



ALEXANDRE GONÇALVES GALVÃO

**HIBRIDAÇÃO DE MORANGUEIRO E SELEÇÃO DE CLONES
COM POTENCIAL PARA CULTIVO NO SUL DE MINAS GERAIS**

LAVRAS-MG

2014

ALEXANDRE GONÇALVES GALVÃO

**HIBRIDAÇÃO DE MORANGUEIRO E SELEÇÃO DE CLONES
COM POTENCIAL PARA CULTIVO NO SUL DE MINAS GERAIS**

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

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Galvão, Alexandre Gonçalves.

Hibridação de morangueiro e seleção de clones com potencial
para cultivo no sul de Minas Gerais / Alexandre Gonçalves Galvão.
– Lavras : UFLA, 2014.

77 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Luciane Vilela Resende.

Bibliografia.

1. *Fragaria x ananassa* Duch. 2. Dormência tegumentar. 3.
Escarificação ácida. 4. Morangueiro - Melhoramento genético. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.75

ALEXANDRE GONÇALVES GALVÃO

**HIBRIDAÇÃO DE MORANGUEIRO E SELEÇÃO DE CLONES
COM POTENCIAL PARA CULTIVO NO SUL DE MINAS GERAIS**

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 06 de março 2014.

Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua	EPAMIG
Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende	DEAGRO/UNICENTRO
Dr. Rovilson José de Souza	DAG/UFLA
Dr. Wilson Roberto Maluf	DAG/UFLA

Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

LAVRAS - MG
2014

Aos meus pais, Rubens e Sonia, as minhas irmãs, Geresa e Pricila, minha sobrinha Andrielly, meu cunhado Jeferson e em especial a minha amada noiva Calíope que sempre me incentivaram e apoiaram fazendo acreditar que tudo isso seria possível, sem vocês eu não teria chegado até aqui.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom maior da vida, por todas as oportunidades oferecidas e pela proteção em meus caminhos;

À Profa. Dra. Luciane Vilela Resende, que além de orientadora foi também uma amiga que vou levar em meu coração por onde for. Orientadora que me deu um voto de confiança, autonomia e suporte e que acima de tudo, acreditou que seríamos capazes de realizar esse trabalho tão desafiador;

Aos Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende e Prof. Dr. Marcos Ventura Faria, que acreditaram no meu potencial e que me acolheram como orientado em meus primeiros passos na Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, passos fundamentais para chegar até aqui;

A toda família Vilela de Resende que me acolheu e que me recebeu em várias confraternizações e bons momentos como um amigo;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade, pela estrutura para realização do doutorado e pelos funcionários que me auxiliaram;

À equipe de funcionários do setor de Olericultura e do setor de Sementes da UFLA, os quais sempre estiveram ao meu lado nas dificuldades enfrentadas e que me prestaram apoio profissional e pessoal;

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

Aos membros da banca examinadora Profa. Dra. Luciane Vilela Resende, Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua, Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende, Prof. Dr. Rovilson José de Souza e Prof. Dr. Wilson Roberto Maulf, pelas valiosas contribuições.

Aos amigos e funcionários da Hortiagro Sementes por toda ajuda e momentos vívidos ao longo do estudo;

A todos os professores e funcionários do Departamento de Agricultura que inúmeras vezes foram cruciais para que chegássemos ao resultado final;

A Marli, secretária da pós-graduação em fitotecnia, pela paciência e companheirismo, sendo o elo de ligação entre os estudantes e a burocracia.

Aos amigos e companheiros de todas as horas: Josué, Hugo, Morales, Clério, Romulo, Celso, Gisele, Lauro, Heloísa, Franciele, Nara, Isadora, Aline, Marcelo, Kim, Lucas, Marquinhos, Luís Felipe, André, Breno e Camila, por todos os momentos de estudo, trocas de experiência, confraternizações e por todo apoio, pois afinal, não só de estudo, pesquisa e ciência é que se faz um bom doutorado;

Gostaria de agradecer a todos que de alguma maneira ou de outra participaram dessa árdua caminhada, pessoas que foram muito importantes para que essa fase da minha vida se realizasse da melhor maneira possível.

RESUMO

Os maiores avanços do melhoramento do morangueiro foram alcançados nos últimos 50 anos entre programas de inúmeras instituições públicas e privadas. Entretanto, no Brasil, os programas de melhoramento do morangueiro se estagnaram nas últimas décadas. Esta situação indica que a evolução da cultura no país ainda é dependente do material importado. Outro gargalo no melhoramento do morangueiro é a superação da dormência dos aquênios, os quais apresentam dormência tegumentar e germinação natural de 10 a 20%. Por isso, testar metodologias que superem a dormência e evitem a seleção inconsciente de genótipos, é de suma importância. Diante do exposto, os objetivos com este estudo foram: 1) testar metodologias para superação da dormência de aquênios do morangueiro e 2) obter e selecionar plantas F₁, que apresentem potencial produtivo superior às cultivares mais plantadas na atualidade. A escarificação com H₂SO₄ (98 %) durante 40 min aumenta a germinação de aquênios do morangueiro e pode ser utilizada como técnica para superação da dormência. Os cruzamentos entre as cultivares Camarosa x Aromas resulta em híbridos de alta produtividade e maior massa de frutos comerciais, Dover x Aromas resulta em híbridos de alta produtividade e elevada massa de frutos não comerciais, Oso Grande x Sweet Charlie resulta em híbridos com frutos de maior massa média. Os híbridos MCA12-93, MFA12-443 e MCA12-89 possuem elevado potencial produtivo e sugere-se utiliza-los como genitores em novos cruzamentos em programas de melhoramento genético do morangueiro.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch.. Dormência tegumentar. Escarificação ácida. Melhoramento do morangueiro.

ABSTRACT

The greatest progresses in strawberry breeding were achieved in the last 50 years between public and private institutions. However, the strawberry breeding has stalled in the last decades in Brazil. This indicates that the Brazil strawberry development is still dependent of imported material. Overcoming strawberry achene dormancy is another strawberry breeding issue, because achenes have tegumentary dormancy and natural germination between 10 to 20 %. Thus, methods testing to overcome the dormancy and to avoid genotype unconscious selection has great value. In view of the above stated, the aim of this study were: 1) methods testing to overcome strawberry achene dormancy and 2) get and select F₁ plants more productive in comparison to the current most widely grown cultivars. Scarification with H₂SO₄ (98 %) for 40 min increases strawberry achene germination to 80 % and can be used as a technique to overcome dormancy. The crosses-breeding, Camarosa x Aromas results in hybrids with high yield and high marketable fruits, Dover x Aromas results in hybrids with high yield and high non-marketable fruits, Oso Grande x Sweet Charlie results in hybrids with high fruit average mass. MCA12-93, MFA12-443 and MCA12-89 hybrids have high yield potential and it is suggested to use these ones as parentals in new crosses-breeding in strawberry breeding programs.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch.. Tegumentary dormancy. Acid scarification. Strawberry breeding.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO I.....	1
1	INTRODUÇÃO GERAL	2
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1	Morangueiro: Origem e evolução.....	5
2.2	Variabilidade genética disponível para o melhoramento genético do morangueiro	6
2.3	Características e genealogia de cultivares do morangueiro.....	8
2.3.1	Cultivar Aromas	9
2.3.2	Cultivar Camarosa.....	9
2.3.3	Cultivar Dover	11
2.3.4	Cultivar Festival.....	12
2.3.5	Cultivar Oso Grande.....	12
2.3.6	Cultivar Sweet Charlie	13
2.3.7	Cultivar Tudla.....	14
2.4	Principais objetivos de um programa de melhoramento genético	15
2.5	Métodos de melhoramento genético do morangueiro.	16
2.6	Técnicas de cruzamento	17
2.7	Herança e avaliação de genótipos em relação às principais características de produção	19
2.8	Heterose	22
2.9	Melhoramento genético do morangueiro no Brasil.....	24
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	25
	REFERÊNCIAS.....	27
	CAPÍTULO II - Overcoming strawberry achene dormancy for improved seedling production in breeding programs.....	33
1.	INTRODUCTION	36
2.	MATERIAL AND METHODS	38
3.	RESULTS AND DISCUSSION	40
4.	CONCLUSIONS	46
	REFERENCES.....	47
	CAPÍTULO III - Hibridação de morangueiro e seleção de clones com potencial para cultivo no Sul de Minas Gerais.....	49
1	INTRODUÇÃO.....	50
2	MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1	Genitores e obtenção dos Híbridos Experimentais F₁ (Seedlings)	51
2.2	Transplântio dos Seedlings	54
2.3	Avaliações das características de produção	56

