‘Oso Grande’, ‘Sweet Charlie’ e ‘Tudla’ apresentadas a seguir, foram construídas a partir de uma revisão bibliográfica em sites, livros, periódicos e arquivos de patente (MORALES, 2011).

2.4.1 ‘Aromas’

Desenvolvida na Universidade da Califórnia (EUA), designada como ‘CN209’, o cruzamento foi realizado em 1991 entre os clones ‘Cal. 87.112-6’ e ‘Cal. 88.270-1’ (FAEDI et al., 2009).

É classificada como cultivar de dia neutro, ou seja, cultivar que floresce e produz frutos com taxa similar em ampla variação fotoperiódica (STEWART; FOLTA, 2010). Possui vigor e densidade foliar média, formato do recorte da folha arredondada, folha de tamanho médio, cor da superfície adaxial verde-escuro, médio brilho foliar, estípula pequena, início da floração precoce, flores posicionadas acima do dossel, de 5 a 8 pétalas, corola de tamanho médio e do

mesmo tamanho que o cálice, refloração média, com inserção no cálice saliente, sépalas de tamanho médio, aquênios de tamanho intermediário, polpa vermelha e firme, cavidade interna do fruto de tamanho médio, teores medianos de açúcares, acidez e *flavor* (sabor + aroma), com qualidade organoléptica mediana e de colheita tardia (SHAW, 1998).

A cultivar apresenta hábito de crescimento ereto, e produtividade obtida em ambiente protegido, próximo de 880g planta⁻¹ (CALVETE et al., 2008). Os frutos são de tamanho grande, coloração vermelho-escuro, sabor agradável e qualidade excelente para o consumo *in natura*, e para industrialização (CARVALHO, 2006).

2.4.2 ‘Camarosa’

Desenvolvida na Universidade da Califórnia (EUA), designada como ‘Cal. 88.24-603’, cruzamento realizado em 1988 entre a cultivar ‘Douglas’ e o clone ‘Cal. 85.218-605’ (Figura 1) (FAEDI et al., 2009).

É classificada como cultivar de dias curtos, ou seja, cultivar que floresce e produz frutos sob fotoperíodo menor que 14 h (STEWART; FOLTA, 2010). Possui vigor médio e densidade foliar média, formato do recorte da folha arredondada, folha de tamanho médio, cor da superfície adaxial verde-claro, médio brilho foliar, ausência de estípula, início da floração muito precoce, flores posicionadas no meio do dossel e de 5 a 8 pétalas, corola de tamanho médio e do mesmo tamanho que o cálice, refloração média, fruto primário grande de formato quase cilíndrico, com inserção no cálice saliente, epiderme do fruto medianamente resistente, com coloração vermelho-escuro e brilho médio, cálice de tamanho grande e de fácil remoção, sépalas de tamanho médio, aquênios de tamanho intermediário, em grande número e inclusos na epiderme, polpa vermelha e muito firme, cavidade interna do fruto pequena, teor muito alto de

açúcar, teores medianos de acidez e *flavor*, com boa qualidade organoléptica e de colheita precoce (VOTH; SHAW; BRINGHURST, 1994). Em relação as doenças, é suscetível à mancha de micosferela (*Mycosphaerella fragariae*), à antracnose (*Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum acutatum*) e ao mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) (SANTOS, 2009).

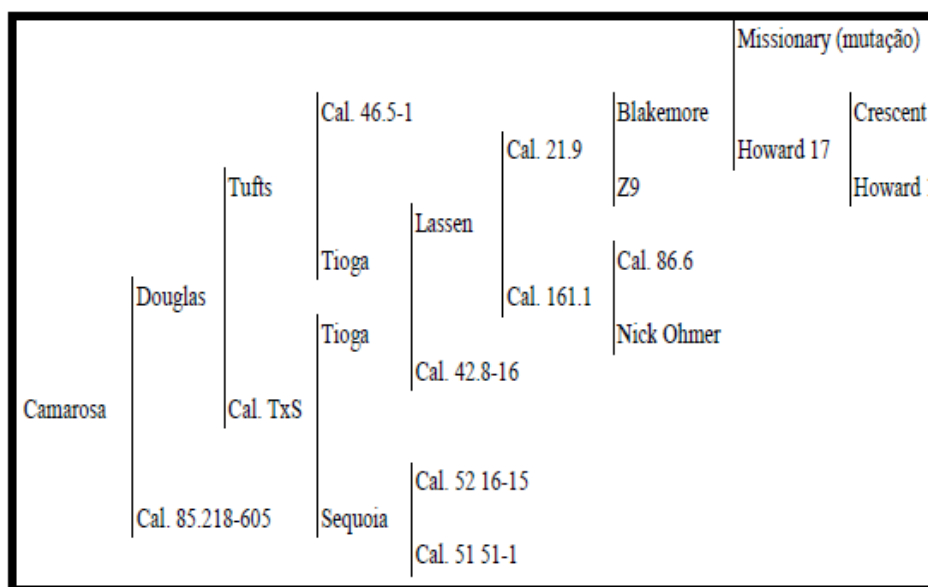


Figura 1 Genealogia parcial da cultivar de morangueiro 'Camarosa'
Fonte Morales, 2011

2.4.3 'Dover'

Desenvolvida na Universidade da Flórida (EUA), esta cultivar foi selecionada para a característica de resistência a antracnose, nas condições da Flórida, resultado do cruzamento realizado em 1973, entre a cultivar 'Florida Belle' e o clone 'Fla. 71-189', apresentado na Figura 2 (HOWARD; ALBRECHTS, 1980).

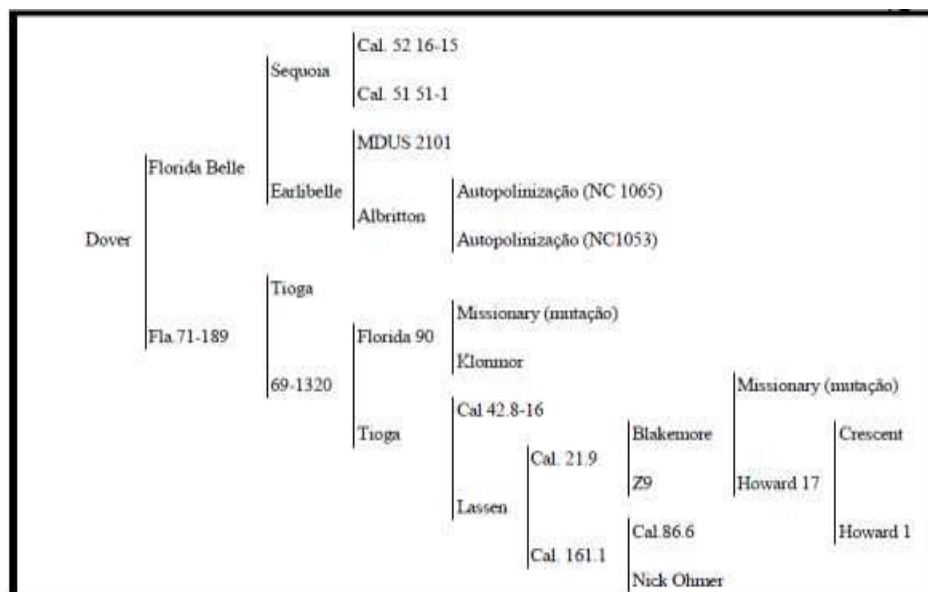


Figura 2 Genealogia parcial da cultivar de morangoiro ‘Dover’
Fonte Morales, 2011

Essa cultivar é caracterizada por alta produtividade, vigor médio, coroa grossa, produção inicial precoce, fruto pequeno de formato cônico-alongado, epiderme e polpa de coloração vermelho-intenso, pouco ácido, e de aroma pouco evidenciado, com frutos de pouco sabor. Apresenta alta sensibilidade ao ataque de *Xanthomonas* e tolerância a fungos de solo. A firmeza do fruto possibilita boa conservação pós-colheita, adequado para mercados distantes das áreas de produção (HOWARD; ALBRECHTS, 1980; SANTOS et al., 2003).

2.4.4 ‘Festival’

Desenvolvida na Universidade da Flórida em 1995, porém, liberada para o plantio nos Estados Unidos somente em 2000. Resultante do cruzamento entre ‘Rosa Linda’ e ‘Oso Grande’. Caracteriza-se como cultivar de dia curto, vigorosa e produtiva. Possui pecíolos com comprimento médio de 120 mm, folhas serrilhadas e cálice largo.

Os frutos são inseridos próximos à coroa, possuem textura firme e sabor moderadamente ácido, formato cônico com coloração externa vermelho escuro e interna vermelho brilhante e são extremamente resistentes a chuva. O peso médio de frutos (<20 g) é similar ao da cultivar ‘Sweet Charlie’. A cultivar é suscetível à antracnose (*Colletotrichum acutatum* Simmonds e *Colletotrichum gloeosporoides* Penz.) e mancha angular (*Xanthomonas fragariae* Kennedy & King). Considerada menos suscetível a botrytis (*Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr.) em relação à ‘Sweet Charlie’ e menos suscetível a oídio (*Sphaerotheca macularis* [Wallr. ex Fr.] Jacz. f. sp. *fragariae*) quando comparada à ‘Camarosa’, relativamente suscetível ao ácaro (*Tetranychus urticae* Koch) (CHANDLER et al., 2000).

2.4.5 ‘Oso Grande’

Cultivar lançada pela Universidade da Califórnia (EUA), em 1987, foi inicialmente designada como ‘Cal. 81.43-603’, resultado do cruzamento entre a cultivar ‘Parker’ e o clone ‘Cal. 77.3-603’, descrito na Figura 3 (FAEDI et al., 2009).

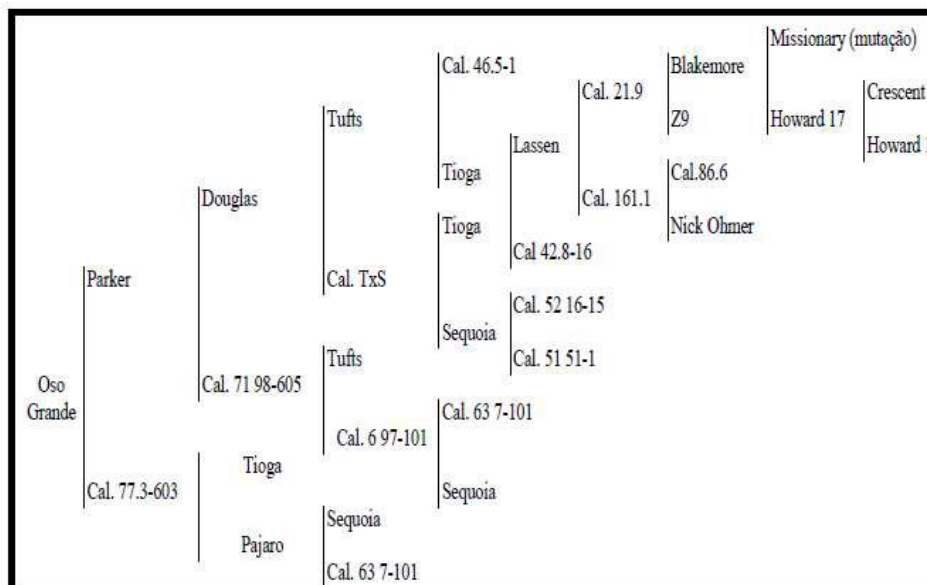


Figura 3 Genealogia parcial de cultivar de morangueiro 'Oso Grande'
Fonte Morales, 2011

Descrita como uma cultivar de vigor médio-forte e densidade foliar média, formato do recorte da folha serrilhada, folha de tamanho médio, cor da superfície adaxial verde-escuro, médio brilho foliar, estípula grande, início da floração precoce, flores posicionadas no meio do dossel, com 5 a 8 pétalas, corola de tamanho médio e do mesmo tamanho que o cálice, refloração média, fruto primário grande de formato cuneiforme, com inserção no nível do cálice, epiderme medianamente resistente, de coloração vermelho-escuro e pouco brilho, cálice de tamanho médio e facilidade de remoção mediana, sépalas de tamanho médio, aquênios de tamanho intermediário, em grande número e emergentes na epiderme, polpa amarelo-esbranquiçado e firme, cavidade interna do fruto grande, altos teores de açúcares, teores medianos de acidez e *flavor*, com qualidade organoléptica mediana, e de colheita nem precoce, nem tardia (VOTH; BRINGHURST, 1989). É sensível a fungos de solo, tolerante ao mofo

cinzento (*B. cinerea*), suscetível à mancha de micosferela (*M. fragariae*) e à antracnose (*C. fragariae* e *C. acutatum*) (SANTOS et al., 2003).

2.4.6 ‘Sweet Charlie’

Desenvolvida na Universidade da Flórida (EUA), foi inicialmente designada como ‘FL 85-4925’, resultado do cruzamento realizado em 1992 entre a cultivar ‘Pajaro’ e o clone ‘FL 80-456’ (Figura 4) (FAEDI et al., 2009). Caracteriza-se como cultivar de dias curtos, vigor e densidade foliar média, formato do recorte da folha arredondada, folha de tamanho médio, cor da superfície adaxial verde-escuro, médio brilho foliar, estípula grande, início da floração muito precoce, flores posicionadas no meio do dossel, com 5 a 8 pétalas, corola de tamanho médio e do mesmo tamanho que o cálice, reflorescimento média, fruto primário médio de formato quase cilíndrico e incluso no cálice, epiderme medianamente resistente com coloração vermelho-escuro e brilho muito forte, cálice de tamanho médio e de fácil remoção, sépalas de tamanho médio, aquênios de tamanho e número intermediário e emergentes na epiderme, polpa vermelha e pouco firme, cavidade interna do fruto pequena, altos teores de açúcar, teores medianos de acidez e *flavor*, com boa qualidade organoléptica e de colheita muito precoce (HOWARD, 1994).

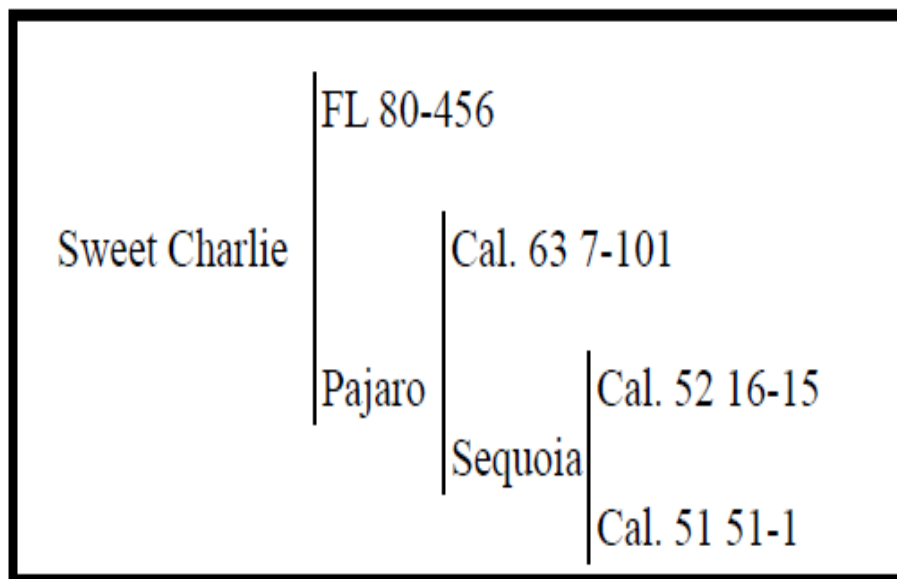


Figura 4 Genealogia parcial da cultivar de morangueiro 'Sweet Charlie'
Fonte Morales, 2011

2.4.7 'Tudla Milsei'

Cultivar desenvolvida na Espanha por meio do cruzamento entre as cultivares 'Parker' e 'Chandler' apresentada na Figura 5 (SANTOS et al., 2003). Descrita como uma cultivar de dias curtos, vigor médio-forte e densidade foliar média, formato do recorte da folha arredondada, folha de tamanho médio, cor da superfície adaxial verde-claro, médio brilho foliar, estípula pequena, início da floração precoce, flores posicionadas no meio do dossel, com 5 a 8 pétalas, corola de tamanho médio e maior que o cálice, fruto primário grande de formato quase cilíndrico, com inserção no cálice saliente, epiderme sem resistência, de coloração vermelho-escuro e brilho médio, cálice de tamanho mediano e de fácil remoção, sépalas pequenas, aquênios pequenos, em número mediano e salientes na epiderme, polpa vermelha e firme, cavidade interna do fruto pequena, teor muito alto de açúcar, alta acidez e *flavor* mediano, com boa qualidade

2.5.1 Herdabilidade

A herdabilidade (h^2) reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético. Desta forma, é importante o conhecimento de quanto da variação fenotípica é atribuída à variação genotípica e este é medido pela herdabilidade (FALCONER; MACKAY, 1996).

É possível estimar dois tipos de herdabilidade: no sentido amplo e no sentido restrito. A herdabilidade no sentido amplo pode ser definida como a razão da variância genotípica pela variância fenotípica, enquanto que no sentido restrito, a razão da variância genética aditiva pela variância fenotípica (FALCONER; MACKAY, 1996).