2.4	Análise dos resultados	56
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4	CONCLUSÕES	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERÊNCIAS	75

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

No grupo das pequenas frutas, o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch, $2n = 8x = 56$) é considerado a cultura mais difundida no mundo, e seu cultivo é possível em todos os países de clima temperado a tropical. Os frutos do morangueiro são extremamente valorizados, devido às características de aroma, aparência e sabor. Possuem baixo valor calórico, alto teor de fibras, ácido fólico, vitamina C e muitos outros antioxidantes (SJULIN, 2007).

A produção mundial de morangos situa-se em torno de 4,5 milhões de toneladas e está concentrada no continente Europeu e Americano, totalizando 74% da produção, sendo o restante distribuído entre a Ásia 16%, África 9% e Oceania 1% (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2013). Com mais de um milhão de toneladas de frutos por ano, os Estados Unidos é o maior produtor mundial. O Brasil ainda não se configura entre os grandes produtores mundiais, no entanto, com 24 t ha^{-1} é o quarto país em produtividade e representa 105.000 toneladas anuais. Cabe destaque para a produção nos estados de Minas Gerais (33%), São Paulo (31%), Rio Grande do Sul (16%) e Paraná (9%) (ANUÁRIO..., 2008).

A elevada demanda por frutos do morangueiro na última década representou um dos maiores aumentos na taxa de consumo entre as pequenas frutas (FAO, 2013). Seguindo essa tendência, espera-se aumento contínuo da produção, preço de venda e consumo de morango nos próximos anos (QIN, et al., 2008). O aumento em número e renda da população são dois fatores importantes que justificam a demanda crescente por morangos. Nesse sentido, os programas de melhoramento do morangueiro alcançaram grande importância econômica. Houve também, intensificação das pesquisas para obtenção de cultivares mais produtivas e de melhor qualidade e, conseqüentemente, ganhos com o pagamento de *royalties* pelas cultivares desenvolvidas.

Existem mais de 40 programas de melhoramento do morangueiro ativos pelo mundo, sendo que é relatada 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 estagnaram nas últimas décadas. Dessa forma, as principais cultivares de morangueiro plantadas são importadas dos Estados Unidos, Espanha, entre outros. Esta situação indica que a evolução da cultura no país ainda é dependente de cultivares importadas, não adaptadas, portanto pouco produtivas e vulneráveis a fatores bióticos e abióticos (BARNECHE; BONOW, 2012), das regiões produtoras.

A exemplo disso, podemos destacar a suscetibilidade das cultivares introduzidas à mancha de micosferela (*Mycosphaerella fragariae* Tul.), mofo cinzento (*Botrytis cinerea* Pers e Fr.) antracnose (*Colletotrichum acutatum* Duch.), entre outras doenças, que hoje são responsáveis por perdas significativas na produção. Além desses fatores, o custo de produção da cultura torna-se mais elevado, haja vista que os produtores pagam indiretamente *royalties* por utilizar tais cultivares. Desta forma, fica evidente que o Brasil, necessita reestabelecer os programas de melhoramento de morangueiro, pois, diferentemente do que acontece no exterior, o país não possui nenhum programa oficialmente ativo.

Cruzamentos de genitores selecionados, colheita e germinação de sementes híbridas e condução das plantas híbridas são passos básicos em qualquer programa de melhoramento, entretanto, no caso do morangueiro a dificuldade já se inicia com a germinação, sendo que, sem a aplicação de tratamentos, são obtidos resultados abaixo de 50% de germinação, devido à dormência tegumentar presente nos aquênios, o que acarreta em perda de genótipos. Por isso, testar metodologias que superem a dormência é de grande interesse.

Como forma de diminuir a dependência da importação de cultivares, objetivou-se com este trabalho obter e selecionar plantas F₁ (Híbridos), que apresentem potencial produtivo superior às cultivares mais plantadas na

atualidade, bem como testar metodologias que superem a dormência dos aquênios e evitem a seleção inconsciente de genótipos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Morangueiro: Origem e evolução

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é um híbrido natural que surgiu há aproximadamente 250 anos. É proveniente do cruzamento entre as espécies *F. chiloensis* (L.) Mill. e *F. virginiana* Mill., oriundas do Chile e América do Norte, respectivamente (DARROW, 1966). A hibridação combinou características das duas espécies, incluindo maior tamanho e firmeza de frutos provenientes da *F. chiloensis* L. com coloração vermelho escuro e frutos mais aromáticos da *F. virginiana* M. (STEGMEIR et al., 2010).

Pertencente à família Rosaceae, o gênero *Fragaria* possui 20 espécies descritas, as quais estão distribuídas em cinco grupos distintos, cuja diferença se dá no nível de ploidia, sendo doze diploides, duas tetraploides, uma pentaploide, uma hextaploide e quatro octaploides ($2n = 8x = 56$), incluindo neste último grupo a espécie cultivada (*Fragaria x ananassa* Duch) (HANCOCK; SJULIN; LOBOS, 2008). Contudo, estudos recentes relatam a *F. iturupensis* como decaploide (ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009).

As doze espécies diploides estão presentes na Europa e na Ásia, principalmente no Himalaia, China e Japão. Já as espécies octaploides são encontradas, principalmente, nas Américas. *Fragaria virginiana* Mill está presente na maioria do território da América do Norte. *Fragaria chiloensis* (L.) possui ampla área de adaptação, porém, restrita ao habitat costeiro, que se estende desde a costa ocidental da América do Norte, América do Sul e Havaí (HANCOCK; SJULIN; LOBOS, 2008).

A evolução histórica dos octaploides ainda não está bem elucidada. Foram propostas três fórmulas genômicas, AABBBBCC 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) baseado em observações citológicas (BYRNE; JELENKOVIC, 1976) e segregação dissômica isoenzimática (ARULSEKAR; BRINGHURST, 1981).

Clássicos estudos citológicos e genéticos têm demonstrado que o genoma estaria altamente diploidizado, mostrando herança dissômica, com formação de bivalentes na meiose (BRINGHURST, 1990). Se por um lado alguns trabalhos de mapeamento genético verificaram que o comportamento meiótico do genoma de *F. x ananassa* não seria nem completamente dissômico nem totalmente polissômico (LERCETEAU-KOHLER et al., 2003), por outro lado existem trabalhos recentes que comprovaram a herança dissômica (ASHELEY et al., 2003; ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009). No entanto, ultimamente a composição do genoma continua sendo debatida, pois, o tipo de comportamento meiótico (poli ou dissômico) ainda não está bem elucidado (ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009).

2.2 Variabilidade genética disponível para o melhoramento genético do morangueiro

Thomas A. Knight iniciou na Inglaterra os primeiros trabalhos de melhoramento do morangueiro em 1817 utilizando um pequeno número de clones nativos e cultivados. Por volta da metade do século XIX, a América do Norte começou a realizar trabalhos de melhoramento com um grupo restrito de cultivares de *F. x ananassa* provenientes da Europa, genótipos de *F. chiloensis* da América do Sul e *F. virginiana* da América do Norte. A partir do germoplasma desses programas foi realizado o desenvolvimento de novas cultivares para os anos subsequentes (HANCOCK et al., 2010). Presume-se que as cultivares de morangueiro estão sendo desenvolvidas a partir de uma base genética muito estreita. Este fato tem estimulado a procura, coleta e avaliação de germoplasma silvestre para o resgate e a ampliação da variabilidade genética (GALLETTA; MAAS, 1990). Com isso, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos com intuito de “reconstruir”

cultivares a partir da coleta e seleção de germoplasma octaploide silvestre para posterior hibridação entre os acessos e *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 e outras características de interesse (CHANDLER et al., 2012). Desta forma, provavelmente, aumentaria a base genética da *F. x ananassa* com a introdução de uma diversidade de genes.

No entanto, vale ressaltar que além do tempo necessário para recuperação das características da qualidade e produção já obtidas nos materiais comerciais, há risco da introdução de alelos desfavoráveis, além disso, segundo Luby et al. (2008) e Hancock et al. (2010) entre os bancos de germoplasma público e privado ainda existe diversidade genética para características de interesse agrônomo.

A maior parte dos programas de melhoramento atribui extrema importância ao conhecimento das informações genéticas do germoplasma disponível, as quais são obtidas por meio de estudos da divergência genética baseadas em caracteres morfoagronômicos e/ou marcadores moleculares (MORALES et al., 2011; NUNES et al., 2013). Com essas informações, os melhoristas podem definir as melhores estratégias de utilização do germoplasma para seleção de progênies com novas combinações alélicas, genótipos divergentes e, conseqüentemente, novos fenótipos que demonstrem melhor desempenho para adaptação frente aos estresses bióticos e abióticos (ZORILLA-FONTANESI et al., 2011). Em estudo da divergência genética de 11 cultivares por meio de caracteres morfoagronômicos, Morales et al. (2011) relataram que os cruzamentos Dover x Oso Grande (24%), Dover x Tudla (24%), Dover x Sweet Charlie (24%), Dover x Camarosa (29%) e Tudla x Oso Grande (33%) apresentaram baixa similaridade, entretanto, estes resultados não correlacionaram com a genealogia das cultivares. Contudo, estes cruzamentos possuem potencial para obtenção de progênies superiores. Em adição, os mesmos autores citaram que a cultivar Tudla

possui menor similaridade entre todas as outras espécies do estudo e foi recomendada para utilização visando aumento da base genética em programas de melhoramento. Trabalhando com marcadores ISSR, Nunes et al. (2013) realizaram estudo da divergência genética de seis populações entre as cultivares Camino Real, Dover, Oso Grande, Sweet Charlie e Toyonoka e concluíram que as progênies do cruzamento Dover x Oso Grande foram as com menor similaridade. Sendo assim, cabe ao melhorista analisar os acessos disponíveis dentro do germoplasma e traçar a melhor estratégia possível para obtenção de genótipo superiores.

Oficialmente existem mais de 40 programas de melhoramento do morangueiro em atividade, os quais estão concentrados na América do Norte e na Europa. Entretanto, também existem programas na Ásia, Austrália e América do Sul. Cada programa possui o próprio banco de germoplasma, mas as maiores coleções de germoplasma de morangueiro se encontram armazenadas em USDA 'National Clonal Germoplasm Repository' (NCGR Corvallis-Oregon, EUA), 'The Canadian National Clonal Genebank' (Harrow-Ontário, Canadá), 'Fruit Genebank-Institute of Fruit Breeding in Dresden' (Alemanha) (CHANDLER et al., 2012).

2.3 Características e genealogia de cultivares do morangueiro

Quando se deseja obter alto efeito heterótico nas populações segregantes é indicado incluir genitores que sejam divergentes geneticamente (RIOS, 2007). Assim, na escolha de genitores e no planejamento dos cruzamentos é de fundamental importância conhecer os principais caracteres do morangueiro.

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. 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.

2.3.1 Cultivar Aromas

Desenvolvida na Universidade da Califórnia (EUA), foi inicialmente designada como ‘CN209’, sendo resultado do cruzamento realizado em 1991 entre os clones ‘Cal. 87.112-6’ e ‘Cal. 88.270-1’ (Tabela 1) (FAEDI et al., 2009). Caracteriza-se 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-escura, 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, reflorescimento média, fruto primário grande de formato cuneiforme, com inserção no cálice saliente, epiderme medianamente resistente, de coloração vermelho-negro e brilho médio, cálice de tamanho médio e de fácil remoção, sépalas de tamanho médio, aquênios de tamanho intermediário, número mediano e salientes na epiderme, polpa vermelha e firme, cavidade interna do fruto de tamanho médio, teores medianos de açúcares, acidez e *flavor*, com qualidade organoléptica mediana e de colheita tardia (SHAW, 1998).

2.3.2 Cultivar Camarosa

Desenvolvida na Universidade da Califórnia (EUA), foi inicialmente designada como ‘Cal. 88.24-603’, resultado do cruzamento realizado em 1988 entre a cultivar Douglas e o clone ‘Cal. 85.218-605’ (Figura 1) (FAEDI et al., 2009). Caracteriza-se 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-forte 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, reflorescimento 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 às doenças, é suscetível à mancha de micosferela (*Mycosphaerella fragariae*), à antracnose (*Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum acutatum*) e ao mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) (SANTOS, 2009).