A herdabilidade no sentido amplo apresenta maior importância em plantas de propagação vegetativa, nas quais o genótipo é herdado integralmente pelos descendentes. Nesses casos o limite superior da herdabilidade, no sentido amplo, pode ser considerado como a herdabilidade no sentido restrito, sendo utilizado para estimar o ganho efetivo do processo de seleção.

O importante na avaliação da herdabilidade, como indicativo da predição de ganhos é saber quanto do diferencial de seleção se espera ganhar, em virtude da seleção, na geração seguinte. Quando a herdabilidade é alta, a seleção nas gerações iniciais é eficaz, mas quando seu valor é baixo, a seleção deve ser praticada apenas nas gerações mais avançadas.

A herdabilidade para as principais características do morangueiro ainda não foi suficientemente determinada. Segundo Santos (1999) a intensidade da coloração da polpa é uma característica parcialmente dominante, com herdabilidade estimada em 81%, enquanto que a herança do sabor do fruto é quantitativa, sendo estimada uma herdabilidade de 41%.

O tamanho dos frutos é uma característica controlada por genes quantitativos, de alta herdabilidade, amplamente distribuídos na população natural de *F. chiloensis* e concentrados nas cultivares comerciais, com progressos notáveis no melhoramento genético (SANTOS, 1999).

Shaw e Larson (2005) encontraram diferença no valor da herdabilidade para produção precoce e sazonal em 74 cruzamentos de morango, oriundo do Programa de melhoramento da Universidade da Califórnia (UC). Para produção precoce a herdabilidade foi 0,53, semelhante àqueles estimado em outros anos, mas a herdabilidade para produção sazonal ($h^2 = 0,10$) foi substancialmente menor, sugerindo a presença de fatores não genéticos nas diferenças fenotípicas expressas no final da temporada.

Ukalska et al. (2006) em estudo realizado com acessos de morangueiro da coleção de germoplasma pertencente ao Instituto de Pesquisa de Fruticultura e Floricultura em Skierniewice na Polônia, identificaram coeficientes de herdabilidade alto para tempo de floração, tipo de flor, firmeza dos frutos, adesão do cálice, coloração interna e externa. Por outro lado, a baixa herdabilidade foi registrada para características de qualidade dos frutos, tais como o sabor, doçura, acidez e a uniformidade de tamanho do fruto na mesma colheita. Baixos coeficientes de herdabilidade também foram encontrados para susceptibilidade a manchas foliares e queima das folhas

Outros parâmetros também podem ser estimados como as variâncias fenotípicas, genotípicas e ambientais. Desta forma, em uma determinada população os fenótipos de cada indivíduo são condicionados a variações ligadas ao caráter genético, ambiental ou pela interação genótipo com ambiente (BORÉM, 2001).

2.5.2 Capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC)

Em programas de melhoramento é indispensável o conhecimento dos componentes da capacidade combinatória na escolha de genitores em esquemas de cruzamento, sobretudo, quando se deseja identificar híbridos promissores a partir deles.

Segundo Venkovsky (1970), a capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao comportamento médio de uma cultivar em uma série de combinações híbridas e a capacidade específica de combinação (CEC), ao desvio da média de um híbrido que não é explicado pela CGC. O modelo estatístico proposto por Griffing (1956) estabelece os parâmetros \hat{g}_i e \hat{g}_j como sendo os efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo ou j -ésimo genitor, para $Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij}$, e \hat{s}_{ij} referindo-se ao efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores i e j .

A CGC (\hat{g}_i) está associada aos efeitos aditivos dos alelos e às ações epistáticas do tipo aditiva. As estimativas dos efeitos da CGC fornecem informações a respeito das potencialidades do genitor em gerar combinações favoráveis de genes predominantemente aditivos em seus efeitos. Quanto mais altas forem essas estimativas, positivas ou negativas, a cultivar será considerada superior ou inferior às demais incluídas no dialelo. O efeito de CGC é um indicador da superioridade do genitor e de sua divergência relativa entre os demais parentais (CRUZ et al., 2012).

A CEC (\hat{s}_{ij}) é usada para estimar os desvios do comportamento de um híbrido em relação ao esperado com base na CGC (\hat{g}_i), estando associada aos efeitos de dominância e epistasia (CRUZ et al., 2012). Os valores das estimativas de CEC são diretamente proporcionais à heterose, uma vez que a média dos híbridos pode ser determinada a partir da somatória da média geral aos efeitos de CGC e CEC.

O sucesso de um programa de melhoramento genético está diretamente relacionado a eficiência na escolha dos genitores, que ao serem cruzados, produzem híbridos e, posteriormente, populações segregantes promissoras, favorecendo o trabalho do melhorista na obtenção do progresso genético. Alguns autores avaliaram a capacidade geral e específica de combinação em morango (SIMPSON, 1992; BESTFLEISCH et al., 2014), nos trabalhos desenvolvidos por Masny houve predominância de efeitos não aditivos em vigor das plantas e produção de frutos comerciais (MASNY et al., 2008) enquanto que em peso médio dos frutos (MASNY et al., 2014), firmeza dos frutos e teor de sólidos solúveis (MASNY et al., 2016) ocorreu predominância de genes aditivos. No Brasil, as pesquisas sobre a capacidade combinatória em morango são praticamente inexistentes.

2.5.3 Correlações entre caracteres

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento genético, principalmente se um dos caracteres apresenta baixa herdabilidade ou problemas para identificação e avaliação (CRUZ et al., 2004). Estudos dessa natureza podem revelar a existência de correlações favoráveis entre o caráter desejado e caracteres secundários, mais acurados e fáceis de serem avaliados (CARVALHO et al., 2004).

As correlações entre os caracteres de interesse para o melhoramento são avaliadas por meio de correlações fenotípicas, genéticas e ambientais. O ambiente torna-se causa de correlações quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas variações nas condições ambientais. Nessa situação, correlações com valores negativos indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro, enquanto que valores positivos indicam que os dois

caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (CRUZ et al., 2004).

A correlação fenotípica pode ser obtida diretamente, por meio de avaliações de dois caracteres em certo número de indivíduos da população. Essa correlação tem causas genéticas e ambientais, porém, só a genética envolve uma associação de natureza herdável e pode ser utilizada em programas de melhoramento.

As causas da correlação genética podem ser atribuídas aos efeitos pleiotrópicos dos genes ou a ligação fatorial. A correlação genética, em virtude da ligação gênica, será maior quanto mais próximos estiverem os genes no cromossomo, aumentando a possibilidade de permanecerem juntos mesmo após a autofecundação, mantendo-se assim a correlação entre eles (FALCONER; MACKAY, 1996).

Hallauer, Carena e Miranda Filho (2010) relataram a importância dos coeficientes de correlação simples, uma vez que, com eles, pode-se quantificar o grau de associação genético e não genético entre dois ou mais caracteres. Essas associações podem possibilitar ganhos indiretos e diretos com a seleção de caracteres correlacionados, principalmente em seleção na qual associa-se caracteres de baixa herdabilidade, aumentando a eficiência do processo.

O conhecimento da correlação entre os caracteres vegetativos, de produtividade e de qualidade do fruto é importante nos programas de melhoramento do morangueiro, já que em vários casos permite realizar a seleção de caracteres complexos por meio dos componentes. Algumas características vegetativas podem ser correlacionadas com a produtividade pela associação com o número e o tamanho dos frutos, permitindo antecipar a seleção dos clones, inclusive antes da frutificação.

Algumas correlações foram estimadas entre as cultivares de morangueiro, a produtividade esteve negativamente correlacionada com o

número de estolões e positivamente correlacionada com os dias até a formação de estolões. O comprimento e o diâmetro do fruto estiveram correlacionados genotipicamente de forma negativa com número de folhas, número de estolões, altura da inflorescência, sólidos solúveis totais e número de frutos e positivamente correlacionado com diâmetro do fruto, número de aquênios, dias até a formação do primeiro estolão e dias até a maturação (LAL; SETH, 1982).

Ukalska et al. (2006) estimaram a correlação entre 28 características em germoplasma de morangueiro na Polônia, as correlações genotípicas e fenotípicas mais altas foram encontradas entre *flavor* (sabor + aroma) e doçura, cor da polpa e uniformidade da cor, cor da epiderme e cor da polpa. A produtividade correlacionou-se positivamente com vigor de planta, densidade de flores por inflorescência, qualidade das anteras da primeira flor e tamanho da fruta, correlacionou-se negativamente com cor de polpa e brilho da fruta. Os autores ainda relataram que não houve correlação entre tamanho, sabor e acidez podendo esses caracteres serem selecionados isoladamente.

Também na Polônia, Masny et. al. (2016) em estudo sobre os parâmetros genéticos, avaliaram a correlação entre características agronômicas e de qualidade do fruto em 13 cultivares comerciais de morangueiro ('Figaro', 'Salsa', 'Palomar', 'Granda', 'Camarosa', 'Elianny', 'Aromas', 'Diamante', 'Portola', 'Charlotte', 'San Andreas', 'Monterey' e 'Albion'), em condições climáticas da Região Central da Polônia. Os autores relataram correlações positivas entre os seguintes pares de caracteres: produção comercial e tempo de maturação do fruto (0,72), peso médio do fruto e aparência do fruto (0,76), peso médio do fruto e teor de sólidos solúveis (0,69) e também aparência dos frutos e teor de sólidos solúveis (0,35). Correlações negativas para nove pares de características: peso médio do fruto e tempo de maturação do fruto (-0,81), peso médio do fruto e produção comercial (-0,68), aparência dos frutos e tempo de maturação do fruto (-0,60), aparência dos frutos e produção comercial (-0,41), firmeza dos frutos e

aparência dos frutos (-0,47), teor de sólidos solúveis e tempo de maturação dos frutos (-0,45), teor de sólidos solúveis e produção comercial (-0,50), teor de sólidos solúveis e a firmeza dos frutos (-0,26) e também firmeza dos frutos e peso médio dos frutos (-0,55).

Moradi (2015) observou que a produção de frutos teve correlação forte e positiva com o peso fresco total por planta ($r = 0,658$), essa mesma variável se correlacionou positivamente com o teor de Na ($r = 0,548$) e teor de Cu ($r = 0,51$). O autor também observou correlação positivas para o teor de Zn e Cu, estudando uma população de morango na Universidade de Marivan, no Iran.

2.6 Índices de seleção

Nos programas de melhoramento genético, o emprego do índice de seleção é uma prática bastante utilizada com o objetivo de selecionar, simultaneamente, caracteres de interesse agrônomo, vegetativos e de qualidade do fruto. Esses índices são constituídos de técnica multivariada que agrupa as propriedades genéticas das progênies testadas com informações relativas as várias características de interesse (VILELA, 2008).

O índice de seleção constitui-se em um caráter adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres preferencialmente não correlacionados. O valor observado para cada característica é ponderado por um coeficiente, representado como $I = b_1P_1 + \dots + b_iP_i$, onde I é o índice de seleção, P_i representa o valor fenotípico observado para a i-ésima característica e b_i é o coeficiente atribuído a i-ésima característica no índice de seleção (CRUZ; REGAZZI, 2002). Neste aspecto, torna-se possível efetuar, com eficiência, a seleção simultânea de caracteres com base nos valores genéticos dos indivíduos ou famílias.

Os índices de seleção foram inicialmente propostos visando a seleção simultânea de vários caracteres e, por exigirem o conhecimento de estimativas de variância e covariâncias, são apropriadas para programas de seleção recorrente. No entanto, nas fases finais dos programas de melhoramento, tem-se cultivares ou linhagens que não serão mais recombinadas e, portanto, devem apresentar um desempenho no mínimo igual a das cultivares existentes no mercado. Com isso, foram propostos outros índices, que por não requererem o conhecimento das variâncias e covariâncias, podem ser utilizados tanto em programas de seleção recorrente quanto para genótipos já fixados (SANTOS, 2005).

Os índices também são utilizados como estratégias para resolver as correlações genéticas negativas existentes entre características importantes, pois nesses casos o trabalho do melhorista fica bastante dificultado, pois enquanto a seleção favorece uma característica, conseqüentemente desfavorece outra.

O primeiro índice de seleção relatado na literatura foi proposto por Smith (1936) e adaptado ao melhoramento genético animal por Hazel (1943), sendo este denominado índice de Smith e Hazel ou índice clássico. Esse índice visa a seleção simultânea de duas ou mais características correlacionadas, combinando covariância genéticas e fenotípicas com os caracteres e seus respectivos valores econômicos. Outros índices foram criados, também fundamentados em combinações lineares e de valores fenotípicos observáveis, dentre eles estão: Pesek e Baker (1969), Tai (1977) e Smith et al. (1981).

Os índices citados recebem a denominação de índices paramétricos, pois necessitam das estimativas de parâmetros da população, sendo assim, utilizados em situações específicas, quando os genótipos formam uma amostra aleatória (LESSA, 2010). Em virtude das limitações observadas nos índices lineares para a seleção de genótipos já fixados, Elston (1963) propôs a aplicação de um índice multiplicativo o qual pode ser aplicado tanto para genótipos já fixados quanto

para seleção recorrente. Com isso, outros autores propuseram a aplicação de índices que não necessitariam das pressuposições já discutidas anteriormente, podendo assim, serem utilizados para a seleção em genótipos já fixados, tais como o Índice base (WILLIAMS, 1962), Índice multiplicativo (SUBANDI et al., 1973), Índices de soma de postos (MULAMBA; MOCK, 1978) e Distância genótipo-ideótipo (CRUZ, 2006).

Na literatura encontram-se diversos trabalhos, comprovando a aplicabilidade e eficácia dos índices de seleção no melhoramento de plantas de diversas culturas, milho de pipoca (GRANATE et al., 2002), *Eucalyptus grandis* (MARTINS et al., 2003), soja (COSTA et al., 2004), cana-de-açúcar (PEDROZO et al., 2009) e cenoura (SILVA et al., 2009).

No melhoramento do maracujazeiro azedo diversos trabalhos têm utilizado mais comumente os índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Pesek e Baker (1969), Mulamba e Mock (1978) e mais recente o índice da distância genótipo/ideótipo (IDGI) de Cruz (2006) (GONÇALVES et al., 2007; SANTOS et al., 2008; ROSADO et al., 2012; NEVES et al., 2013).

Vasconcelos et al. (2010) verificaram que os índices possibilitaram a escolha de um grupo de genótipos geneticamente superior em alfafa, nesse estudo os melhores índices foram o de Mulamba e Mock (1978), genótipo/ideótipo e Elston (1963).

Em batata, os estudos empregando índices de seleção abordam a seleção de clones para mesa e fritura, estimativas de ganhos de seleção (TAI, 1977; BARBOSA; PINTO 1998; LAMBERT et al., 2006; SILVA et al., 2014; TERRES et al., 2015). Entretanto, na cultura do morangueiro os estudos empregando índices de seleção são escassos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos estudos e pesquisas fitotécnicas, citogenéticas e moleculares vêm sendo desenvolvidas para a cultura do morangueiro, entretanto, os estudos genéticos (herança dos principais caracteres, parâmetros genéticos) são escassos e precisam ser desenvolvidos. Contudo, esta não é uma tarefa fácil, haja vista a complexidade da estrutura genética dessa espécie. Os próximos avanços caminham para a pesquisa utilizando índices de seleção, os quais já estão sendo empregados para outras culturas e precisam ser utilizados para o morangueiro.

Tendo em relação estas informações é possível orientar, de maneira mais efetiva o programa de melhoramento, predizer o sucesso da estratégia de seleção adotada e determinar de forma científica, quais as técnicas que podem ser mais eficazes na cultura do morangueiro.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L.E.C.; FILHO DUARTE, F. **Sistema de produção do morango**. 2005. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/index.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- ARULSEKAR, S.; BRINGHURST, R.S. Inheritance of PGI and LAP isozymes in octoploid cultivated strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 106, p. 679-683, 1981.
- BARBOSA, M.H.P.; PINTO, C.A.B.P. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 149-156, 1998.
- BECERRA, V.; PAREDES, M.; LAVIN, A. Biochemical and molecular diversity in the Chilean strawberry and its implications for plant breeding. **HortScience**, v. 40, n. 6, p. 1642-1643, Alexandria, out., 2005.
- BESTFLEISCH, M. et al. A diallel crossing approach aimed on selection for ripening time and yield in breeding of new strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars. **Plant Breeding**, 2014.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2001. 500 p.
- BRINGHURST, R.S. Cytogenetics and evolution in American *Fragaria*. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 8, p. 879-881, Aug. 1990.
- BYRNE, D.; JELENKOVIC, G. Cytological diploidization in the cultivated octoploid strawberry *F. x ananassa*. **Canadian Journal Genetics and Cytology**, Ottawa, v. 18, p. 653-659, 1976.

CALVETE, E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 396-401, jun. 2008.

CARVALHO, S.P. **Histórico, importância socioeconômica e zoneamento da produção no Estado de Minas Gerais**. In: CARVALHO, S.P. (Coord.). Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 9-14.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142 p.

CASTRO, R.L. **Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil**. SIMPOSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., (Ed.) Raseira, et al. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 296 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).

CHANDLER, C.K. et al. **Strawberry**. In: BADENES, M.L.; BYRNE, D.H. (Ed.). Fruit breeding. New York: Springer, 2012. p. 305-325.