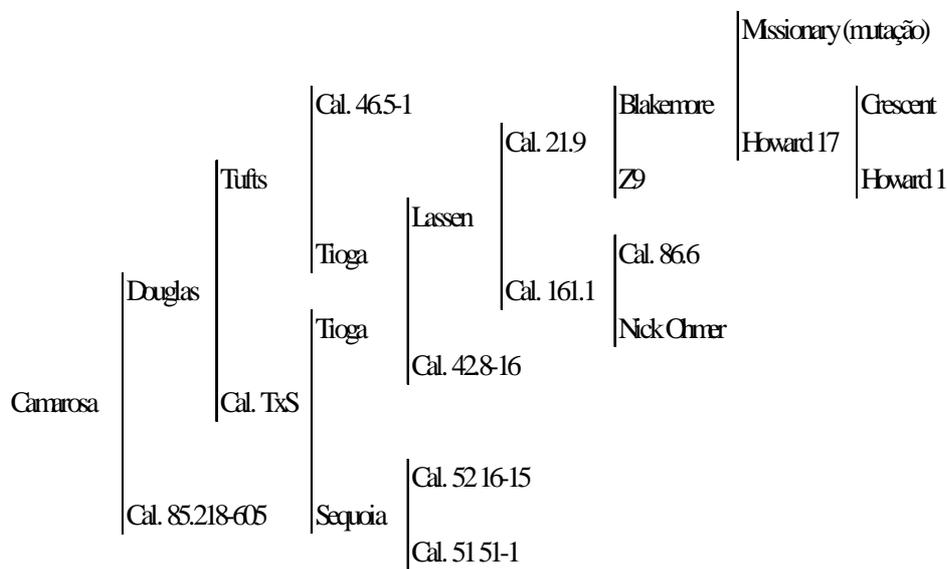


Figura 1. Genealogia parcial da cultivar de morangueiro Camarosa

2.3.3 Cultivar 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 Flórida Belle e o clone ‘Fla. 71-189’ (Figura 2) (HOWARD; ALBERGTS, 1980). 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, frutos de pouco sabor, 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; ALBERGTS, 1980; SANTOS 2009).

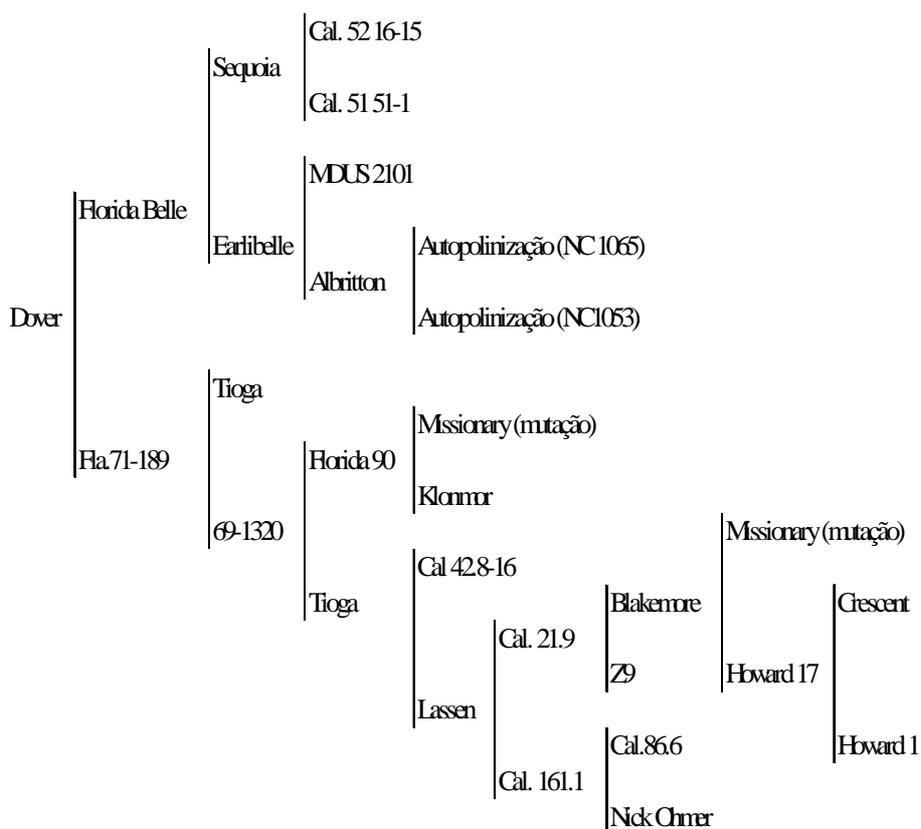


Figura 2. Genealogia parcial da cultivar de morangueiro Dover.

2.3.4 Cultivar 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, cálice largo. Os frutos são inseridos próximos à coroa, possuem textura firme e sabor moderadamente ácido, formato cônico com coloração externa vermelha escura e interna vermelha brilhante e são extremamente resistentes à chuva. O peso médio de frutos (<20 g) é similar aos da cultivar ‘Sweet Charlie’. A cultivar Festival é suscetível à antracnose (*Colletotrichum acutatum* Simmonds e *Colletotrichum gloeosporoides* Penz.), e mancha angular (*Xanthomonas fragariae* Kennedy & King). Considerada menos suscetível à botrytis (*Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr.) em relação à ‘Sweet Charlie’ e menos suscetível à 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).

2.3.5 Cultivar Oso Grande

Desenvolvida na Universidade da Califórnia (EUA), foi inicialmente designada como ‘Cal. 81.43-603’, resultado do cruzamento realizado em 1981 entre a cultivar Parker e o clone ‘Cal. 77.3-603’ (Figura 3) (FAEDI et al., 2009). Caracteriza-se como cultivar de dias curtos, 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, reflorescimento 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-esbranquiçada 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 e nem tardia (VOTH; BRINGHURST, 1989). É sensível a fungos de solo, tolerante ao mofo cinzento (*B. cinerea*), suscetível à mancha de micoserela (*M. fragariae*) e à antracnose (*C. fragariae* e *C. acutatum*) (SANTOS, 2009).

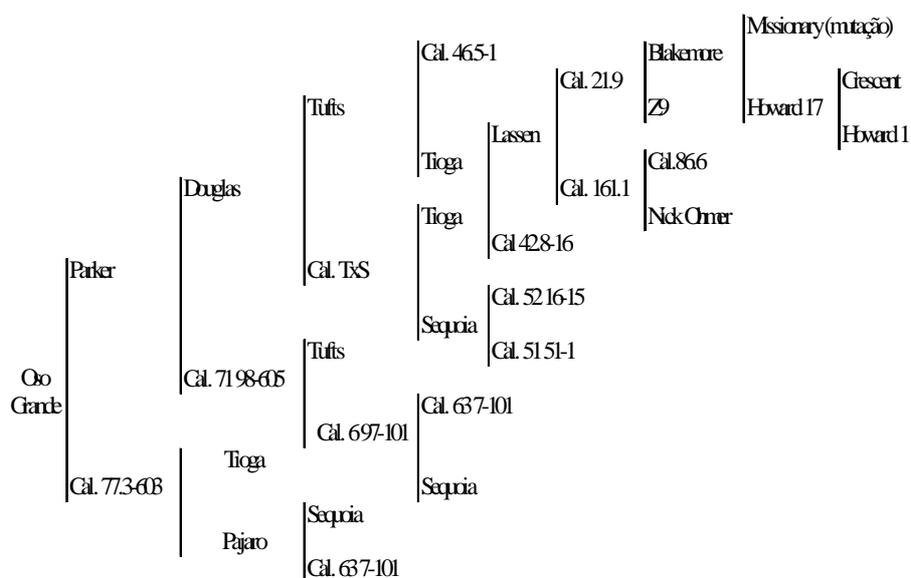


Figura 3. Genealogia parcial da cultivar de morangueiro Oso Grande.

2.3.6 Cultivar Sweet Charlie

Desenvolvida na Universidade da Flórida (EUA), foi inicialmente designada como ‘FL 85-4925’, resultado do cruzamento realizado em 1992 entre a cultivar Pajaró 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 médio, fruto primário médio de formato quase cilíndrico e incluso no cálice, epiderme medianamente resistente com coloração vermelha-escuro e brilho muito forte, cálice de tamanho médio e de fácil remoção, sépalos 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).