CHANDLER, C.K. et al. 'Strawberry festival' Strawberry. **Hortscience**, Alexandria, v. 35, n. 7, p. 1366-1367, Dec. 2000.

COSTA, M.M. et al. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1095-1102, 2004.

CRONQUIST, A. **The Evolution and Classification of Flowering Plants**. 2. ed. Bronx, NY: The New York Botanical Garden, 1998. 555 p.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J., CARNEIRO, P.C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV. 2012, 514 p.
CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: UFV. 2006. 382 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J., CARNEIRO, P.C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV. 2004. 480 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed., Viçosa: UFV, 2002. 390 p.

DALE, A.; SJULIN, T.M. Few cytoplasm contribute to North American strawberry cultivars. **HortScience**, v. 25, n. 11, p. 1341-1342, 1990.

DARROW, G. M. **Holt, rinehart and winston**: the strawberry history breeding and physiology. New York: The New England Institute for Medical Research, 1966. 447 p.

ELSTON, R.C. A weight free index for the purpose of ranking of selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v. 19, p. 85-87, 1963.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M.S. de; SCHMTIZ, J.D.; BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 109-120, 2011.

FAEDI, W. et al. **Monografia di cultivar di fragola**. Rome: Istituto Sperimentale per la Frutticoltura Roma, 2009. 240 p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. New York: Longman, 1996, 464 p.

FEDEROVA, N.J. Crossability and phylogenetic relations in the main European species of *Fragaria*. **Compte-Rendu de l'Académie des Sciences de l'URSS**, Bernstein, v. 52, p. 545-547, 1946.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production/crops/strawberries**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production/crops/strawberries**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

GALLETTA, G. J.; MAAS, J. L. Strawberry genetics. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 8, p. 871-879, Aug. 1990.

GONÇALVES, G. M. et al. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 193-198, 2007.

GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1001-1008, 2002.

GRIFFING, B. Concept of general and specific ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Australia, v. 9, n. 4, p. 462-93, 1956b.

HALLAUER, A.R.; CARENA, M.J.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in Maiza breeding**. Plant Breeding, 6. ed. USA, 2010. 663 p.

HANCOCK, J.F. et al. Reconstruction of the Strawberry, *Fragaria x ananassa*, using genotypes of *F. virginiana* and *F. chiloensis*. **Hortscience**, Alexandria, v. 45, n. 7, p. 1006-1013, July, 2010.

HANCOCK, J. F.; SJULIN, T. M.; LOBOS, G. A. **Strawberries**. In: HANCOCK, J. F. (Ed.). Temperate fruit crop breeding. New York: Springer, 2008. p. 455.

HANZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indices. **Genetics**, London, v. 28, p. 476-490, 1943.

HOWARD, C. M. **Strawberry plant called 'Sweet Charlie'**. Gainesville: Florida Foundation Seed Producers, US n. PP8729 P, 17 May 1994.

HOWARD, C. M.; ALBREGTS, E. E. 'Dover' strawberry. **Hortscience**, Alexandria, v. 15, p. 540, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário: Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl1.asp?c=819&z=p&o=2&i=P>> Acesso em: 23 abr. 2016.

LAL, S.D.; SETH, J.N. Studies in combining ability in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.): fruit length, fruit diameter, fruit weight, ascorbic acid, total soluble solids and fruit yield. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 24, p. 479-483, 1982.

LAMBERT, E.S.; PINTO, C.A.B.P; MENEZES, C.B. Potato improvement for tropical **Biotechnology**, v. 6, p. 185-193, 2006.

LESSA, L.S. et al. Seleção de híbridos diploides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, v. 69, p. 525-534, 2010.

MARTINS, I.S.; CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; PIRES, I.E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, p. 327-333, 2003.

MASNY, A.; PRUSKI, K.; ZURAWICZ, E.; MADRY, W. Breeding value of selected dessert strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.) cultivars for ripening time, fruit yield and quality. **Euphytica**, v. 207, p. 225-243, 2016.

MASNY, A.; MADRY, W.; ZURAWICZ, E. Combining ability of selected dessert strawberry cultivars with different fruit ripening periods. **Acta Sci Pol Hortorum Cultus**, v. 13, p. 67-78, 2014.

MASNY, A.; MADRY, W.; ZURAWICZ, E. Combining ability for important horticultural traits in medium- and latematuring strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 13, p. 133-152, 2008.

MORADI, S. Study of Correlation and Regression Analysis in Strawberry. **Intl J Farm & Alli Sci.**, v. 4, p. 621-624, 2015.

MORALES, R.G.F. et al. Divergência genética em cultivares de morangueiro, baseada em caracteres morfoagronômicos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 3, p. 323-329, maio/jun. 2011.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays*) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-57, 1978.

NEVES, C.G.; JESUS, O.N. de.; LEDO, C.A.S.; OLIVEIRA, E.J. de. Avaliação agronômica de parentais e híbridos de maracujazeiro- amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 35, n. 1, p. 191-198, mar. 2013.

OLIVEIRA, A.C.B.D.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 21-26, 2012.

PEDROZO, C.A. et al. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, v. 10, p. 31-36, 2009.

PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 49, p. 803-804, 1969.

RIOS, S. A. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 14-18, jan./fev. 2007.

ROSADO, L.D.S. et al. Simultaneous selection in progênies of yellow passion fruit using selection índices. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 95-101, jan/fev. 2012.

ROUSSEAU-GUEUTIN, M. et al. Tracking the evolutionary history of polyploidy in *Fragaria* L. (strawberry): new insights from phylogenetic analyses of low-copy nuclear genes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v. 51, n. 3, p. 515-530, jan. 2009.

SANTOS, P.E.T. **Sistema de produção de morango**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap02.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

SANTOS, C.E.M. dos. et al. Estratégias de seleção em progênies de maracujazeiro amarelo quanto ao vigor e incidência de verrugose. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 30, n. 2, p. 444-449, jun. 2008.

SANTOS, V.S. **Seleção de pré-cultivares de soja baseada em índices**. 2005. Tese. 115p. (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SANTOS, A.M. et al. Morango- Produção. Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS). **Embrapa Informação Tecnológica**. p. 9-17, 2003.

SANTOS, A.D. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 198, p. 24-29, 1999.

SENANAYA, Y.D.; BRINGHURST, R. S. Origin of fragaria polyploids: I., cytological analysis. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 54, p. 221-223, 1967.

SHAW, D.V. **Strawberry plant named 'Aromas'**. Oakland: University of Califórnia, US n. 10451, 1998.

SHAW, D.V.; LARSON, K.D. Genetic variation and response to selection for early season fruit production. In **California Strawberry Seedling** (*Fragaria x ananassa* Duch.), 2005.

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.da; CARVALHO, A.D.F.de. Seleção de clones de bata para fritura com base em índices de seleção. **Ceres**, v. 61, p. 941-947, 2014.

SILVA, G.O.; VIEIRA, J.V.; VILELA, M.S. Seleção de caracteres de cenoura cultivada em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal. **Revista Ceres**, v. 56, p. 595-601, 2009.

SIMPSON, D.W. The inheritance of components of fruiting season, yield and vigour in short-day strawberries and the relationship between pistillate flowers and flowering time. **Plant Breeding**, v. 109, p. 177-182, 1992.

SMITH, O.S.; HALLAUER, A.R.; RUSSEL, W.A. Use of index selection in recurrent selection programs in maize. **Euphytica**, n. 30, p. 611-618, 1981.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals Eugenics**, v. 7, p. 240-250, 1936.

STEGMEIR, T.L. et al. Performance of an elite strawberry population derived from wild germplasm of *Fragaria chiloensis* and *F. virginiana*. **Hortscience**, Alexandria, v. 45, n. 8, p. 1140-1145, Aug. 2010.

STEWART, P. J.; FOLTA, K. M. A review of photoperiodic flowering research in strawberry (*Fragaria* spp.). **Critical Reviews in Plant Sciences**, Cleveland, v. 29, n. 1, p. 1-13, Jan. 2010.

SUBANDI, W.; COMPTON, A.; EMPIG, L.T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, v. 13, p. 184-186, 1973.

TAI, G.C.G. Index selection with desired gain. **Crop Science**, v. 17, p. 182-183, 1977.

TERRES, L.R.; LENZ, E.; CASTRO, C.M.; PEREIRA, A.S. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata. **Hort. Brasileira**, v. 33, p. 305-310, 2015.

UKALSKA, J.; MADRY, W.; UKALSKI, K.; MASNY, A.; ZURAWICZ, E. Patterns of variation and correlation among traits in a strawberry germplasm collection (*Fragaria x ananassa* Duch.) **Journal of Fruit Ornamental Plant Research**, v. 14, p. 5-22, 2006.

VASCONCELOS, E.S. et al. Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. **Revista Ceres**, v. 57, p. 205-210, 2010.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamento dialélicos de variedades**. 1970. Tese. 59 p (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.

VILELA, F.O. **Melhoramento genético de Feijão de vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) avanço de gerações via SSD, uso de índices de seleções, estatísticas P1 na identificação de genótipos superiores**. 2008. Tese. 145 p. (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) - UENF. Campos de Goytacazes, RJ. 2008.

VOTH, V.; BRINGHURST, R. S. **Strawberry plant called 'Oso Grande'**.
Oakland: University of California, US, n. 6578, 31 jan. 1989.

VOTH, V.; SHAW, D.V.; BRINGHURST, R.S. **Strawberry plant called
'Camarosa'**. Oakland: University of California, US n. PP8708 P, 3 May 1994.
WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, v. 18, p. 375-
393, 1962.

CAPÍTULO II

Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de híbridos de morangueiro

RESUMO

O conhecimento dos parâmetros genéticos é de extrema relevância em programas de melhoramento do morangueiro, uma vez que a seleção com base em um ou poucos caracteres pode resultar na obtenção de genótipos desfavoráveis ou até mesmo na exclusão de outros genótipos promissores. Assim, objetivou-se com este trabalho, obter as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, visando fornecer subsídios para o programa de melhoramento genético do morangueiro das Universidades Federal de Lavras (UFLA) e Estadual do Centro-Oeste, PR (UNICENTRO). Foram utilizados sete cultivares comerciais e 103 híbridos experimentais provenientes do cruzamento entre elas. O experimento foi conduzido em blocos aumentados sendo avaliadas quatro características agrônômicas (massa total, número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais e massa média de frutos); e 13 características físico-químicas (pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, açúcares totais (AçT), pectina total (PT), pectina solúvel (PS), firmeza (Fi), comprimento médio (CM), largura média (LM), formato (Fo), coloração interna (CI) e externa (CE)). Os parâmetros genéticos estimados foram capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), correlação genotípica entre os caracteres, estimativa de herdabilidade, variância genética e fenotípica. Houve diferença significativa para maioria das características avaliadas, indicando que existe variabilidade entre os materiais estudados, as exceções foram as características açúcares totais e formato de fruto. As estimativas de herdabilidade apresentaram valores que variaram de 0,141 a 0,904 e algumas correlações se destacaram (massa total e número de frutos comerciais; massa média dos frutos e número de frutos não comerciais; pectina total e acidez titulável). O estudo desses parâmetros forma uma importante base de informações para as tomadas de decisões no programa de melhoramento genético do morangueiro da UFLA e da UNICENTRO.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*. Seleção de clones. Melhoramento genético.

ABSTRACT

Knowledge of genetic parameters is extremely important in breeding programs of strawberry, since the selection based on one or a few characters can result in getting unfavorable genotypes or even the exclusion of other suitable phenotypes. Thus, the aim of this study was to obtain estimates of genetic and phenotypic parameters, to provide input for the breeding program of strawberry plants at the Federal University of Lavras (UFLA). Seven commercial cultivars and 103 experimental hybrids from the cross were used between them. The experiment was conducted in augmented blocks being evaluated four agronomic characteristics (total weight of marketable fruit number, number of unmarketable fruits and average fruit weight) and 13 physicochemical characteristics (pH, titratable acidity, soluble solids, ratio SS/TA, total sugars, total pectin, soluble pectin, firmness, medium length, medium width, shape, internal and external color). The genetic parameters estimated general combining ability (GCA), specific combining ability (SCA), genetic correlations between characters, estimated heritability, genetic and phenotypic variance. Analyses were performed with the help of the SAS software. There was a significant difference for most features, indicating that there is variability among the studied materials, exceptions were total sugars and fruit shape. Heritability estimates showed values ranging from 0.141 to 0.904 and some correlations stood out (total mass and number of commercial fruit, fruit weight and number of unmarketable fruits). The study of these parameters form an important information base for decision making in the breeding program of strawberry UFLA and UNICENTRO.

Keywords: *Fragaria x ananassa*. Selection of clones. Genetical enhancement.

1 INTRODUÇÃO

A estimativa dos componentes genéticos é uma ferramenta de grande importância no melhoramento genético do morangueiro. Por meio dela, é possível conhecer a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e também avaliar a eficiência da estratégia de melhoramento adotada. Dentre os parâmetros de maior importância, destacam-se as variâncias, as correlações e a herdabilidade (CRUZ; CARNEIRO, 2003), que facilitam a seleção dos melhores híbridos a partir das características mais promissoras, dando suporte nas recomendações dos materiais genéticos que irão ser comercializados.

O conceito de herdabilidade, introduzido para separar as diferenças genéticas e não-genéticas entre indivíduos, é de fundamental importância para a estimação dos ganhos genéticos e para a escolha dos métodos de seleção a serem aplicados. A herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético, o qual influenciará as próximas gerações. Em espécies que se propagam vegetativamente, a estimativa da herdabilidade no sentido amplo assume maior importância, pois o genótipo é herdado integralmente pelos descendentes.

O conhecimento da correlação entre caracteres vegetativos, de produtividade e de qualidade do fruto é importante nos programas de melhoramento, já que possibilita a seleção indireta de caracteres correlacionados, em vários casos permite realizar seleção de caracteres complexos por meio dos componentes menos complexos, ou ainda utilizar caracteres de fácil medição para inferir sobre caracteres de difícil mensuração. A análise de componentes também é útil para identificar e determinar os

componentes genéticos e do ambiente na expressão fenotípica de caracteres correlacionados.

Poucos estudos foram realizados no Brasil, visando a estimação desses parâmetros, porém, são realizados com frequência em programas de melhoramento desta cultura em outros países. Estudando algumas populações da Universidade da Califórnia, Fort e Shaw (2000), verificaram que as herdabilidades no sentido restrito para os caracteres, crescimento e diâmetro das plantas, foram consideradas de baixa a moderada, com pouca contribuição da variância genética aditiva. Caracteres como produção e tamanho de frutos apresentaram valores significativos para variância genética aditiva. Esse parâmetro está relacionado com os diferentes ambientes e tipos de propágulos (SHAW et al., 1989; FORT; SHAW, 2000; SHAW; LARSON, 2005). Maior grau de dominância foi encontrado para sólidos solúveis e acidez titulável (SHAW et al., 1987). Os ganhos de seleção para o conteúdo de sólidos solúveis foram baixos em ensaios com clones selecionados, devido a grande interação com o ambiente e as datas das colheitas (SHAW, 1990).

Até o momento, não há estudos publicados sobre parâmetros genéticos como a herdabilidade e as correlações genéticas para populações de morangueiro no Brasil, o que seria desejável para desenvolver estratégias de melhoramento e seleção de híbridos superiores adaptados às condições brasileiras. Dessa forma, o objetivo foi obter as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, visando fornecer subsídios para o programa de melhoramento genético do morangueiro da UFLA e da UNICENTRO.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos híbridos

Os genitores foram previamente selecionados entre as cultivares introduzidas e plantadas no Brasil, com base nos fenótipos favoráveis para as características de interesse agrônomo. Esses genitores foram as cultivares ‘Aromas’, ‘Camarosa’, ‘Dover’, ‘Festival Flórida’, ‘Oso Grande’, ‘Sweet Charlie’ e ‘Milsei-Tudla’.

Dentre as cultivares, apenas ‘Aromas’ é classificada como cultivar de dias neutros, sendo todas as demais cultivares, de dias curtos.

A hibridação foi realizada de acordo com os procedimentos recomendados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (CAMARGO; PASSOS, 1993) e Universidade da Flórida (CHANDLER et al., 2012). Foram obtidas 12 populações híbridas, combinando as sete cultivares comerciais, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 Descrição das 12 populações híbridas geradas a partir de sete cultivares de morangueiros. Lavras-MG, 2016.

População	Genitores		População	Genitores	
	♀	♂		♀	♂
1	Dover	Aromas	7	<i>Sweet Ch.</i>	Aromas
2	Oso Gr.	Aromas	8	Tudla	Aromas
3	Camarosa	Aromas	9	Tudla	<i>Sweet Ch.</i>
4	Dover	<i>Sweet Ch.</i>	10	Camarosa	<i>Sweet Ch.</i>
5	Oso Gr.	Tudla	11	Festival	Aromas
6	Festival	<i>Sweet Ch.</i>	12	Oso Grande	<i>Sweet Ch.</i>

♀- Genitor feminino; ♂- Genitor masculino;

Após a colheita dos pseudofrutos, retirou-se os aquênios com o auxílio de um liquidificador. Em seguida as ‘sementes’ foram secas em temperatura ambiente.

Para superação da dormência tegumentar das sementes utilizou o método descrito por Galvão et al. (2014), por meio de escarificação ácida com imersão em H_2SO_4 (98 %) por 40 min e posterior sanitização por 10 min em NaOH (2 %) (ITO et al., 2011; GALVÃO et al., 2014). Após este tratamento, os aquênios foram transferidos para cultivo *in vitro* em meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) solidificado com ágar (0,6%) e suplementado por sacarose (3%).

Após 60 dias de cultivo *in vitro*, os *seedlings* foram transplantados para bandejas de 72 células com substrato comercial, e foram irrigadas diariamente para aclimação e, após outros 60 dias dessa etapa, foi feito o transplântio e implantação do experimento em campo.

2.2 Área experimental

O experimento foi implantado em estufas, na área experimental do setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG (21° 14' de latitude Sul e a 40° 17' de longitude Oeste, altitude de 918, 80). O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho distroférico típico e apresenta textura argilosa, com 33% de areia, 18% de silte e 49% de argila (EMBRAPA, 2016). O preparo do solo, nas estufas, foi realizado um mês antes do transplântio das mudas para os canteiros, por meio de aração, seguida de calagem e gradagem.

Os canteiros foram levantados com auxílio de rotoencateirador nas medidas de 0,20 m de altura e 1,20 m de largura. Para calagem foi utilizado 2,50 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 92%), calculada com base na análise química de solo. A adubação de base foi realizada três dias antes do transplântio, com o equivalente 1650 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 295 kg ha⁻¹ de ureia.

Os *seedlings* receberam uma *toalete* e foram transplantados para os canteiros em estufas no espaçamento de 0,30 m X 0,40 m formando duas linhas. O sistema de irrigação adotado foi com tubos gotejadores, no espaçamento entre gotejadores de 0,30 m, sendo utilizadas duas linhas de gotejo por canteiro, espaçadas em 0,50 m. Os canteiros foram cobertos com filme polietileno preto (*mulching*), com espessura de 30 μm . Foram realizadas sete adubações de cobertura, espaçadas em 30 dias. Cada uma foi composta por 60 kg ha^{-1} de sulfato de amônio, 11,5 kg ha^{-1} de sulfato de potássio e 14,5 kg ha^{-1} de cloreto de potássio. No início do florescimento foram aplicados, via foliar, ácido bórico e sulfato de zinco, na concentração de 1% e 2%, respectivamente. No estágio de produção de frutos foi pulverizado cloreto de cálcio a 0,4% a cada 15 dias. As adubações foram realizadas com base na análise química do solo e de acordo com as recomendações para a cultura (DIAS et al., 2007).

O delineamento experimental foi de blocos aumentados - DBA (FEDERER, 1956), este delineamento foi escolhido devido a falta de repetições dos genótipos, pois, o objeto em estudo é a geração F_1 com apenas uma planta por tratamento. Assim, os tratamentos comuns foram os genitores (testemunhas) e os regulares os 103 híbridos experimentais F_1 de todos os cruzamentos, onde cada cruzamento deu origem a mais de um híbrido, no qual foi arranjado em um bloco, totalizando 12 blocos.

2.3 Avaliação das características de produção

O início da colheita ocorreu em diferentes datas devido ao desenvolvimento diferenciado de cada genótipo avaliado. Foram colhidos e mensurados os frutos que apresentavam 75% de coloração vermelho-escuro (PBMH; PIMO, 2009). Os frutos colhidos foram pesados em balança analítica de precisão e classificados em não comerciais (≤ 35 mm) e comerciais (> 35

mm) de acordo com Pbmh e Pimo (2009). O final do período de produção comercial foi considerado quando a planta em avaliação produziu mais de 70% dos frutos como não comerciais. Com posse dos dados foram calculadas a massa total de frutos (MTF g planta⁻¹), número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais e massa média de frutos (MMF g fruto⁻¹).

2.4 Avaliação das características físico-químicas

Para firmeza (Fi), foram amostrados 10 frutos representativos de cada genótipo. Foi mensurada em dois pontos equidistantes na parte central do fruto, com auxílio de penetrômetro manual, com ponteira de 3 mm marca Instrutherm, modelo PTR-300, e os resultados expressos em Newton (N). As colorações externa e interna foram determinadas em escala de notas de acordo com escala adaptada de SNPC (2009), (1 – vermelho alaranjado; 3 – vermelho médio; 5 – vermelho escuro; 7 – vermelho enegrecido) e (1 – vermelho na margem; 3 – vermelho em direção ao centro; 5 – vermelho uniforme em toda polpa), respectivamente.

A largura (LM) e o comprimento médio (CM) foram mensurados por meio de paquímetro digital, e os resultados expressos em milímetros (mm). Para o formato dos frutos (Fo) foram amostrados cinco frutos representativos de cada genótipo, por dois avaliadores, e classificados por escala de nota (1- reniforme; 2- cônico; 3- cordiforme; 4- ovoide; 5- quase-cilíndrico; 6- romboide; 7- obloide; 8- globoso; 9- cunhada) de acordo com SNPC (2009).

Foi mensurado com auxílio de pHmetro Tec-3MP (Tecnal), segundo a metodologia descrita na Association of Official Analytical Chemists (AOAC (2012)). O teor de sólidos (SS) solúveis foi determinado por leitura direta, em refratômetro digital de bancada Reichert AR 200 (temperatura ambiente), de acordo com metodologia descrita na AOAC (2012), e os resultados expressos

em % de sólidos solúveis. A acidez titulável (AT) foi determinada por titulometria com solução de NaOH (0,1 N), utilizando como indicador, a fenolftaleína, de acordo com metodologia descrita na AOAC (2012). Os dados foram expressos em percentagem de ácido cítrico. 100 g⁻¹ de polpa. A relação SS/AT foi obtida pela divisão das leituras de sólidos solúveis (SS) pelos teores em percentagem de acidez titulável (AT). A SS/AT foi calculada por ser um indicador do sabor dos frutos, principalmente quando consumidas in natura (MANICA et al., 1998).

Os açúcares totais (AçT) foram extraídos pelo método de Antrona (DISCHE, 1962) e a determinação foi realizada por espectrofotometria com comprimento de onda de 620 nm, utilizando curva padrão de glicose. A pectina total (PT) e solúvel (PS) foi extraída com álcool etílico (95 %), segundo método adaptado por McCready e McCcoomb (1952) e determinada colorimetricamente com reação em carbazol de acordo com metodologia descrita por Bitter e Muir (1962).

2.5 Análise estatística

As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional SAS (*Statistical analysis System*) (SAS INSTITUTE, 2000). Com base nestas análises foram estimadas a capacidade geral de combinação (CGC), a capacidade específica de combinação (CEC), as correlações genótípicas e fenotípicas entre os caracteres, estimativas da herdabilidade, acurácia e variância genética.

A partir das características mensuradas nos sete genótipos e 103 híbridos F₁'s, foi realizada a análise de variância, tendo-se considerado todos os efeitos exceto a média como aleatórios, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + b_j + C_k + g_i(k) + \xi_{ijk}$$

Em que:

Y_{ij} = é a observação gerada para a parcela do bloco j que recebeu o tratamento (genótipo) i oriundo do cruzamento k ;

μ = é a constante comum a todas as observações (a média geral, sob restrições do tipo "soma zero" para cada um dos demais efeitos);

$g_i(k)$ = é o efeito do genótipo (progênie ou testemunha) i , oriundo do cruzamento k ($i = 1, 2, \dots, p_k$; p_k é o número de genótipos no cruzamento k), assumido fixo e nulo se i for uma testemunha, ou aleatório com distribuição

$N(0, \sigma_{gk}^2)$ independente, se i for uma progênie relacionada ao cruzamento k ;

b_j = é o efeito do bloco j ($j = 1, 2, \dots, b$), assumido como fixo;

C_k = é o efeito fixo do cruzamento k , incluindo-se testemunha ($k = 1, 2, \dots, c, c+1, c+2, \dots, c+t$; sendo c o número de cruzamentos originando progênies e t o número de testemunhas); e

ξ_{ijk} = é o erro experimental aleatório associado à ijk -ésima parcela, assumido independente e identicamente distribuído, sob $N(0, \sigma_e^2)$.

Trata-se, portanto, de um modelo misto em que as n observações y_{ijk} , expressas pelo vetor $y_{(n \times 1)}$, podem ser descritas matricialmente pelo modelo linear misto geral (HENDERSON, 1984):

$$y = X\beta + Z\gamma + \varepsilon;$$

com:

$$\varepsilon \sim N(\phi, \mathbf{R});$$

$$\gamma \sim N(\phi, \mathbf{G});$$

$$E(y) = X\beta; \text{ e } \text{Var}(y) = V_{(n)} = ZGZ' + R.$$

As correlações genéticas foram obtidas seguindo a metodologia descrita por Holland (2006). Foram obtidas as estimativas de variância genética (σ_p^2), variância fenotípica (σ_F^2), acurácia ($|r|$) e herdabilidade no sentido amplo (h^2) de modo semelhante ao apresentado por Cruz et al. (2012). Os limites inferiores e

superiores de h^2 foram obtidas pelas expressões de Knapp et al. (1985). De posse das médias estimadas procedeu-se a análise dialélica, na qual foi efetuada utilizando-se a metodologia dois de Griffing (1956), no qual são incluídas as cultivares genitoras e o conjunto de híbridos F_1 . Foi estimado também o coeficiente de determinação (R^2) obtido pela razão entre a soma de quadrados das capacidades de combinação e a soma de quadrados da CGC + CEC.

O modelo estatístico da análise dialélica com base na média das repetições foi o que se segue:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon_{ij},$$

em que:

Y_{ij} = valor médio de combinação híbrida ($i \neq j$) ou de genitor ($i = j$);

m = efeito médio de todos os tratamentos;

g_i = efeito da CGC do genitor i , corresponde ao desvio de seu desempenho médio em combinações híbridas;

g_j = efeito da CGC do genitor j ;

s_{ij} = efeito da CEC para os cruzamentos entre os progenitores i e j ; sendo $s_{ij} = s_{ji}$;

e

ϵ_{ij} = erro experimental médio associado às médias da tabela dialélica.

Para a estimativa dos efeitos e das somas de quadrados dos efeitos, adotaram-se as restrições seguintes:

$$\sum g_i = 0 \quad \text{e} \quad S_{ij} + \sum S_{ij} = 0$$

Considerando-se essas restrições, os estimadores dos efeitos foram os descritos a seguir (CRUZ et al., 2012):

$$m = \frac{2}{p(p+1)} y$$

$$g_i = \frac{1}{p+2} [Y_{ii} + Y_i - \frac{2}{p} y..]$$

$$S_{ij} = Y_{ij} - \frac{1}{p+2} [Y_{ii} + Y_{ij} + Y_i + Y_j] + \frac{2}{(p+1)(p+2)} Y$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa para maioria das características avaliadas, indicando que existe variabilidade entre os materiais estudados, com exceções para as características açúcares totais e formato de frutos. Observa-se que para a maioria das características avaliadas, os valores das acurácias foram superiores a 0,70, o que indica uma boa precisão experimental, exceto para algumas características físico-químicas (acidez titulável, açúcares totais, pectina solúvel, largura média e formato de fruto) (Tabela 2). Segundo Resende e Duarte (2007) valores de acurácia entre 0,70 e 0,90 determinam uma classe de precisão alta, e acima de 0,90, muito alta.

Com relação às estimativas de herdabilidade, os valores variaram de 0,141 (formato de frutos) a 0,904 (n° de frutos não comerciais - NFNC) (Tabela 2), sendo que valores de herdabilidade acima de 0,5 são considerados altos, entre 0,3 a 0,5, médios e, abaixo de 0,3, baixos. Os valores da herdabilidade são úteis para indicar se uma característica é facilmente transmitida para as suas progênes, o que facilita obter ganhos significativos com a seleção. No presente estudo, os caracteres agrônômicos apresentaram os maiores valores com destaque para número de frutos não comerciais, porém, em um programa de melhoramento de morangueiro, a seleção deve ser feita para frutos comerciais, que também apresentou alto valor de herdabilidade (0,82). Estes valores são corroborados pela variância fenotípica, cujo maior percentual se deve a variância genética.

Resultados semelhantes foram obtidos por Whitaker et al. (2012) estudando 15 híbridos obtidos pelo programa de melhoramento da Universidade da Flórida e dois genitores ('Radiance' e 'Elyana'), em dois locais (Balm e

Dover na Flórida). Os autores observaram que a herdabilidade no sentido amplo para formato do fruto (SHP), foi baixa, ($h^2 = 0,18 \pm 0,03$), o peso médio dos frutos (AWT), apresentou forte controle genotípico ($h^2 = 0,53 \pm 0,04$) e para a maioria dos caracteres analisados foi encontrado valor mediano de controle genotípico ($h^2 = 0,30$ a $0,41$). Da mesma forma, neste trabalho, as demais características apresentaram valores de herdabilidade medianos a altos.

Murti et al. (2012) relataram que a estimativa da herdabilidade (h^2) para as populações F_1 e os 8 genitores utilizados como pais ('Akihime', 'Sachinoka', 'Keumhyang', 'Seolhyang', 'Maehyang', 'Soogyong', 'DNKW001' e 'DNKW002') foi 0,498 para firmeza dos frutos e 0,678 para teor de sólidos solúveis, em um estudo realizado na Universidade Nacional de Gangneung-Wonju, Coreia, valores próximos aos encontrados no presente estudo. Isto indica que mesmo sendo características altamente influenciadas pelo ambiente, nesta população ainda é possível ter ganhos significativos na seleção.

A maioria das características apresentaram valores positivos para os limites inferior e superior, exceto para açúcares totais e formato de fruto que apresentaram valores negativos para o limite inferior. Os valores positivos para os limites inferiores indicam possibilidade de ganho com a seleção, enquanto que limites inferiores com valores negativos indicam que a herdabilidade pode ser zero e pode não haver ganho.

Tabela 2 Média, desvio padrão da média (DPM), variação genética (VG), variação fenotípica (VF), herdabilidade (h^2), limite inferior da herdabilidade (LI h^2), limite superior da herdabilidade (LS h^2) e acurácia (r), para todas as características avaliadas.

	Características agronômicas			
	MT g. planta ⁻¹	NFC	NFNC	MMF g.fruto ⁻¹
Média	897,68	38,83	74,79	8,26
DPM	119,220	6,435	14,288	0,903
QMt	116485**	1,834**	2120,7*	0,108**
QMe	14213,39	0,329	204,14	0,024
VG	63700,9	0,93	1193,8	0,05
VF	69751,7	1,09	1269,8	0,06
h^2	0,878	0,82	0,904	0,779
LI h^2	0,814	0,726	0,853	0,663
LS h^2	0,922	0,885	0,938	0,859
r	0,937	0,906	0,951	0,883

(Continua)

Características físico-químicas													
	pH	SS	AT	SS/AT	AçT	OS	PT	Fi N	CM cm	LM cm	Fo	CE	CI
Média	3,92	6,91	0,94	7,61	6,91	65,53	405,41	2,12	35,42	28,26	3,92	5,41	4,10
DPM	0,082	0,748	0,122	1,267	3,526	22,006	88,899	0,286	3,925	3,399	1,123	0,677	0,52
QMt	0,01**	1,71**	0,007**	0,012**	0,01 ^{NS}	0,052**	17064,5**	0,003**	33,06**	19,428**	0,09 ^{NS}	154**	39**
QMe	0,007	0,56	0,004	0,005	0,007	0,029	1902,947	0,002	15,403	11,556	0,082	54,87	18,9
VG	0,006	0,717	0,002	0,005	0,002	0,014	5706,4	0,001	10,99	4,90	0,008	61,76	12,9
VF	0,01	1,025	0,004	0,007	0,006	0,031	10218,2	0,002	19,79	11,6	0,057	92,23	23,7
h ²	0,585	0,673	0,429	0,59	0,259	0,44	0,537	0,534	0,534	0,405	0,141	0,644	0,52
LI h ²	0,366	0,50	0,128	0,373	-0,132	0,145	0,293	0,289	0,288	0,091	-0,31	0,456	0,27
LS h ²	0,735	0,791	0,635	0,738	0,526	0,642	0,704	0,702	0,702	0,62	0,451	0,772	0,69
r	0,765	0,82	0,655	0,768	0,509	0,664	0,733	0,731	0,731	0,636	0,371	0,803	0,72

NS, *, **, não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente pelo teste de F. Massa total (MT), número de frutos comerciais (NFC), número de frutos não comerciais (NFNC) e massa média de frutos (MMF), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), açúcares totais (AçT), pectina solúvel (PS), pectina total (PT), firmeza (Fi), comprimento médio (CM), largura média (LM), formato de fruto (Fo), coloração externa (CE), coloração interna (CI).

O conhecimento das correlações genéticas existentes entre os caracteres é de grande importância no melhoramento genético, de forma que, quando a seleção é praticada para um caráter em particular, pode-se fazer inferências sobre a maneira pela qual este caráter afetará os demais. Alguns autores optam pela realização de correlações fenotípicas que podem ser úteis para determinar o relacionamento entre valores fenotípicos de diferentes caracteres. Contudo, estas correlações podem não refletir as mudanças correlacionadas esperadas, sendo que dentro desta correlação existe um componente genético e outro ambiental. Observa-se na Tabela 3 que a maioria das correlações genéticas apresentaram coeficientes medianos positivos e negativos com destaque para massa total e número de frutos comerciais (0,739), peso médio dos frutos e número de frutos não comerciais (-0,805), pectina total e acidez titulável (0,716), pH e SS/AT (0,877), pH e pectina solúvel (0,535) e total (0,554).