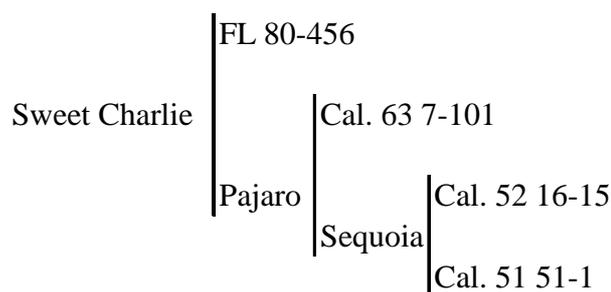


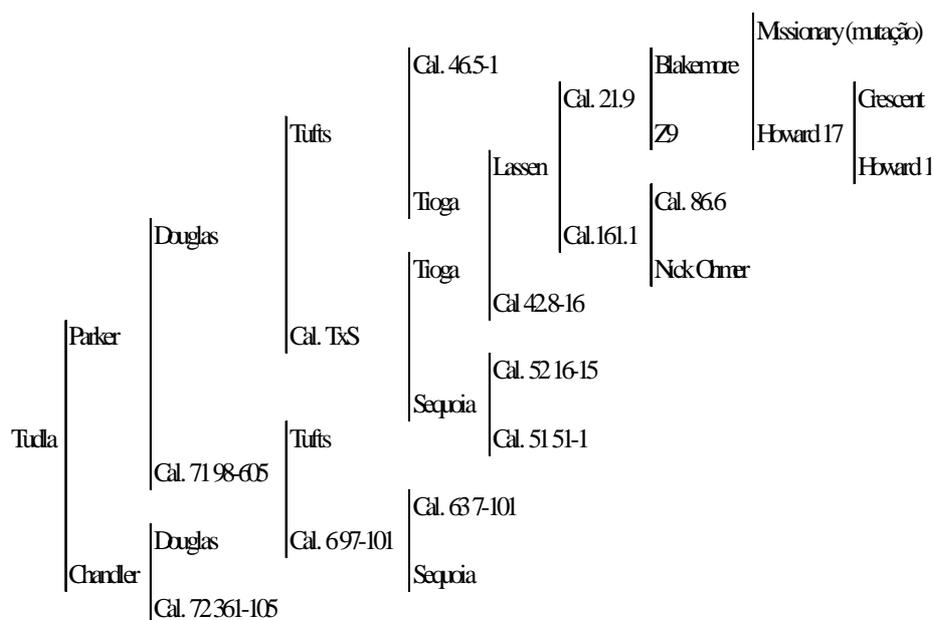
Figura 4. Genealogia parcial da cultivar de morangueiro Sweet Charlie.

2.3.7 Cultivar Tudla

Cultivar desenvolvida na Espanha por meio do cruzamento realizado em 1992 entre as cultivares Parker e Chandler (Figura 5). Caracteriza-se como cultivar de dias curtos, vigor médio-forte e densidade foliar média, formato do recorte da folha arredondado, folha de tamanho médio, cor da superfície adaxial verde-clara, 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, reflorescimento média, fruto primário grande de formato quase cilíndrico e com inserção no cálice saliente, epiderme sem resistência com 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 organoléptica e de colheita precoce (FAEDI et al., 2009). Tolerante ao mofo cinzento (*B. cinerea*) e suscetível à mancha de micoserela (*M. fragariae*) e à antracnose (*C. fragariae* e *C. acutatum*) (SANTOS, 2009).

Figura 5. Genealogia parcial da cultivar de morangueiro Tudla.



2.4 Principais objetivos de um programa de melhoramento genético

Determinar quais são as características mais importantes no desenvolvimento de novas cultivares é o primeiro desafio de um melhorista. O consumidor de morangos faz a sua escolha baseado no aspecto visual, que inclui principalmente características de qualidade (LUBY; SHAW, 2009),

como por exemplo, firmeza e resistência da polpa, coloração, *flavor*, textura, aroma, valor nutricional e propriedades antioxidantes (QIN et al., 2008). Por isso, a nova cultivar a ser desenvolvida por qualquer programa de melhoramento deve levar em consideração, não somente a produtividade, mas também a precocidade, qualidade do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005) e tolerância às principais pragas, doenças e apodrecimentos durante a pré e pós-colheita (LUBY; SHAW, 2009). Estas características poderão satisfazer as exigências atuais do mercado sendo ofertadas durante o ano inteiro com adequada conservação pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.5 Métodos de melhoramento genético do morangueiro.

O melhoramento do morangueiro tem se tornado uma área de importância substancial, devido aos *royalties* pagos aos melhoristas pela proteção de cultivares (GIL-ARIZA et al., 2009), haja vista a grande dificuldade na obtenção destas.

O intercruzamento entre clones ou cultivares é o método predominante nos trabalhos de melhoramento do morangueiro. Este método foi descrito por Simmonds (1979). Consiste no intercruzamento de genótipos heterozigotos, seleção de híbridos F_1 e nas subseqüentes gerações vegetativas. No primeiro estágio do programa, os melhorista, após obtenção das plantas híbridas F_1 , plantam milhares de genótipos, onde cada genótipo é representado por 1 ou 2 plantas (planta proveniente de *seedling* ou de estolões da planta mãe). No segundo estágio, centenas de genótipos, são avaliados em 1 ou 2 parcelas compostas por 10 plantas de cada genótipo. Por fim, dezenas de plantas são avaliadas no terceiro estágio, onde cada genótipo é representado por 40 plantas divididas em várias parcelas. A escolha final dos genótipos superiores é baseada nos resultados de avaliações por várias épocas em diferentes locais (CHANDLER et al., 2012).

Por se tratar de uma espécie que permite a reprodução assexuada (clonal), toda variância genética pode ser explorada, seja aditiva, dominante ou epistática (SOUZA JÚNIOR, 1995). Entretanto, também existe a possibilidade de autofecundar cultivares por duas ou três gerações, neste caso se recomenda o cruzamento de progênies de melhor qualidade, a fim de restabelecer o vigor e a produtividade, explorando a capacidade específica de combinação. Apesar de muitas vezes tais híbridos não serem melhores do que aqueles obtidos pelo cruzamento entre cultivares, o método pode ser útil (CAMARGO; PASSOS, 1993), pois cultivares com algum grau de endogamia tem sido utilizadas com sucesso.

2.6 Técnicas de cruzamento

As técnicas de cruzamento variam entre instituições. Entretanto, a seguir, serão descritos os principais procedimentos utilizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (CAMARGO; PASSOS, 1993) e Universidade da Flórida (CHANDLER et al., 2012).

A estrutura floral do morangueiro não oferece dificuldade à hibridação, por isso, o cruzamento pode ser facilmente realizado no campo ou em estufa. Na parte da manhã, as flores abertas são coletadas do campo e depositadas em um saco de papel. Se não houver pólen suficiente nestas flores, os sacos devem ser colocados sob a ação de uma lâmpada incandescente com o objetivo de fornecer calor para que ocorra a deiscência da antera. As flores com pólen são conduzidas sobre os pistilos de outra flor previamente emasculada, de modo que os estames toquem levemente nos estigmas. Deve-se girar cuidadosamente a flor com os estames sobre a flor pistilada. Normalmente, uma flor deiscente é coletada para cada flor a ser polinizada.