Neste trabalho, foram observadas as correlações herdáveis, avaliando apenas as correlações genotípicas. Sendo assim, houve correlação genotípica positiva entre pH e os seguintes caracteres: relação SS/AT, açúcares totais, pectina solúvel e total, firmeza e largura média do fruto e negativo para para acidez titulável, comprimento médio, coloração externa e interna, formato de fruto e todos os caracteres agronômicos (Tabela 3).

Segundo Carvalho et al. (2004) os coeficientes de correlação podem ser classificados como nulos ($r=0$), fracos ($0 < |r| < 0,3$), médios ($0,3 \leq |r| < 0,6$), fortes ($0,6 \leq |r| < 0,9$), fortíssimos ($0,9 \leq |r| < 1$) e perfeitos ($|r|=1$). Os valores de acidez titulável (AcT) apresentaram correlação negativa (-0,5) com SS/AcT e positiva (0,818) com sólidos solúveis (SS). Resultado já esperado, visto que representam componentes da relação SS/AT.

A variável massa total apresentou correlação positiva para sólido solúveis, relação SS/AcT, pectina solúvel, comprimento e largura média, formato e coloração externa. A análise da correlação entre coloração interna e externa foi positiva (0,472), considerada moderada, segundo Shaw (1991) a correlação genética entre coloração interna e externa é baixa, indicando

que essas características são condicionadas por genes diferentes, contudo, os genes podem estar ligados já que apresentou uma correlação moderada.

O caráter formato de fruto se correlacionou positivamente com comprimento médio (0,407) e negativamente com largura média (-0,58), essas correlações apresentaram valores medianos. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o tamanho e formato dos frutos são atributos físicos correlacionados, e exerce influência direta na escolha do produto pelo consumidor.

A firmeza está correlacionada com a quantidade de pectina total presente nos frutos. Segundo Taiz e Zeiger (2009) a pectina é um dos principais polissacarídeos com função de promover resistência à parede celular. Entretanto, no presente estudo, a correlação entre a firmeza e a pectina total foi positiva, porém, considerada mediana (0,39). No trabalho de Scolforo (2014), não foi observada correlação entre estes caracteres. Já para pectina solúvel observamos correlação moderada e negativa com a firmeza (-0,529). Segundo Vilas Boas (1999), com a despolimerização pectínica na parede celular, que culmina com a solubilização das pectinas pela ação de enzimas hidrolíticas ocorre redução da firmeza, juntamente com o amadurecimento dos frutos, ou seja, com o aumento de pectinas solúveis, espera-se redução na firmeza, como observado neste trabalho.

Com relação a sólidos solúveis e pectinas solúveis, observou-se correlação moderada e positiva, assim como Scolforo (2014). Isso acontece porque a pectina solúvel é um dos componentes dos sólidos solúveis.

Masny et. al. (2016) em estudo sobre os parâmetros genéticos, avaliaram a correlação entre características agronômicas e de qualidade do fruto em 13 cultivares comerciais de morangueiro ('Figaro', 'Salsa', 'Palomar', 'Granda', 'Camarosa', 'Elianny', 'Aromas', 'Diamante', 'Portola', 'Charlotte', 'San Andreas', 'Monterey' e 'Albion'), em condições climáticas da Região Central da Polônia. Os autores relataram correlações positivas entre os seguintes pares de caracteres: produção comercial e tempo de maturação do fruto (0,72), peso médio do fruto e aparência do fruto (0,76), peso médio do

fruto e teor de sólidos solúveis (0,69) e também aparência dos frutos e teor de sólidos solúveis (0,35). Correlações negativas para nove pares de características: peso médio do fruto e tempo de maturação do fruto (-0,81), peso médio do fruto e produção comercial (-0,68), aparência dos frutos e tempo de maturação do fruto (-0,60), aparência dos frutos e produção comercial (-0,41), firmeza dos frutos e aparência dos frutos (-0,47), teor de sólidos solúveis e tempo de maturação dos frutos (-0,45), teor de sólidos solúveis e produção comercial (-0,50), teor de sólidos solúveis e a firmeza dos frutos (-0,26) e também firmeza dos frutos e peso médio dos frutos (-0,55).

Tabela 3 Estimativas da correlação genotípica entre os caracteres físico-químicos e agrônômicos.

	SS	AT	SS/A T	AçT	PS	PT	Fi	CM	LM	Fo	CE	CI	MT	NFC	NFNC	MMF
pH	0,249	-0,75*	0,877*	0,182	0,535*	0,554*	0,029	-0,70*	0,325*	-0,38*	-0,39*	-0,163	-0,231	-0,004	-0,33*	-0,003
SS		0,093	0,818*	0,421*	0,403*	-0,35*	-0,297	-0,176	-0,254	0,134	-0,099	0,193	0,213	0,101	0,266	-0,161
AT			-0,50*	0,547*	0,031*	0,716*	0,028	-0,022	-0,030	-0,025	-0,35*	-0,022	-0,33*	-0,39*	0,078	0,123
SS/AT				0,155	0,384*	-0,153	-0,29*	-0,148	0,144	-0,279	0,145	0,194	0,330*	0,258	0,333*	-0,238
AçT					-0,015	-0,270	0,173	-0,042	-0,051	0,079	-0,37*	-0,036	-0,098	0,026	-0,096	-0,103
PS						0,207	-0,52*	-0,070	-0,081	-0,104	0,212	-0,047	0,430*	0,309	0,385*	0,012
PT							0,393*	-0,196	0,205	-0,108	-0,209	-0,160	-0,196	-0,247	-0,026	-0,143
Fi								0,748*	0,648*	0,238	-0,043	-0,194	-0,32*	0,004	0,220	-0,36*
CM									0,079	0,407*	0,302	-0,097	0,251	0,413*	-0,28*	0,484*
LM										-0,58*	0,023	-0,801	0,079	0,296*	-0,44*	0,456*
Fo											0,059	0,291	0,249	-0,054	0,152	-0,244
CE												0,472*	0,169	0,135	0,219	-0,231
CI													-0,138	-0,289	0,121	-0,250
MT														0,739*	0,562*	-0,026
NFC															0,020	0,271
NFNC																-0,80*

SS- sólidos solúveis, AT- acidez titulável, AçT- açúcares totais, PS- pectina solúvel, PT- pectina total, Fi- firmeza, CM- comprimento médio, LM- largura média, Fo- formato, CE- coloração externa, CI- coloração interna, MT- massa total, NFC- número de frutos comerciais, NFNC- número de frutos não comerciais, MMF- massa média dos frutos. *significativos a 5% pelo teste de Mantel.

Os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) referem-se à concentração de genes com efeitos aditivos e efeitos epistáticos aditivos, os efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referem-se à ação de genes com efeitos não aditivos (CRUZ, et al., 2012). No desdobramento da soma dos quadrados foi constatada significância para os quatro caracteres agronômicos avaliados tanto para os efeitos da CEC quanto da CGC indicando a presença de genes com efeitos aditivos e não aditivos na determinação destes caracteres. Os coeficientes de determinação (R^2) foram estimados para CGC e CEC o que permitiu determinar quanto da variação ocorreu devido a CGC e quanto foi devido a CEC (Tabela 4). Para os caracteres MMF e NFNC observou-se predominância dos efeitos aditivos. Alguns autores comentam que quando há predomínio da CGC o desempenho das progênes pode ser predito, com base no desempenho *per se* dos genitores (BARBOSA; PINTO, 1998).

Para os caracteres massa total e número de frutos comerciais observou-se predominância de efeitos não aditivos. Segundo Cruz et al. (2012), quando a maior parte da variação for atribuída a CEC, não é confiável realizar a predição do desempenho das progênes sem avaliação dos cruzamentos. Assim, nestes casos, a obtenção de clones seria mais viável, o que permite aproveitar todos os efeitos genéticos observados no indivíduo sob seleção. Contudo, como os efeitos de CGC também foram significativos, a seleção de genitores com maiores valores de CGC pode auxiliar na seleção, pois permite selecionar genitores com maior proporção de alelos favoráveis.

Desse modo, os genitores com estimativas de CGC altas e positivas são os que mais contribuem para o aumento da expressão da característica, enquanto aqueles com valores altos e negativos contribuem com a redução de sua manifestação. Assim, os genitores com os maiores valores de CGC poderão ser incluídos em programas de melhoramento genético do morangueiro, cujo objetivo é a seleção de novas cultivares adaptadas as condições climáticas do Brasil.

As cultivares ‘Dover’, ‘Aromas’ e ‘Camarosa’ foram as únicas que proporcionaram estimativas positivas para a variável massa total (MT), com valores de 20,277; 54,598 e 66,932, respectivamente, mostrando que tendem a contribuir com aumentos na produção de frutos nos cruzamentos em que estiverem presentes. As cultivares ‘Oso Grande’, ‘Sweet Charlie’, ‘Tudla’ e ‘Festival’ por apresentarem estimativas negativas para MT tendem a contribuir para a redução da produção de frutos (Tabela 4).

Resultados semelhantes foram encontrados por Masny et. al. (2016) em estudo sobre os parâmetros genéticos, no qual foram avaliadas sete características agrônômicas de morangueiro em 13 cultivares comerciais (‘Figaro’, ‘Salsa’, ‘Palomar’, ‘Granda’, ‘Camarosa’, ‘Elianny’, ‘Aromas’, ‘Diamante’, ‘Portola’, ‘Charlotte’, ‘San Andreas’, ‘Monterey’ e ‘Albion’), em condições climáticas da Região Central da Polônia. Os autores relataram que em relação a produção comercial, as cultivares ‘Aromas’, ‘Charlotte’ e ‘Camarosa’ obtiveram valores positivos de CGC, enquanto que cinco cultivares: ‘Diamante’, ‘Monterey’, ‘Figaro’, ‘Palomar’ e ‘Elianny’ apresentaram valores negativos, o que significa que essas cultivares passaram para a sua progênie, a tendência para baixa produtividade.

Para a característica número de frutos comerciais (NFC), as estimativas da CGC mostram que as cultivares ‘Festival’, ‘Aromas’ e ‘Camarosa’ expressaram valor de CGC positivo. Esses resultados revelam que essas cultivares são indicadas para a obtenção de híbridos quando se pretendem obter frutos grandes. Para as demais cultivares utilizadas como genitoras, verificaram-se valores negativos de CGC, sendo -0,089 para ‘Oso Grande’, -9,193 para ‘Dover’, -2,223 para ‘Sweet Charlie’, e -1,053 para ‘Milsei Tudla’ (Tabela 3). Destas, a cultivar ‘Dover’, por expressar o maior valor negativo de CGC tende a ter maior contribuição para a redução do tamanho do fruto nos cruzamentos em que participar.

Em relação a massa média dos frutos, apenas as cultivares ‘Dover’ e ‘Sweet Charlie’ obtiveram valores negativos de CGC, não sendo indicadas para obtenção de híbridos que produzam frutos grandes. As demais

cultivares apresentaram valores positivos. Essa característica, juntamente com o número de frutos comerciais, apresenta grande importância, pois estão entre os principais atributos agronômicos integrados com a qualidade do fruto destinado para o consumo *in natura*.

Tabela 4 Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação para as características agronômicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.

Efeitos	Características Agronômicas			
	MT	NFC	MMF	NFNC
Aromas	54,598	4,532	0,074	2,984
Oso Grande	-87,454	-0,089	0,935	-24,701
Dover	20,277	-9,193	-1,978	38,196
Sweet Ch.	-29,447	-2,226	-0,027	0,5971
Tudla	-55,55	-1,053	0,820	-16,837
Festival	-37,270	3,682	1,550	-33,796
Camarosa	66,932	4,830	0,136	0,302
QM _{CGC}	211028,69**	1164,32**	72,55**	26534,66**
QM _{CEC}	290719,3**	713,19**	6,59**	1658,568**
R ² -CGC	0,283	0,471	0,857	0,897
R ² -CEC	0,716	0,528	0,142	0,102

MT- massa total, NFC- número de frutos comerciais, MMF- massa média dos frutos, NFNC- número de frutos não comerciais. ** Significativo a 1% pelo teste de F.

Os programas de melhoramento do morangueiro visam melhorar caracteres de produção, como também da qualidade dos frutos, pois essas características assumem grande importância na aceitação do produto pelo mercado consumidor. Para este conjunto de variáveis apenas em açúcares totais e formato de fruto não se observou significância para a CEC.

Os caracteres pH, comprimento médio, largura média e coloração externa apresentam predominância de efeitos aditivos, enquanto que nos sólidos solúveis, acidez titulável, relação SS/AT, pectina solúvel e total, firmeza dos frutos e coloração interna observou-se predominância nos efeitos não aditivos (Tabela 5).

As cultivares ‘Dover’ e ‘Sweet Charlie’ foram as únicas que proporcionaram efeito positivo para a variável SS/AT, o balanço açúcar/acidez do fruto contribui para o sabor adocicado, tornando-se um dos aspectos de qualidade mais importante.

Para a variável coloração externa, apenas as cultivares ‘Aromas’ e ‘Festival’ obtiveram efeitos positivos. Esse resultado corrobora com o obtido por Souza (2015), no qual as cultivares ‘Aromas’, ‘Dover’ e mais 38 híbridos foram semelhante entre si e apresentaram coloração vermelha mais intensa. A cor é a primeira característica observada nos morangos destinados ao consumo *in natura*, e muitas vezes, predetermina a expectativa do consumidor sobre sabor e qualidade (MOURA et al., 2012).

As cultivares ‘Aromas’ e ‘Camarosa’ apresentaram efeitos positivos para pectina solúvel, Guimarães et al. (2013) ressaltaram em seu experimento, que quanto mais alto for o teor de pectina solúvel, menos firmes serão os frutos.

Tabela 5 Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação para as características físico-químicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.

Efeito	Características físico-químicas												
	pH	SS	AT	SS/AT	AçT	OS	PT	Fi	CM	LM	Fo	CE	CI
Aromas	-0,039	-0,06	-0,017	-0,064	-0,592	1,273	13,837	0,172	-1,458	-0,900	-0,025	0,423	-0,19
Oso Gr.	0,121	0,031	0,019	-0,197	-0,986	-0,437	8,657	-0,120	1,198	1,452	-0,533	-0,25	-0,03
Dover	-0,086	0,096	0,031	0,044	0,049	-1,298	-45,331	-0,148	-2,041	-1,933	0,382	-0,15	0,298
Sweet Ch	0,016	0,591	-0,033	0,857	1,054	-5,359	14,370	0,045	-2,063	-0,878	-0,572	-0,32	-0,36
Tudla	-0,025	-0,86	-0,033	-0,695	1,025	-5,355	-29,939	-0,003	4,200	-0,118	1,321	-0,38	0,205
Festival	0,037	-0,16	0,049	-0,461	1,646	-6,600	30,717	0,033	5,423	4,271	0,427	0,205	0,265
Camarosa	0,015	-0,45	-0,024	-0,043	0,359	18,421	-9,463	-0,153	3,322	1,720	0,311	-0,12	0,401
QM _{CGC}	0,253**	4,872**	0,035*	5,997**	41,510**	2472,35**	29678**	0,537**	278,06**	149,3**	11,03**	5,34**	2,02**
QM _{CEC}	0,024**	4,070**	0,044**	8,547**	16,41 ^{NS}	3530,0**	17314*	0,306**	76,27**	74,69**	2,071 ^{NS}	1,81**	1,69**
R ² -CGC	0,848	0,395	0,301	0,276	0,579	0,276	0,498	0,488	0,665	0,521	0,744	0,616	0,394
R ² -CEC	0,151	0,60	0,698	0,723	0,420	0,723	0,50	0,511	0,334	0,478	0,255	0,383	0,605

SS- sólidos solúveis, AT- acidez titulável, AT- açúcares totais, PS- pectina solúvel, PT- pectina total, Fi- firmeza, CM- comprimento médio, LM- largura média, Fo- formato, CE- coloração externa, CI- coloração interna. *, ** Significativo a 5% e 1%, respectivamente pelo teste de F.

O efeito da CEC também pode ser interpretado como o desvio do desempenho do híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus genitores. O híbrido mais favorável deve ser aquele que apresentar maior estimativa da capacidade específica de combinação, na qual um dos genitores apresente maior capacidade geral de combinação (CRUZ et al., 2012).

Para a característica massa total (MT), os maiores efeitos para a CEC foram observados nos híbridos do cruzamento de 'Aromas' X 'Camarosa' (110,475) e 'Oso Grande' X 'Sweet Charlie' (142,825) (Tabela 6). Ressalta-se que a combinação 'Aromas' X 'Camarosa' tiveram genitores com as melhores estimativas positiva de CGC (Tabela 4). Além disso, essa combinação tem a cultivar 'Aromas', como genitora, que é conhecida por apresentar alta produtividade no campo (GECER et al., 2013). Mesmo genitores com baixa CGC podem apresentar elevados valores de CEC como 'Oso Grande' X 'Sweet Charlie'. Provavelmente, tais genitores se complementam bem, pois devem apresentar alelos favoráveis em genes diferentes, quando tais genitores se cruzaram, surgem progênies com combinações destes alelos favoráveis complementares. Embora não tenha apresentado valores de CGC positivos para MT, a cultivar 'Oso Grande' contribui com um menor percentual de frutos não comerciais (CGC = -24,701). Os híbridos obtidos de tais cruzamentos podem ser úteis para seleção clonal (CRUZ et al., 2012).