Na emasculação, pode ser utilizada pinça ou até mesmo a unha do dedo polegar para cortar e retirar, em uma só operação, os estames, o cálice e a corola. Isso deve ser feito com o máximo cuidado para não ferir o pistilo.

Depois de polinizada, a flor deve ser marcada, com uma etiqueta ou fio de lã com diferentes cores para cada cruzamento a ser gerado e protegida com um saco de papel, o qual deve ser retirado dez dias após a polinização. Os morangos devem ser colhidos bem maduros. Os frutos colhidos de um mesmo cruzamento são misturados e colocados em um jarro de liquidificador próprio para extração de sementes. Completa-se um quarto do jarro com água para então ligá-lo por 10-15 segundos em três vezes. Após alguns segundos, a polpa irá para parte superior do jarro e as sementes viáveis irão para parte inferior. A polpa e a água são descartadas e as sementes viáveis permanecem no fundo do jarro. Com o auxílio de uma peneira, as sementes viáveis são retiradas, lavadas e colocadas para secar em papel. Quando estiverem secas, devem ser colocadas em um recipiente esterilizado e por fim armazenadas em câmara fria sob 4 °C.

Os aquênios, que são consideradas as sementes do morangueiro, possuem dormência tegumentar ocasionada pela impermeabilidade de água na testa e no pericarpo (MILLER et al., 1992). Além disso, o espesso pericarpo do aquênio do morangueiro atua como uma barreira para expansão e germinação do embrião, influenciando negativamente a germinação (EL HAMDOUNI; LAMARTI; BADOC, 2001). Por isso, antes da sementeira, deve ser feito tratamento de superação da dormência. Diversos tratamentos vêm sendo testados, como a escarificação ácida (MILLER et al., 1992; SCOOT; INK, 1948; WADA; REED, 2011), tratamento a frio (THOMPSON, 1969), exposição à luz (NAKAMURA, 1972), corte do aquênio (MILLER; CHANDLER, 1990), entre outros. No entanto, alguns têm se mostrado mais práticos e eficazes. El Hamdouni, Lamarti e Badoc (2001) observaram germinação *in vitro* de 94 e 63% para as cultivares Chandler e Tudla respectivamente, quando tratadas com H₂SO₄ (98%) por 5 minutos. Estes resultados demonstram que o menor tempo de imersão pode proporcionar elevada taxa de superação da dormência, entretanto, ressalta-se os resultados foram observados após 16 semanas de avaliação, ou seja, longo período para superar a dormência de forma eficaz, gerando aumento nos

custos do programa. Ito et al. (2011) observaram, sete dias após sementeira, aumento da germinação de até 84% emergindo as sementes do híbrido F₁ ‘Chiba go’ de 20 a 50 minutos em H₂SO₄ (98%), os quais proporcionaram desaparecimento ou afinamento da camada externa do pericarpo. Galvão et al.¹ observaram que escarificação com H₂SO₄ (98%) durante 40 min aumenta a germinação de aquênios do morangueiro e pode ser utilizada como técnica para superação da dormência.

A germinação é variável entre os aquênios de diferentes cultivares e dependente do tratamento para superação da dormência, no entanto, quando as plântulas possuírem de quatro a cinco folhas verdadeiras, podem ser transplantadas em bandejas com substrato. As bandejas são depositadas em estufa com temperatura e umidade controladas para aclimatização. Geralmente, após 45 dias as plantas são transplantadas para vasos. Tais plantas apresentam melhor desenvolvimento no calor, onde produzem muitos estolhos, que devem ser eliminados. Aquelas com boas qualidades, especialmente quanto aos frutos, são levadas ao campo para serem observadas minuciosamente (CHANDLER et al., 2012).

2.7 Herança e avaliação de genótipos em relação às principais características de produção

O melhoramento genético do morangueiro foi incipiente até metade do século XX, porém, nos últimos 50 anos, em função dos diversos trabalhos realizados em vários países, vêm apresentando resultados promissores (GIL-ARIZA et al., 2009). O entendimento da genética dos caracteres mais importantes em novas cultivares de morangueiro tem sido obtido por meio de estudos mendelianos, quantitativos e mais recentemente por marcadores moleculares (KUNIHISA, 2011).

¹ Dados ainda não publicados.

Dentre os programas de melhoramento de plantas, o estudo da adaptabilidade e estabilidade de genótipos é um dos fatores de maior importância no desenvolvimento de novas cultivares, pois, a expressão dos caracteres está condicionada ao controle genético do organismo, ao ambiente em que é cultivado e à interação entre esses dois fatores. Em virtude disso, a probabilidade de sucesso no melhoramento genético depende muito da herança, adaptabilidade e estabilidade dos caracteres envolvidos no programa (ANTUNES et al., 2006).

Na literatura são encontrados diversos trabalhos relacionados ao estudo da herança das principais características agronômicas e à avaliação do desempenho das principais características de cultivares. Contudo, neste referencial, para avaliação do desempenho, foram priorizadas as pesquisas realizadas nas condições brasileiras, sendo este o foco principal do trabalho.

Existem duas formas fisiológicas e genéticas principais para aumentar a produtividade: incremento da eficiência na produção de assimilados fotossintéticos ou alteração do padrão de partição de massa seca. Foi verificada alta variabilidade na partição de massa seca para os frutos em populações silvestres de *F. virginiana* e *F. chiloensis*, sendo a eficiência fotossintética de 10 a 40% maior em *F. chiloensis* do que em *F. x ananassa* (HANCOCK, 1990).

O diâmetro de coroa e o tamanho do fruto são os fatores mais fortemente associados com a produtividade. A genética relacionada ao diâmetro de coroa tem sido pouco pesquisada. Já para o tamanho de frutos, foi observada herança poligênica com alta herdabilidade e com seis a oito pares de alelos que controlam a expansão do mesmo (HANCOCK, 1990).

Várias populações de *F. chiloensis* dos Estados Unidos e do Chile possuem frutos de tamanho grande, o que facilita a obtenção de genótipos com frutos maiores e alto potencial de produtividade, ou até mesmo alta produção de coroas e estolões (HANCOCK et al., 2005). Para recuperar o tamanho de fruto comercial aceitável são necessárias três gerações de

retrocruzamento, quando se trabalha com híbridos de *F. chiloensis* e *F. x ananassa*. (BRINGHURST; VOTH, 1978).

Progressos notáveis no aumento da produtividade têm sido observados. Prova disso, é o aumento de 47 a 140% para valores das características produtividade, tamanho de fruto e firmeza observado nas cultivares modernas em relação às cultivares lançadas de 1945 a 1966 pelo programa da Universidade da Califórnia (SHAW; LARSON, 2008). Trabalhos que buscam a reconstrução de *F. x ananassa*, também têm apresentado sucesso na obtenção de maior tamanho de frutos. A chave para este sucesso é a introdução de genótipos de *F. chiloensis*, pois, esta é uma das suas principais características (HANCOCK et al., 2005; LUBY et al., 2008).