Resultados semelhantes foram encontrados por Masny et al. (2016), em estudo sobre os parâmetros genéticos, avaliaram a correlação entre características agrônômicas e de qualidade do fruto em 13 cultivares comerciais de morangueiro ('Figaro', 'Salsa', 'Palomar', 'Granda', 'Camarosa', 'Elianny', 'Aromas', 'Diamante', 'Portola', 'Charlotte', 'San Andreas', 'Monterey' e 'Albion'), em condições climáticas da Região Central da Polônia. Os autores relataram que os cruzamentos que apresentaram maior rendimento médio anual foram: 'Camarosa' e 'Aromas', 'camarosa' e 'Albion', 'Camarosa' e 'Figaro', 'Camarosa' e 'Salsa'. Os cruzamentos entre

'Diamante' e 'Elianny', 'Charlotte' e 'Granda' e 'San Andreas' e 'Granda' apresentaram o menor rendimento por parcela.

As estimativas da CEC para NFC indicam que os híbridos com maiores efeitos positivos foram 'Festival' X 'Aromas' (3,874), 'Aromas' X 'Camarosa' (5,438), 'Oso Grande' X 'Sweet Charlie' (7,189) e 'Sweet Charlie' X 'Milsei Tudla' (5,962) (Tabela 6). Os genitores 'Aromas', 'Festival' e 'Camarosa' expressaram estimativas positivas de CGC (Tabela 4), neste aspecto, a característica número de frutos comerciais é uma das mais desejadas pelos produtores e melhoristas para o mercado de frutos *in natura*. De fato, as cultivares 'Aromas', 'Festival' e 'Camarosa', apresentaram valores positivos de CGC para esta variável. Essas combinações devem ser priorizadas em programas de melhoramento do morangueiro. Quanto à característica massa média dos frutos, as melhores combinações híbridas foram encontradas nos cruzamentos 'Festival' X 'Aromas' (0,392), 'Aromas' X 'Camarosa' (0,377), 'Oso Grande' X 'Sweet Charlie' (0,670) e 'Dover' X 'Dover' (2,992). Os genitores 'Aromas', 'Oso Grande', 'Festival' e 'Camarosa' são bons combinadores gerais, com estimativas de CGC positivas, denotando que o híbrido foi melhor que o esperado com base na CGC do genitor. Segundo Masny et al. (2014), cruzamentos envolvendo o uso de genitores caracterizados por altos valores de estimativas de CGC para uma determinada característica, aumentam consideravelmente a probabilidade de obtenção de progênies híbridas com os valores desejados da determinada característica.

Em relação ao número de frutos não comerciais (NFNC), os mais altos valores estimados de CEC ocorreram para os híbridos dos cruzamentos entre 'Oso Grande' X 'Tudla', 'Aromas' X 'Dover', 'Aromas' X 'Sweet Charlie' e 'Aromas' X 'Camarosa'. Estas combinações eram esperadas, visto que os genitores que exibiram os mais elevados valores positivos para NFNC nas estimativas de CGC foram 'Dover', 'Aromas', 'Sweet Charlie' e 'Camarosa', respectivamente.

Os efeitos da CGC e CEC dos genitores são informações importantes, pois indicam o valor genético dos genitores para as características de interesse, determinando sua utilidade em programas de melhoramento, que visam a melhoria de características específicas (BESTFLEISCH et al., 2014; PLUTA et al., 2014).

Tabela 6 Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação para as características agronômicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.

Efeitos	Características Agronômicas			
	MT	NFC	MMF	NFNC
Aromas X Aromas	-628,397	-29,382	0,855	-48,278
Aromas X Oso Grande	-130,094	-5,117	-0,646	-9,738
Aromas X Dover	7,924	-0,114	-0,078	25,173
Aromas X Sweet Charlie	3,816	-3,373	0,191	20,111
Aromas X Festival	63,842	3,874	0,392	-0,556
Aromas X Camarosa	110,475	5,438	0,377	13,288
Oso Grande X Oso Grande	-190,041	-13,554	-0,234	-21,835
Oso Grande X Dover	-5,464	-0,250	-0,078	4,768
Oso Grande X Sweet Charlie	142,825	7,189	0,670	-1,932
Oso Grande X Milsei Tudla	32,458	-2,852	0,267	28,738
Dover X Dover	-153,844	5,862	2,992	-29,942
Sweet Charlie X Sweet Charlie	-417,303	-18,280	-1,048	-18,177
Sweet Charlie X Milsei Tudla	57,951	5,962	-0,054	-1,166
Sweet Charlie X Festival	-79,550	-4,475	-0,458	-3,488
Sweet Charlie X Camarosa	-354,184	-18,290	-1,536	4,654
Milsei Tudla X Milsei Tudla	-329,182	-15,293	-0,584	-27,571
Festival X Festival	-161,118	-11,890	-1,174	4,045
Camarosa X Camarosa	-263,154	-10,394	0,083	-17,942

MT- massa total, NFC- número de frutos comerciais, MMF- massa média dos frutos, NFNC- número de frutos não comerciais.

As estimativas da CEC para o cruzamento entre 'Aromas' X 'Sweet Charlie' apresentaram efeitos positivos para todas as características, exceto para açúcares totais (-0,961) firmeza dos frutos (-0,318). Esse cruzamento obteve os melhores efeitos positivos para pH, pectina solúvel, comprimento e largura média (Tabela 7).

Para a variável pectina total a maior estimativa positiva de CEC foi encontrada no cruzamento 'Dover' X 'Dover', enquanto que o cruzamento entre 'Camarosa' X 'Camarosa' obteve o maior efeito negativo. O cruzamento entre 'Oso Grande' X 'Sweet Charlie' apresentou o melhor efeito positivo para relação SS/Act.

Tabela 7 Estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação para as características físico-químicas avaliadas em sete genitores de morangueiro, Lavras 2016.

Efeitos	Características físico-químicas												
	pH	SS	AT	SS/AT	AçT	PS	PT	Fi	CM	LM	Fo	CE	CI
Aromas X Aromas	0,084	-1,086	0,0701	-1,540	1,226	-23,109	32,021	-0,119	3,326	1,516	-0,789	-0,717	0,201
Aromas X Oso Gr.	0,022	-0,407	0,056	-1,014	0,1001	-11,303	18,798	0,015	-1,133	-2,040	0,328	0,013	0,419
Aromas X Dover	-0,022	0,206	-0,0007	0,222	0,212	-6,051	-4,054	0,044	-1,230	-1,102	-0,048	-0,165	-0,067
Aromas X Sweet C.	0,101	0,133	0,025	0,023	-0,961	55,633	20,974	-0,318	7,571	6,957	0,138	0,948	0,23
Aromas X Festival	-0,014	0,077	-0,036	0,383	0,105	4,216	-37,628	0,083	0,428	2,386	-0,041	0,140	-0,297
Aromas X Camar.	0,007	-0,065	-0,036	0,315	-0,527	9,423	13,769	-0,095	1,375	0,667	-0,153	0,063	-0,093
Oso G. X Oso Gr.	-0,158	0,029	-0,054	0,685	7,544	-6,327	95,221	0,377	-2,197	0,551	0,546	-0,042	-0,079
Oso G. X Dover	0,047	-0,378	0,002	-0,372	-0,479	17,448	-4,160	-0,130	2,433	2,465	0,188	0,346	0,207
Oso G. X Sweet C.	-0,045	0,540	-0,059	1,081	-0,190	-4,878	-28,904	0,108	-1,180	-0,264	-0,503	-0,127	-0,548
Oso G. X Tudla	-0,027	0,845	0,018	0,866	-0,394	2,860	23,938	-0,142	1,063	-0,004	-0,174	-0,80	-0,219
Dover X Dover	0,088	-1,419	-0,008	-1,918	-0,458	-28,535	155,239	0,241	6,472	2,653	-0,765	0,644	-0,453
Sweet C. X Sweet C.	0,042	-0,379	0,031	-0,566	-3,018	10,236	87,894	-0,175	2,035	1,781	0,695	-0,044	0,913
Sweet C. X Tudla	0,019	-1,149	-0,061	-0,877	0,213	-6,102	-12,557	0,093	0,249	0,617	0,621	0,537	0,138
Sweet C. X Festival	0,034	-0,153	0,088	-0,818	0,538	-6,219	54,337	-0,213	-0,282	-2,975	0,149	-0,270	0,511
Sweet C. X Camar.	-0,026	-0,331	0,105	-1,355	1,369	-18,954	-26,587	0,247	-3,297	-1,366	0,517	-0,602	0,449
Tudla X Tudla	0,006	2,061	0,191	0,911	0,330	15,828	-21,584	0,056	-4,191	-2,456	-1,962	0,250	0,103
Festival X Festival	-0,060	0,142	-0,163	1,072	-4,281	-4,851	50,260	0,448	-2,587	-6,006	-0,474	0,218	-0,087
Camaro. X Camaro.	-0,014	1,780	0,123	0,275	2,220	-56,215	-85,475	0,403	-6,616	-3,914	0,286	1,042	-0,228

SS- sólidos solúveis, AT- acidez titulável, AçT- açúcares totais, PS- pectina solúvel, PT- pectina total, Fi- firmeza, CM- comprimento médio, LM- largura média, Fo- formato, CE- coloração externa, CI- coloração interna. ** Significativo a 1% pelo teste de F.

Entre os cuidados a serem tomados nas futuras avaliações de híbridos e na sequência do programa de melhoramento do morangueiro, o melhorista não deve se basear em um único caráter para selecionar os melhores híbridos promissores, pois é grande a possibilidade de erros na seleção, principalmente devido a estrutura octaplóide da cultura.

4 CONCLUSÕES

Para a maioria dos caracteres, a estimativa de herdabilidade no sentido amplo apresenta valores altos, indicando possíveis ganhos na seleção para os vários caracteres de importância econômica.

A análise da capacidade geral e específica de combinação das cultivares estudadas indica o potencial dos híbridos formados por essas cultivares.

Existem correlações genéticas fortes e favoráveis para alguns pares de características que devem ser consideradas para a construção de um índice de seleção.

REFERÊNCIAS

AOAC, **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 2012.

BARBOSA, M.H.P.; PINTO, C.A.B.P. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 149-156, 1998.

BESTFLEISCH, M. et al. A diallel crossing approach aimed on selection for ripening time and yield in breeding of new strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars. **Plant Breeding**, 2014.

BITTER, T.; MUIR, H.M.A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical biochemistry**, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1962.

CAMARGO, L.S.; PASSOS, F.A. Morango. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. v. 1, p. 411-432.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142 p.

CHANDLER, C.K. et al. **Strawberry**. In: BADENES, M.L.; BYRNE, D.H. (Ed.). **Fruit breeding**. New York: Springer, 2012. p. 305-325.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV. 2012, 514 p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P. C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético 2**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585 p.

DIAS, M.S.C. et al. Morango. In: PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M. (Ed.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 800.

DISCHE, Z. Color reactions of carbohydrates. **Methods in carbohydrate chemistry**, v. 1, p. 475-514, 1962.

FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters Record**, Aica, v. 55, p. 191-208, 1956.

FORT, S.B.; SHAW, D.V. Genetic analysis of strawberry root system traits in fumigated and non-fumigated soils II. Relationships among root system and above-ground traits of strawberry seedlings. **Journal American Society Horticultural Science**. v. 125, p. 324–329. 2000.

GALVÃO, A.G. **Hibridação, obtenção e seleção de clones de morangueiro com potencial agrônomo para cultivo em Minas Gerais**. 2014. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras. 2014.

GECER, M.K.; EYDURAN, E.; YILMAZ, H. The effect of different applications on fruit yield characteristics of strawberries cultivated under an ecological condition. **J Animal Plant Sci**, v. 23, p. 1431–1435, 2013.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, p. 463-493, 1956.

GUIMARÃES, A.G. et al. Características físico-químicas e antioxidantes de cultivares de morangueiro no Vale do Jequitinhonha. **Tecnol. & Ciên. Agropec**, v. 7, n. 2, p. 35-40, jun. 2013.

HOLLAND, J.B. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS proc MIXED. **Crop Science**, v. 46, p. 642-654, 2006.

ITO, Y. et al. Effects of Scarification with sulfuric acid and matric priming on seed germination of seed propagation type of F-1 hybrid strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 80, n. 1, p. 32-37, jan. 2011.

MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E.L.; KRAUSE, C.A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1305- 1313, 1998.

MASNY, A.; PRUSKI, K.; ZURAWICZ, E.; MADRY, W. Breeding value of selected dessert strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.) cultivars for ripening time, fruit yield and quality. **Euphytica**, v. 207, p. 225-243, 2016.

MASNY, A.; MADRY, W.; ZURAWICZ, E. Combining ability of selected dessert strawberry cultivars with different fruit ripening periods. **Acta Sci Pol Hortorum Cultus**, v. 13, p. 67-78, 2014.

MCCREADY, R. **Pectin**. Methods in Food Analysis: physical, chemical and instrumental methods of analysis, p. 575-599, 1970.

MCCREADY, R.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical chemistry**, v. 24, n. 12, p. 1986-1988, 1952.

MOURA, S.C.S.R.; TAVARES, P.E.D.; GERMER, S.P.M.; NISIDA, A.L.A.C.; ALVES, A.B.; KANAAN, A.S. Degradation kinetics of anthocyanin of traditional and low-sugar blackberry jam. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 6, 2012.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, p. 473-497, 1962.

MURTI, R.H.; KIM, H.Y.K.; YEOUNG, Y.R. Heritability of fruit quality in the progenies of day-neutral and short day hybrid strawberry cultivars. **Agrivita**, v. 34, p. 105-114, 2012.

PBMH e PIMO. Programa Brasileiro Para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Morango. **Normas de Classificação de Morango**. CEAGESP, São Paulo, 2009.

PLUTA, S.; ZURAWICZ, E.; STUDNICKI, M.; MADRY, W. Combining ability analysis for selected plant traits in gooseberry. **J Am Soc Hortic Sci** v. 139, p. 1–11, 2014.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 3, p. 182-194, 2007.

SAS INSTITUTE (2000). **SAS/STAT** user's guide. Version 8, SAS Institute, Cary.

SCOLFORO, C. Z. **caracterização físico-química, perfil sensorial e aceitação de morangos submetidos à irradiação**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, UFS. 2014.

SHAW, D.V.; LARSON, K.D. Genetic variation and response to selection for early season fruit production. In **California Strawberry Seedling** (*Fragaria x ananassa* Duch.), 2005.

SHAW, D.V. Genetic variation for objective and subjective measures of fresh fruit color in strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 116, n. 5, p. 894-898, 1991.

SHAW, D.V. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberries. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 115, p. 839-843. 1990.

SHAW, D.V. Genetic parameters and selection efficiency using part-records for production traits in strawberries. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 78, p. 560-566. 1989.

SHAW, D. V.; BRINGHURST, R. S. VOTH, V. Genetic variation for quality traits in an advanced-cycle breeding population of strawberries. **Journal American Society Horticultural Science**. v. 112, p. 669–702. 1987.

SNPC. **Serviço nacional de proteção de cultivares**. 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,976115&_dad=portal&_schema=PORTAL>. 2009. Acesso em: 15 ago. 2013.

SOUZA, D.C.de. **Caracterização físico-química de frutos híbridos de morangueiro**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras. 2015.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009, 719 p.

VILAS BOAS, E.V. de B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. Lavras: UFLA, Fundação de Apoio, Pesquisa e Extensão ao Ensino, 1999. 75 p.

WHITAKER, V.M.; OSORIO, L.F.; HASING, T. Estimation of genetic parameters for 12 fruit and vegetative traits in the University of Florida strawberry breeding population. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 137, p. 316-324, 2012.

CAPÍTULO III

Emprego de índices de seleção em híbridos experimentais de morangueiro

RESUMO

Devido a natureza octaplóide da espécie *Fragaria x ananassa* e da ampla variabilidade observada após a hibridação, a seleção com base em um ou poucos caracteres pode resultar na obtenção de genótipos desfavoráveis e até mesmo na exclusão de outros genótipos promissores, pois observa-se correlações genéticas negativas entre caracteres, conduzindo seleções ineficientes. Portanto, objetivou-se com este trabalho, verificar a eficiência de índices de seleção, para selecionar híbridos experimentais de morangueiro. Foram utilizados sete cultivares comerciais e 103 híbridos experimentais obtidos de seleções em populações provenientes do cruzamento entre as cultivares. O experimento foi conduzido em blocos aumentados, sendo avaliadas quatro características agronômicas (massa total, número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais e massa média de frutos), e sete características físico-químicas (sólidos solúveis, relação SS/AT, açúcares totais, pectina total, firmeza, coloração interna e externa). Para a seleção dos híbridos foram aplicados os seguintes índices de seleção: Mulamba e Mock (1978), Smith (1936) e Hazel (1943) e Genótipo-ideótipo, selecionando-se 20% dos genótipos avaliados no experimento. Para todos os híbridos selecionados, os três índices apresentaram um coeficiente de coincidência de aproximadamente 9%, selecionando dois híbridos experimentais (89 e 495) e o uso dos índices de seleção resultaram em maiores estimativas de ganhos de seleção. Os índices de Mulamba e Mock (1978) e Smith (1936) e Hazel (1943) demonstraram um melhor percentual de ganhos na seleção, com isso, esses índices são indicados para selecionar clones de morangueiro.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*. Melhoramento genético. Híbridos experimentais.