Com a introdução de novas cultivares importadas no Brasil, o desempenho produtivo tem sido objeto de estudo em várias pesquisas. A seguir serão relatados trabalhos de avaliação de cultivares conduzidas em sistema de cultivo em ambiente controlado, canteiros com *mulching* e irrigação por gotejamento. Oliveira et al. (2006) avaliaram as cultivares Aromas e Camarosa na região de Pelotas, RS produzidas em espaçamento de 0,35 m x 0,35 m na safra de inverno de 2005. A cultivar Camarosa obteve maior produção comercial e número de frutos comerciais (569,6 g planta⁻¹ e 41,3) comparada a cultivar Aromas (510,4 g planta⁻¹ e 39,0). Calvete et al. (2008), realizaram estudo com oito cultivares na região de Passo Fundo, RS na safra de inverno de 2005. O experimento foi conduzido em espaçamento de 0,30 m x 0,50 m. A cultivar Camarosa (607 g planta⁻¹) foi a mais produtiva, seguida da Dover (549 g planta⁻¹), Oso Grande (536 g planta⁻¹) e Tudla (443 g planta⁻¹), sendo que os resultados para produção comercial seguiram a mesma ordem. A cultivar Dover proporcionou o maior número de frutos (78 frutos planta⁻¹), entretanto, o mesmo resultado não foi observado para número de frutos comerciais, onde esta cultivar produziu, em média, três frutos a menos em relação a cultivar Camarosa (46,4 frutos planta⁻¹). Considerando a porcentagem do número de frutos em relação ao

total, a cultivar Oso Grande obteve o maior resultado (68%). Resende et al. (2010), avaliaram quatro cultivares na safra de inverno de 2006 no município de Guarapuava, PR em três condições de cultivo: túnel alto, túnel baixo e campo. O experimento foi conduzido em espaçamento de 0,3 m x 0,3 m. Os maiores resultados foram obtidos no sistema de túnel alto. A maior produtividade foi observada na cultivar Camarosa (56,74 t ha⁻¹), seguida por Oso Grande (54,94 t ha⁻¹), Sweet Charlie (52,22 t ha⁻¹) e Dover (44,14 t ha⁻¹), sendo que a mesma ordem dos resultados também foi verificada para massa média de frutos. Entretanto, segundo os autores, não foi observada diferença estatística para a primeira variável. Pereira et al. (2013) realizaram estudo com quatro cultivares e três épocas de plantio (maio, junho e julho) na região de Bom Repouso, MG na safra de inverno de 2007. O experimento foi conduzido em espaçamento de 0,35 m x 0,35 m. Os melhores resultados para massa total de frutos comerciais foram observados na segunda época com a cultivar Oso Grande (694,21 g planta⁻¹) e também para número de frutos comerciais (40,68 frutos planta⁻¹). Entretanto, analisando as demais cultivares, foram obtidos melhores resultados na primeira época com a sequência: Festival (672,05 g planta⁻¹), Aromas (582,49 g planta⁻¹) e Camarosa (543,06 g planta⁻¹) para massa total de frutos comerciais; Festival (36,96 frutos planta⁻¹), Aromas (33,6 frutos planta⁻¹) e Camarosa (31,44 frutos planta⁻¹) para número de frutos comerciais.

2.8 Heterose

Genericamente, a heterose é definida como a manifestação da superioridade de uma combinação híbrida em relação à média dos seus genitores (BOS; CALIGARI, 2011). Foi proposta por Shull (1908) a fim de tornar a observação livre de implicações genéticas e evitar confusão com o termo “vigor de híbrido”, o qual foi relacionado com o Mendelismo.

Existem várias teorias que explicam a ação gênica responsável pela manifestação deste fenômeno, no entanto, as principais são: 1 - Teoria da

dominância, proposta por Davenport (1908) e Bruce (1910), onde o efeito da heterose é observado no híbrido resultante do acúmulo de genes dominantes provenientes dos genitores. De acordo com essa teoria, os alelos recessivos, que são potencialmente deletérios, ficariam ocultos nos heterozigotos obtidos na geração F_1 e os prejuízos decorrentes da homozigose para esses alelos seriam evitados; 2 - Teoria da sobredominância, proposta por Shull (1908) e East (1908), os quais relataram que a heterose é o resultado da condição heterozigótica dos locos que controlam um determinado caráter, ou ainda, segundo os autores, os locos heterozigóticos poderiam promover maior eficiência frente à variação das condições ambientais em relação aos locos homozigóticos.

A ausência de heterose nem sempre é caracterizada pela ausência de dominância, pois, a ocorrência de dominância direcionada à redução da expressão do caráter é considerada como “heterose negativa”. Enquanto que, na ocorrência dos locos com dominância positiva e, simultaneamente, ocorrência de locos com dominância negativa o efeito da heterose pode ser nulo. Portanto, a heterose é considerada a somatória dos efeitos favoráveis ao vigor dos locos em heterozigose na geração F_1 (FALCONER, 1981).

O grau de heterose é comumente expresso em porcentagem de três formas: 1 – em relação à média dos genitores; 2 – em relação ao melhor genitor (heterobeltiose); 3 – em relação a melhor cultivar em uso (heterose padrão) (FONTES, 2001).

Há muito tempo a heterose vêm sendo estudada, entretanto, o caso da produção do milho híbrido na década de 20 é, sem dúvida, o maior impacto produzido pela utilização deste fenômeno. A partir de então as pesquisas foram intensificadas para várias espécies, contudo, a heterose ainda é pouco explorada no morangueiro. Este fato se deve às características intrínsecas do genoma do morangueiro, o qual é octaploide e altamente heterozigótico (ROSSEAU-GUEUTIN et al., 2009). Por isso, o objetivo do melhoramento de morangueiro não é a obtenção de linhagens homozigóticas para posterior hibridação, e sim a identificação de progênies superiores na

primeira geração filial, as quais podem ser clonadas via propagação vegetativa para futuros ciclos de seleção (NUNES et al., 2013), contudo existem relatos que o efeito heterótico pode ser obtido (CHANDLER et al., 2012).

2.9 Melhoramento genético do morangueiro no Brasil

O cultivo comercial do morangueiro no Brasil teve início em meados do século XX nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul (CAMARGO; ALVES; ABRAMIDES, 1963). Pela falta de cultivares nacionais, inicialmente foram utilizadas cultivares estrangeiras. No entanto, estes materiais não possuíam boa adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, por isso, após a realização de trabalhos de melhoramento, a Estação Experimental de Pelotas, ligada ao Ministério de Agricultura, e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) lançaram as primeiras cultivares nacionais (FRANQUEZ, 2008). Dentre as cultivares nacionais podemos citar como principais, Campinas, Guarani e Princesa Isabel lançadas pelo IAC e Santa Clara, Burkley e Vila Nova lançadas pela Embrapa (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002).

Mesmo com a boa adaptabilidade das cultivares nacionais, os últimos registros por programas de melhoramento do morangueiro datam do ano de 1999 (BARNECHE; BONOW, 2012). Devido a esta lacuna, atualmente a maioria das cultivares de morangueiro utilizadas no Brasil são provenientes de países como os Estados Unidos (Aromas, Camarosa, Ventana, Camino Real, Dover, Oso Grande e Sweet Charlie entre outras) e a Espanha (Tudla) (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009). Todavia, estes materiais nem sempre expressam o seu potencial de produção, haja vista que o desenvolvimento destas cultivares teve como base as condições de solo e clima diferentes das existentes no Brasil. Sendo assim, ainda existe a possibilidade de aumentar a produção por meio de diversas técnicas de

cultivo e desenvolvimento de novas cultivares (SATO; ASSUMPCÃO, 2002).