ABSTRACT

Due to the octaploid nature of the *Fragaria x ananassa* species and the ample observed variability after the hybridization, a selection with basis on one or more characters may result in the obtaining of unfavourable genotypes and even in the exclusion of other promising ones, since negative genetic correlations are observed on these characters, leading to inefficient selections. Therefore, the objective of this work was to verify the efficiency of selection indexes so as to select experimental strawberry hybrids for *in natura* consumption and processing. Seven commercial cultivars and 103 hybrids were used, obtained from selections from populations derived from their crossing. The experiment was conducted in augmented blocks, in which four agronomical traits were evaluated (Total mass, amount of commercial fruits, amount of noncommercial fruits and average fruit mass) and seven physicochemical traits (Soluble solids, SS/AT relation, total sugars, total pectin, vigour, internal and external coloration). For the hybrid selection the following indexes were applied: Mulamba and Mock (1978), Smith (1936) and Hazel (1943) and genotype ideotype, selecting 20% of the experiment's evaluated genotypes. For all of the selected hybrids, the three indexes have presented a coincidence coefficient of approximately 9%. The selection of two experimental hybrids (89 and 495) and the use of selection indexes have resulted in larger estimatives of selection gains. The Mulamba and Mock (1978), Smith (1936) and Hazel (1943) have demonstrated a better percentage of gains on selection, and thus are recommended for the selection of strawberry clones.

Keywords: *Fragaria x ananassa*. Genetical enhancement. Experimental hybrids.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as principais cultivares de morangueiro plantadas no Brasil são importadas, tornando os produtores de morango dependentes de material genético proveniente de outros países. Além disso, essas mudanças representam no momento mais de 40% do custo de produção, tendo em vista os altos valores pagos por elas, cerca de U\$ 200,00 o milheiro. O pequeno número de cultivares adaptadas e disponíveis aos produtores brasileiros tem sido um dos principais obstáculos ao desenvolvimento da cultura, principalmente pela não disponibilidade de cultivares produtivas, resistentes a enfermidades e adaptadas às condições climáticas das regiões produtoras (BARNECHE; BONOW, 2012).

Desta forma, fica evidente a necessidade de reestabelecer os programas nacionais de melhoramento do morangueiro, visando obter cultivares adaptadas as condições de cultivo, aprimorando uma série de características de mercado tais como aparência, sabor, aroma, textura, valor nutricional e potencial produtivo, bem como resistência a pragas e doenças.

Em geral, os atributos de qualidade observados nos morangos destinados ao consumo *in natura* são sabor, aparência, valor nutricional, firmeza, produção comercial e total. O sabor do morango é um dos aspectos mais importantes de qualidade e está condicionado pelo balanço açúcar/acidez, o que contribui para o sabor do fruto. Nas cultivares destinadas ao processamento, as principais características avaliadas são °brix, acidez, produtividade e concentração de antocianinas.

Para o melhoramento genético de plantas, a avaliação da produção é essencial, e nas espécies de hortaliças fruto, a qualidade do fruto é fundamental para aceitação do produto pelo consumidor. Nesse sentido, o uso da metodologia de índices de seleção é fundamental para conciliar a seleção simultânea de atributos de qualidade e produção de frutos em programas de melhoramento do morangueiro. Qualidade do fruto é um termo geral que pode compreender tamanho/formato, sabor e aroma (*flavor*),

coloração, dentre outras características.

Devido a natureza octaplóide e a ampla variabilidade observada no morangueiro, a seleção com base em um ou poucos caracteres pode resultar na obtenção de genótipos desfavoráveis, e até mesmo na exclusão de outros genótipos promissores, pela presença de correlações genéticas negativas entre eles. Portanto, faz-se necessário empregar metodologias que possibilitem a seleção baseada em um conjunto de variáveis que reúnam vários atributos de interesse econômico (CRUZ et al., 2014). A adoção da estratégia de índice de seleção, que foi inicialmente proposta por Smith (1936) e Hazel (1943), tem como finalidade a seleção de diversos caracteres simultaneamente, como também a de aumentar a eficiência da seleção de genótipos promissores, a fim de viabilizar a chance de êxito do programa de melhoramento.

Na literatura são encontrados vários índices de seleção, os quais podem ser utilizados no melhoramento de plantas (CRUZ et al., 2014). Esses índices são obtidos como combinações lineares das medidas de diversos caracteres, podendo ser eficientes, uma vez que permitem a avaliação de todas as informações disponíveis, atribuem diferentes pesos aos caracteres estudados e valorizam atributos julgados de maior importância pelo pesquisador, sejam eles atributos de qualidade ou de produção (FALCONER, 1981).

Várias metodologias de índices de seleção têm sido descritas, como a de Pesek e Baker (1969), Williams (1962), Smith (1936) e Hazel (1943). Todos os índices citados são classificados como índices paramétricos, pois requerem estimativas de parâmetros da população, logo, são utilizados quando os genótipos formam uma amostra aleatória. Existe o grupo dos índices não paramétricos, que não requerem estimativas de parâmetros, se enquadram nesse grupo o índice de Elston (1963), Mulamba e Mock (1978), Wricke e Weber (1986), também conhecido como índice do genótipo-ideótipo, dentre outros (LESSA et al., 2010).

Apesar da aplicabilidade dos índices de seleção ter sido demonstrada

para diversas culturas (SILVA et al., 2009; VASCONCELOS et al., 2010; NEVES et al., 2013), em morangueiro, os estudos empregando esta estratégia são escassos na literatura, visto que nesta espécie é mais comumente utilizada a seleção com base nos níveis independentes de eliminação. Dessa forma, o objetivo foi verificar a eficiência de seleção de híbridos experimentais de morangueiro, utilizando índices de seleção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos híbridos

Os genitores foram previamente selecionados entre as cultivares introduzidas e plantadas no Brasil e com base nos fenótipos favoráveis para as características de interesse agrônômico. Esses genitores foram as cultivares ‘Aromas’, ‘Camarosa’, ‘Dover’, ‘Festival Flórida’, ‘Oso Grande’, ‘Sweet Charlie’ e ‘Milsei- Tudla’.

Dentre as cultivares, apenas ‘Aromas’ é classificada como cultivar de dia neutro, sendo todas as demais cultivares de dias curtos. A hibridação foi realizada de acordo com os procedimentos recomendados pelo Instituto Agrônômico de Campinas (CAMARGO; PASSOS, 1993) e Universidade da Flórida (CHANDLER et al., 2012)

2.2 Área experimental

O experimento foi implantado em estufas, na área experimental do setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG (21° 14’ de latitude Sul e a 40° 17’ de longitude Oeste, altitude de 918, 80). O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho distroférrico típico e apresenta textura argilosa, com 33% de areia, 18% de silte e 49% de argila (EMBRAPA, 2016). O preparo do solo nas estufas foi realizado um mês antes do transplântio das mudas para os canteiros, por meio de aração, seguida de calagem e gradagem.

Os canteiros foram levantados com auxílio de rotoencateirador nas medidas de 0,20 m de altura e 1,20 m de largura. Para calagem foi utilizado 2,50 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 92%), calculado com base na análise química de solo. Os *seedlings* receberam uma *toalette* e foram transplantados para os canteiros em estufas no espaçamento de 0,30 m X 0,40 m, formando duas linhas. O sistema de irrigação adotado foi com tubos gotejadores, no

espaçamento entre gotejadores de 0,30 m, sendo utilizadas duas linhas de gotejo por canteiro, espaçadas em 0,50 m. Os canteiros foram cobertos com filme polietileno preto (*mulching*), com espessura de 30 μm . As adubações e tratamentos culturais seguiram as recomendações feitas por Dias et al. (2007) para a cultura do morangueiro. O controle de plantas daninhas foi feito manualmente, a cada 15 dias, ou de acordo com a necessidade observada no local. O controle de fitopatógenos e pragas foi realizado quinzenalmente, de acordo com a incidência dos mesmos.

O delineamento experimental foi de blocos aumentados (FEDERER, 1956), este delineamento foi escolhido devido a falta de repetições dos genótipos, pois, o objeto em estudo é a geração F_1 , com apenas uma planta por tratamento. Assim, os tratamentos comuns foram os genitores (testemunhas) e os regulares, os 103 híbridos experimentais F_1 de todos os cruzamentos onde cada cruzamento deu origem a mais de um híbrido, no qual foi arranjado em um bloco, totalizando 12 blocos.

2.3 Avaliação das características de produção

O início da colheita ocorreu em diferentes datas devido ao desenvolvimento diferenciado de cada genótipo avaliado. Foram colhidos e mensurados os frutos que apresentavam 75% de coloração vermelho-escuro (PBMH; PIMO, 2009). Os frutos colhidos foram pesados em balança analítica de precisão e classificados em não comerciais (≤ 35 mm) e comerciais (> 35 mm) de acordo com Pbmh e Pimo (2009). O final do período de produção comercial foi considerado quando a planta em avaliação produziu mais de 70% dos frutos caracterizados como não comerciais. De posse dos dados, foram calculados a massa total de frutos (MTF g planta^{-1}), número de frutos comerciais (NFC), número de frutos não comerciais (NFNC) e massa média de frutos (MMF g fruto^{-1}).

2.4 Avaliação das características físico-químicas

A coloração externa e interna foi determinada em escala de notas de acordo com escala adaptada de SNPC (2009), (1 – vermelha alaranjada; 3 – vermelha média; 5 – vermelho escuro; 7 – vermelho enegrecido) e (1 – vermelho na margem; 3 – vermelho em direção ao centro; 5 – vermelho uniforme em toda polpa), respectivamente. A firmeza foi mensurada em dois pontos equidistantes na parte central do fruto, com auxílio de penetrômetro manual com ponteira de 3 mm, marca Instrutherm, modelo PTR-300, e os resultados expressos em Newton (N).

O teor de sólidos solúveis foi determinado por leitura direta em refratômetro digital de bancada Reichert AR 200 (temperatura ambiente) e expresso em %. A relação SS/AT foi obtida pela divisão das leituras de sólidos solúveis (SS) pelos teores em porcentagem de acidez titulável (AT).

Os açúcares totais foram extraídos pelo método de Antrona (DISCHE, 1962) e a determinação foi realizada por espectrofotometria com comprimento de onda de 620 nm, utilizando curva padrão de glicose. A pectina total foi extraída com álcool etílico (95 %), segundo método adaptado por McCready e McCcoomb (1952), e determinada colorimetricamente com reação em carbazol, de acordo com metodologia descrita por Bitter e Muir (1962).

2.5 Análise estatística

A partir das características mensuradas nos sete genótipos e 103 híbridos F1`s, foi realizada a análise de variância, considerando-se todos os efeitos, exceto a média como aleatórios, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + b_j + C_k + g_i(k) + \xi_{ijk}$$

Y_{ij} = é a observação gerada para a parcela do bloco j que recebeu o tratamento (genótipo) i oriundo do cruzamento k ;

$\mu = \epsilon$ é a constante comum a todas as observações (a média geral, sob restrições do tipo "soma zero" para cada um dos demais efeitos);

$g_i(k)$ = é o efeito do genótipo (progênie ou testemunha) i , oriundo do cruzamento k ($i = 1, 2, \dots, p_k$; p_k é o número de genótipos no cruzamento k), assumido fixo e nulo se i for uma testemunha, ou aleatório com distribuição

$N(0, \sigma_{gk}^2)$ independente, se i for uma progênie relacionada ao cruzamento k ;

b_j = é o efeito do bloco j ($j = 1, 2, \dots, b$), assumido como fixo;

C_k = é o efeito fixo do cruzamento k , incluindo-se testemunha ($k = 1, 2, \dots, c, c+1, c+2, \dots, c+t$; sendo c o número de cruzamentos originando progênies e t o número de testemunhas); e

ξ_{ijk} = é o erro experimental aleatório associado à ijk -ésima parcela, assumido independente e identicamente distribuído, sob $N(0, \sigma_e^2)$.

Trata-se, portanto, de um modelo misto em que as n observações y_{ijk} , expressas pelo vetor $y_{(nx1)}$, podem ser descritas matricialmente pelo modelo linear misto geral (Henderson, 1984):

$$y = X\beta + Z\gamma + \epsilon;$$

com:

$$\epsilon \sim N(\phi, \mathbf{R});$$

$$\gamma \sim N(\phi, \mathbf{G});$$

$$E(y) = X\beta; \text{ e } \text{Var}(y) = \mathbf{V}_{(n)} = \mathbf{ZGZ}' + \mathbf{R}.$$

As análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2013). Foram estimados o coeficiente de herdabilidade, coeficiente de variação genética e as estimativas das covariâncias fenotípicas e genotípicas (CRUZ; CARNEIRO, 2006). O ganho de seleção (%) esperado nos genótipos selecionados em relação ao conjunto dos genótipos foi obtido pela seguinte expressão:

$$GS = \left\{ \frac{(X_s - X_o)h^2}{X_o} \right\} 100, \text{ em que:}$$

GS = ganho de seleção (%);

X_s = média dos genótipos selecionados;

X_o = média de todos os genótipos, e

$$h^2 = \text{herdabilidade} \rightarrow h^2 = \frac{V_g}{V_f}$$

V_g = efeito do genótipo

V_f = efeito total do fenótipo

Os índices empregados para seleção dos melhores genótipos foram: índice clássico (SMITH, 1936; HAZEL, 1943), índice baseado em soma de *ranks* (MULAMBA; MOCK, 1978) e índice do genótipo-ideótipo.

O índice clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), consiste em uma combinação linear dos vários caracteres, no qual os coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a sua correlação com o agregado genotípico que é estabelecido por uma outra combinação linear, envolvendo os valores genéticos dos caracteres, ponderados pelos seus respectivos pesos econômicos (CRUZ; REGAZZI, 2001).

O índice clássico é estabelecido pela seguinte expressão: $b = P^{-1}Ga$, em que b é o vetor de ponderação do índice; P^{-1} é referente à inversa da matriz das covariâncias genética entre os caracteres; G é a matriz das covariâncias genéticas; e a é o vetor dos pesos econômicos atribuídos aos caracteres.

O índice baseado na soma de *ranks* (MULAMBA; MOCK, 1978) hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, são somadas as ordens de cada material, referente a cada caráter, resultando no índice de seleção, como descrito a seguir: $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, sendo I o valor do índice para determinado indivíduo, r_j é a classificação (*rank*) de um indivíduo em relação à j -ésima variável e n o número de variáveis consideradas no índice. Adicionalmente, o procedimento permite que a ordem de classificação das variáveis tenha pesos diferentes, conforme especificado pelo melhorista. Assim, tem-se que $I = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_nr_n$, sendo p_j o peso econômico atribuído pelo usuário à j -ésima característica.

O índice da distância genótipo-ideótipo é fundamentado na estimação da distância dos genótipos avaliados a um ideótipo previamente definido pelo melhorista. Com base nesse índice são identificados os melhores genótipos e calculados os ganhos por seleção. A partir dos valores dentro de um intervalo de variação em torno de um ótimo (Y_{ij}) com magnitude próxima do valor ótimo (VO_j) é realizada a análise dos componentes principais, obtendo-se os autovalores e autovetores associados à matriz de correlação entre as variáveis analisadas (CRUZ, 2006). O cálculo do índice é realizado pela seguinte expressão: $IDG = \sqrt{1/n \sum Y_{ij} - VO_j^2 n_j = 1}$.

Para o índice do genótipo-ideótipo, os valores ótimos foram iguais à média para cada caráter. Para o índice de Mulamba e Mock (1978) adotou-se valor um (1) como peso econômico, com o intuito de verificar a eficiência do índice em sua essência, uma soma de postos, para Smith (1936) e Hazel (1943) foram adotados pesos que variaram de 1-3 de acordo com a importância da característica para o melhorista (Tabela 1). A intensidade de seleção aplicada para os três índices foi de 20% dos híbridos avaliados.

Tabela 1 Caracteres analisados e parâmetros utilizados para os três índices de seleção.

Variáveis	Peso econômico ¹	Peso econômico ²	Valor ótimo ³
Massa total (g planta ⁻¹)	3	1	1.023,00
Número de frutos comerciais	2	1	43,00
Número de frutos não comerciais	1	1	90,00
Massa média de frutos (g fruto ⁻¹)	1	1	7,00
Sólidos solúveis (°Brix)	1	1	7,00
Relação SS/AT	3	1	7,00
Açúcares totais (g100g ⁻¹)	2	1	6,00
Pectina total (g100g ⁻¹)	2	1	388,00
Firmeza (N)	2	1	2,00
Coloração interna	1	1	5,00
Coloração externa	2	1	4,00

¹Smith (1936) e Hazel (1943); ² Mulamba e Mock (1978); ³ Genótipo-Ideótipo

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os valores de herdabilidade, onde se observa que as variáveis massa total de frutos, número de frutos comerciais e número de frutos não comerciais, apresentaram os maiores valores, com destaque para o número de frutos não comerciais (87,68%). Os valores de herdabilidade são fundamentais em programas de melhoramento, por expressarem a confiabilidade com que os fenótipos representam os genótipos, acarretando em aumento da confiabilidade na seleção efetuada. Embora tenha apresentado alto valor de herdabilidade, o número de frutos não comerciais é uma característica indesejável do genótipo, porém, a seleção poderá ser efetiva se for considerado o número de frutos comerciais, visto que esta característica também apresentou valor alto de h^2 (85,86%).

A variável sólidos solúveis e a relação SS/AT apresentaram valores mediano de herdabilidade. A associação dessas características determina em parte o sabor do fruto, que está entre os atributos mais importantes na comercialização. O sabor é um conjunto equilibrado de diversas características, sendo de difícil mensuração, no entanto, é um atributo importante quando se deseja selecionar genótipos para o mercado de frutos *in natura*. Esses valores de h^2 mostram que é possível realizar a seleção para esta característica, porém, parte do fenótipo observado se deve à influência dos fatores ambientais. A firmeza e a pectina total apresentaram os menores valores de herdabilidade 33,96% e 32,22%, respectivamente.

Conforme observado na Tabela 3, o índice de Smith (1936) e Hazel (1946) explorou melhor as características agronômicas, de maior herdabilidade, como massa total, número de frutos comerciais e não comerciais. Os híbridos selecionados por esse índice apresentaram um incremento de 29,3% na variável massa total, 28% no número de frutos comerciais e uma redução em torno de 28% no número de frutos não comerciais, quando comparados às médias obtidas pela população original.

Para as características físico-químicas, o índice genótipo-ideótipo selecionou híbridos que aumentaram significativamente a média para o teor de pectina total (20,9%) e açúcares totais (11%) em relação a população original. Quando o objetivo da seleção é o mercado de frutos para consumo *in natura*, estas características são relevantes, pois estão relacionadas ao sabor e valor nutricional.

Tabela 2 Estimativas de herdabilidade (h^2), média de todos os genótipos (X_o) e média dos clones selecionados (X_s) para os 11 caracteres analisados, obtidos pelos índices de seleção, Lavras-MG, 2016.

Variável	h^2 (%)	Smith (1936) e Hazel (1943)		Genótipo/ideotipo		Mulamba e Mock	
		X_s	X_o	X_s	X_o	X_s	X_o
MTF	83,86	1445,83	1023,00	1049,02	1023,00	1101,87	1023,00
NFC	85,86	60,43	43,17	46,79	43,17	53,28	43,17
NFNC	87,68	125,12	90,06	80,42	90,06	63,22	90,06
MMF	75,66	7,96	7,94	8,52	7,94	9,86	7,94
SS	60,17	7,34	7,08	7,48	7,08	7,81	7,08
SS/AT	56,23	8,36	7,77	8,69	7,77	9,10	7,77
AT	0	6,00	6,36	8,04	6,36	7,48	6,36
PT	32,22	341,47	388,13	436,04	388,13	434,59	388,13
F	33,96	2,02	2,07	2,16	2,07	2,16	2,07
CI	70,22	5,55	5,47	5,88	5,47	5,95	5,47
CE	70,16	3,98	4,08	4,24	4,08	4,18	4,08

MTF- Massa Total de Frutos, NFC- Número de Frutos Comerciais, NFNC- Número de Frutos Não Comerciais, MMF- Massa Média de Frutos, SS- Sólidos Solúveis, SS/AT- Relação SS/AT, AT- Açúcares Totais, PT- Pectina Total, F- Firmeza, CI- Coloração Interna, CE- Coloração Externa.

Para os três índices utilizados no trabalho, a frequência de seleção foi de 20% dos híbridos avaliados. Os sete melhores híbridos selecionados pelo índice de Mulamba e Mock (1978) foram: 449, 443, 501, 89, 475, 495 e 214. Vale ressaltar, que o híbrido 501 obteve as maiores médias para número de frutos não comerciais (NFNC= 21,7), massa média dos frutos (MMF= 13,24g) e sólidos solúveis (SS= 9,63°Brix), enquanto que o híbrido 214 apresentou a melhor média para pectina total (PT= 692,97 g.100g⁻¹), quando comparados com todos os híbridos avaliados (Tabela 3).

Maiores percentuais de ganhos com a seleção para a maioria das características avaliadas foram observados nos híbridos selecionados pelo índice de Mulamba e Mock (1978), a exemplo da massa média de frutos (18,24%), sólidos solúveis (6,16%), redução do número de frutos não comerciais, dentre outras. Essas características são fundamentais do ponto de vista econômico, sendo necessário enfatizá-las no processo de seleção desta cultura. Em trabalho realizado por Terres et al. (2015), em estudo com três populações híbridas de batata (*Solanum tuberosum*), as estimativas de ganhos totais evidenciaram superioridade nos índices de Subandi et al. (1973) e Mulamba e Mock (1978), quando todos os caracteres analisados foram considerados como principais. Este índice também tem sido sugerido por outros autores (COSTA et al., 2004; RIBEIRO et al., 2012), como eficiente na obtenção de maiores ganhos com a seleção.

O índice de Smith (1936) e Hazel (1943) selecionou híbridos com ganhos significativos apenas para massa total (MT) e número de frutos comerciais (NFC), com destaque para os híbridos: 93, 443, 37, 4, 11 e 495. Nota-se que o híbrido 443 também foi selecionado pelo índice de Mulamba e Mock (1978), o mesmo apresentou a melhor média para número de frutos comerciais (NFC= 103,99). Destaca-se também os híbridos 93 e 11, que obtiveram a melhor média para massa total (MT= 2.042,47 gplanta⁻¹) e sólidos solúveis (SS= 9,63%), respectivamente.

Com base no índice de Smith (1936) e Hazel (1943), Amaral Júnior et al. (2010) estudando populações de milho de pipoca (*Zea mays everta*)

obtiveram ganhos preditos simultâneos para as duas principais características avaliadas (rendimento de grãos e capacidade de expansão) com todos os pesos econômicos atribuídos.

Já o índice do Genótipo-ideótipo não selecionou híbridos que representassem ganhos significativos. No entanto foi o único índice que selecionou uma cultivar comercial, 'Camarosa' (testemunha), evidenciando o potencial produtivo dos híbridos estudados. O híbrido 225 obteve a melhor média para açúcares totais ($AT= 16,07 \text{ g}100\text{g}^{-1}$), enquanto que o híbrido 65 apresentou a melhor média para firmeza ($F= 2,98\text{N}$), esse atributo tem grande importância comercial e determina a qualidade do morango e sua vida pós-colheita (AZEVEDO, 2007).

A variável açúcares totais apresentou ganho de seleção zero para todos os índices utilizados no trabalho, este fato é devido a variância genética ter sido negativa. Segundo Borém (2001) vários fatores determinam a variância genética, como exemplo pode-se citar a característica avaliada, o método de estimação, a diversidade na população, a unidade experimental considerada, e a precisão na condução do experimento e na coleta de dados. No presente estudo, a variância negativa pode ser explicada pela qualidade dos dados para esta característica, visto que o delineamento utilizado no experimento (blocos aumentados) influencia diretamente na qualidade dos dados.

Tabela 3 Híbridos selecionados e ganho de seleção (GS %) utilizando os três índices de seleção.

Método	Híbridos	Ganho de seleção esperado (%)										
		MT	NFC	NFNC	MMF	SS	SS/AT	AT	PT	F	CI	CE
Mulamba e Mock	449, 443, 501, 89, 475, 448, 427, 495, 105, 58, 46, 162, 461, 228, 35, 439, 477, 99, 423, 483, 214, 469	6,47	20,11	-26,13	18,24	6,16	9,64	0	3,86	1,45	6,15	1,59
Genótipo /Ideótipo	427, Camarosa, 495, 65, 94, 385, 1, 363, 449, 228, 17, 439, 448, 461, 475, 105, 499, 89, 188, 225, 35, 19	2,13	7,19	-9,38	5,49	3,39	6,63	0	3,98	1,41	5,33	2,69
Smith (1936) e Hazel (1943)	93, 443, 37, 4, 11, 36, 495, 89, 22, 167, 468, 31, 86, 111, 112, 263, 23, 501, 162, 423, 18, 2	34,66	34,32	34,14	0,12	2,16	4,26	0	-3,87	-0,87	1,07	-1,85

MT-massa total, NFC-número de frutos comerciais; NFNC-número de frutos não comerciais; MMF-massa média de frutos, SS-sólido solúveis; SS/AT-relação sólidos solúveis e acidez titulável; AT-açúcares totais; PT-pectina total; F-firmeza; CI-coloração interna; CE-coloração externa

Para todos os híbridos selecionados, o índice Genótipo-ideótipo apresentou coeficiente de coincidência de aproximadamente 50% em relação ao índice Mulamba e Mock (1978), mudando apenas a ordem de alguns híbridos (Figura 1).

O índice de Smith (1936) e Hazel (1943) apresentou coeficiente de coincidência de aproximadamente 27%, em relação ao índice de Mulamba e Mock (1978). Pode-se observar que o híbrido 443 foi selecionado por ambos os índices, constituindo o segundo melhor híbrido.

Somente dois híbridos (495 e 89) foram selecionados pelos três índices, havendo mudanças apenas na ordenação, portanto, o coeficiente de coincidência entre os índices é de aproximadamente 9%. Esses híbridos combinam boas médias para massa total, número de frutos comerciais e teor de pectina total.

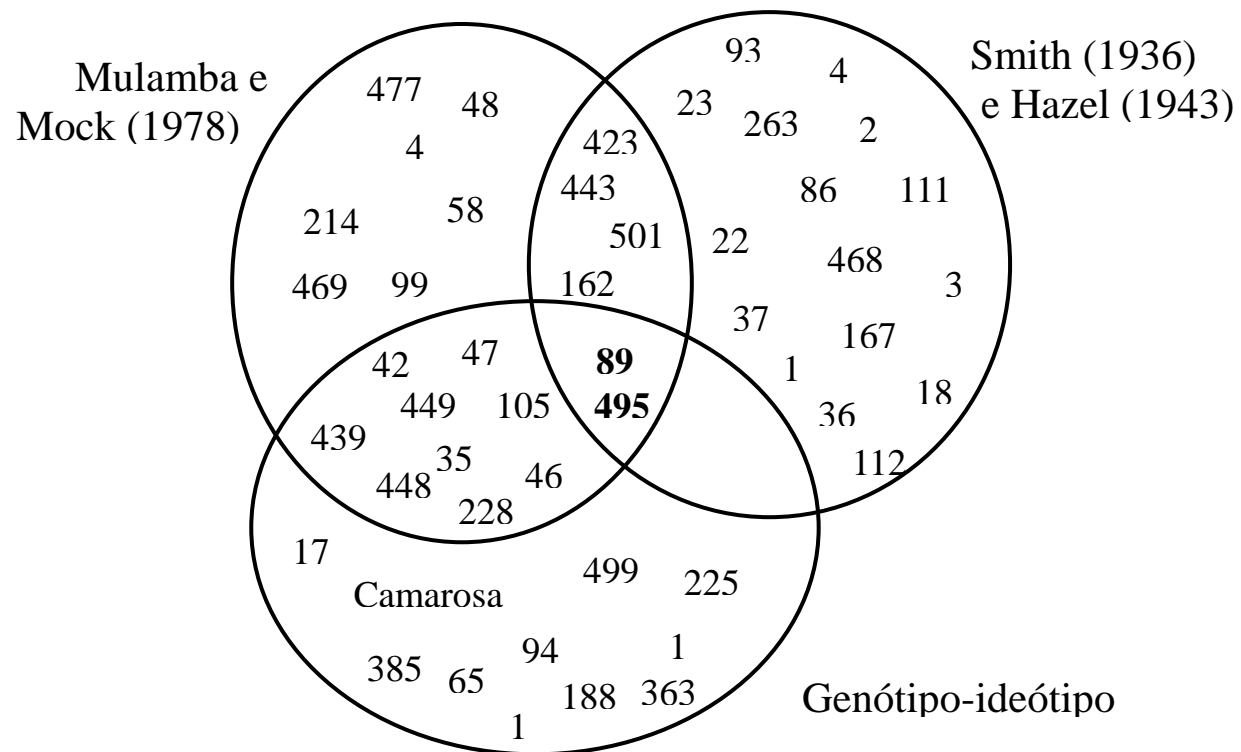


Figura 1 Híbridos selecionados utilizando os três índices de seleção, Mulamba e Mock (1978), Genótipo-ideótipo e Smith (1936) e Hazel (1943).

Considerando os dados obtidos, o uso dos índices de seleção se mostrou como uma ferramenta promissora na seleção de materiais genéticos superiores no melhoramento de plantas, visto que os híbridos selecionados, sobretudo pelo índice de Mulamba e Mock (1978), destacaram-se considerando vários atributos de importância econômica.

4 CONCLUSÕES

Os índices de Mulamba e Mock (1978) e Smith (1936) e Hazel (1943), resultam em melhores ganhos para os híbridos de morangueiro estudados, nas características consideradas.

Os híbridos 89 e 495 selecionados pelos três índices de seleção apresentam potencial produtivo, visto que eles obtiveram médias acima das cultivares comerciais (testemunhas), possibilitando o futuro lançamento de novas cultivares de morango para região.

REFERÊNCIAS

AMARAL JUNIOR, A.T. et al. Improvement of a popcorn population using selection indexes from a fourth cycle of recurrent selection program carried out in two different environments. **Genet. Mol. Res.** v. 9, p. 340-347, 2010.

AZEVEDO, S.M.C. **Estudos de taxa de respiração e de fatores de qualidade na conservação de morango fresco (*Fragaria x ananassa* Duch.). 2007.** Dissertação. (Mestrado) - Universidade Aberta, FAO, Portugal, 2007.

BARNECHE, A.C.D.O.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 21-26, maio/jun. 2012.

BITTER, T.; MUIR, H.M.A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical biochemistry**, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1962.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2001, 500 p.

CAMARGO, L.S.; PASSOS, F.A. **Morango**. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. v. 1. p. 411-432.

CHANDLER, C. K. et al. **Strawberry**. In: BADENES, M. L.; BYRNE, D. H. (Ed.). Fruit breeding. New York: Springer, 2012. p. 305-325.

COSTA, M.M. et al. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1095-1102, 2004.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2014. v. 2. 668 p.

CRUZ, C.D. GENES – a software package for analysis in experimental statistic and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, n. 35, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: Editora UFV. 2006. 382 p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 585 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, Editora UFV. 2001. 390 p.

DIAS, M. S. C. et al. **Morango**. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Ed.). 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800 p.

DISCHE, Z. Color reactions of carbohydrates. **Methods in carbohydrate chemistry**, v. 1, p. 475-514, 1962.

ELSTON, R.C. A weight free index for the purpose of ranking of selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v. 19, p. 85-87, 1963.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1981. 279 p.

FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaian Planters Record**, Aica, v. 55, p. 191-208, 1956.

HANZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indices. **Genetics**, London, v. 28, p. 476-490, 1943.

LESSA, L.S. et al. Seleção de híbridos diploides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, v. 69, p. 525-534, 2010.

MCCREADY, R. **Pectin**. Methods in Food Analysis: physical, chemical and instrumental methods of analysis, p. 575-599, 1970.

MCCREADY, R.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical chemistry**, v. 24, n. 12, p. 1986-1988, 1952.

MULAMBA, N.N; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays*) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-57, 1978.

NEVES, C. G.; JESUS, O. N. de.; LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, E. J. de. Avaliação agrônômica de parentais e híbridos de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 35, n. 1, p. 191-198, mar. 2013.

PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 49, p. 803-804, 1969.

PBMH e PIMO. **Programa Brasileiro Para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Morango**. Normas de Classificação de Morango. CEAGESP, São Paulo, 2009.

RIBEIRO, R.M. et al. Genetic progress in the UNB-2U population of popcorn under recurrent selection in Rio de Janeiro, Brazil. **Genet. Mol. Res.** v. 11, p. 1417-1423, 2012.

SILVA, G.O.; VIEIRA, J.V.; VILELA, M.S. Seleção de caracteres de cenoura cultivada em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal. **Revista Ceres**, v. 56, p. 595-601, 2009.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals Eugenics**, v. 7, p. 240-250, 1936.

SNPC. **Serviço nacional de proteção de cultivares**. 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,976115&_dad=portal&_schema=PORTAL>. 2009. Acesso em: 15 ago. 2013.

SUBANDI, W.; COMPTON, A.; EMPIG, L.T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, v. 13, p. 184-186, 1973.

TERRES, L.R.; LENZ, E.; CASTRO, C.M.; PEREIRA, A.S. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata. **Hort. Brasileira**, v. 33, p. 305-310, 2015.

VASCONCELOS, E.S. et al. Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. **Revista Ceres**, v. 57, p. 205-210, 2010.

WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, v. 18, p. 375-393, 1962.

WRICKE, G.; WEBER, E.W. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Walter de Gruyter, Berlin, 1986. 406 p.