Muitos trabalhos têm sido realizados em âmbito internacional, ao contrário do que ocorre no Brasil. A falta de programas no país provavelmente se deve à complexidade no desenvolvimento de novas cultivares, principalmente se tratando de genes quantitativos. Além de possuir uma estrutura octaploide, a espécie cultivada possui alto nível de heterozigose, sendo a herança da maioria dos caracteres quantitativa, se torna difícil a separação das expressões fenotípicas resultantes da ação de componentes aditivos, dominantes e epistáticos da influência do ambiente, dificultando assim o trabalho de melhoramento. Fora os problemas citados, existem ainda, o alto custo de produção e baixa difusão da cultura no país, como também o quadro restrito de pesquisadores nessa área, o que contribui para a paralisação dos programas de melhoramento (CAMARGO; PASSOS, 1993).

Pelos motivos apresentados acima, a Universidade Federal de Lavras iniciou um programa de melhoramento, visando obter genótipos com boa adaptabilidade na região Sul do estado de Minas Gerais e com pretensão de expansão para as novas fronteiras de produção da cultura no estado, visto que, a introdução de cultivares desenvolvidas poderá contribuir para superação dos gargalos tecnológicos da cadeia de produção do morangueiro.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos programas de melhoramento do morangueiro, passos básicos, como a identificação das principais necessidades a serem supridas e a caracterização do germoplasma já são muito bem compreendidos. Mesmo considerando que foram obtidos avanços genéticos, ainda há necessidade de realizar mais pesquisas e experimentos nessa área. Estudos da herança dos principais caracteres são escassos e precisam ser desenvolvidos, todavia, se

sabe que esta não é uma tarefa fácil, haja vista a complexidade da estrutura genética dessa espécie. Os próximos avanços caminham para a pesquisa molecular, a qual já está sendo bastante empregada para outras culturas e precisa ser mais bem utilizada para o morangueiro.

Ao contrário do que acontece no Brasil, mesmo com toda problemática que envolve o melhoramento do morangueiro, instituições públicas e privadas, principalmente na Europa e EUA, realizam continuamente pesquisas com essa cultura. Por isso, mesmo que o período compreendido entre o início do melhoramento e o lançamento da cultivar seja longo e árduo, devido à demanda por uma grande infraestrutura com um bom controle ambiental, mão de obra qualificada, metodologias específicas para a cultura e, acima de tudo, variabilidade genética nos genótipos utilizados, é necessário maior enfoque para o melhoramento do morangueiro no Brasil, caso contrário, o país continuará dependente de cultivares importadas.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, O. T. et al. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 426-430, out./dez. 2006.
- ANUÁRIO estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2008. 419 p.
- 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.
- ASHLEY, M. V. et al. High variability and disomic segregation of microsatellites in the octoploid *Fragaria virginiana* Mill. (Rosaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 107, n. 7, p. 1201-1207, Nov. 2003.
- 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.
- BOS, I.; CALIGARI, P. **Selection methods in plant breeding**. London: Chapman & Hall, 2011. 354 p.
- BRINGHURST, R. S. Cytogenetics and evolution in American *Fragaria*. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 8, p. 879-881, Aug. 1990.
- BRINGHURST, R. S.; VOTH, V. Origin and evolutionary potentiality of day-neutral trait in octaploid *Fragaria*. **Genetics**, Austin, v. 90, p. 510, 1978.
- BRUCE, A. B. The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. **Science**, New York, v. 32, p. 627-628, 1910.
- BYRNE, D.; JELENKOVIC, G. Cytological diploidization in the cultivated octoploid strawberry *F. xananassa*. **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.

- CAMARGO, L. S.; ALVES, S.; ABRAMIDES, E. Ensaio de variedades de morangueiro. **Bragantia**, Campinas, v. 22, p. 715-729, 1963.
- 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.
- 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.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785 p.
- CONTI, J.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, mar. 2002.
- 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.
- DAVENPORT, C. G. Degeneration, albinism and inbreeding. **Science**, New York, v. 28, p. 454-455, 1908.
- EAST, E. M. Inbreeding in corn. **Connecticut Agricultural Experimental Station Report**, New Haven, n. 1907, p. 419-428, 1908.
- EL HAMDOUNI, E. M.; LAMARTI, A.; BADOUC, A. *In vitro* germination of the achenes of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cvs 'Chandler' and 'Tudla'. **Bulletin de la Société Pharmacie**, Bordeaux, v. 140, p. 31-42, 2001.
- FAEDI, W. et al. **Monografia di cultivar di fragola**. Rome: Instituto Sperimentale per la Frutticoltura Roma, 2009. 240 p.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1981. 279 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.

FONTES, J. R. M. **Heterose, capacidade combinatória e divergência genética estimada por análise de marcadores RAPD em cruzamentos entre cafeeiro Catuaí (*Coffea arabica* L.) e híbrido de Timor**. 2001. 122 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production/crops/strawberries**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>>. Acesso em: 23 dez. 2013.

FRANQUEZ, G. C. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2008. 122 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

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

GIL-ARIZA, D. J. et al. Impact of plant breeding on the genetic diversity of cultivated strawberry as revealed by expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 134, n. 3, p. 337-347, May 2009.

HANCOCK, J. F. Ecological genetics of natural strawberry species. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 8, p. 869-871, Aug. 1990.

HANCOCK, J. F. et al. Genetic improvement of beach strawberry. **Hortscience**, Alexandria, v. 40, n. 6, p. 1644-1645, Oct. 2005.

HANCOCK, J. F. et al. Reconstruction of the Strawberry, *Fragaria xananassa*, 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.

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.

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.

KUNIHISA, M. Studies using DNA markers in *Fragaria xananassa*: genetic analysis, genome structure, and cultivar identification. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 80, n. 3, p. 231-243, July 2011.

LERCETEAU-KOHLER, E. et al. Characterization of mixed disomic and polysomic inheritance in the octoploid strawberry (*Fragaria xananassa*) using AFLP mapping. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 107, n. 4, p. 619-628, Aug. 2003.

LUBY, J. J. et al. Reconstructing *Fragaria xananassa* utilizing wild *F virginiana* and *F chiloensis*: inheritance of winter injury, photoperiod sensitivity, fruit size, female fertility and disease resistance in hybrid progenies. **Euphytica**, Wageningen, v. 163, n. 1, p. 57-65, Sept. 2008.

LUBY, J. J.; SHAW, D. V. Plant breeders' perspectives on improving yield and quality traits in horticultural food crops. **Hortscience**, Alexandria, v. 44, n. 1, p. 20-22, Feb. 2009.

MILLER, A. R.; CHANDLER, C. K. Plant regeneration from excised cotyledons of mature strawberry achenes. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 5, p. 569-571, May 1990.

MILLER, A. R. et al. Enhanced strawberry seed germination through *in vitro* culture of cut achenes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 2, p. 313-316, Mar. 1992.

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.

NAKAMURA, S. Germination of strawberry seeds. **Japanese Journal for Horticultural Society**, Tokyo, v. 41, p. 367-375, 1962.

NUNES, C. F. et al. The genetic diversity of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) hybrids based on ISSR markers. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 443-452, Oct./Dec. 2013.

OLIVEIRA, R. P. et al. **Otimização da produção nacional de mudas de morangueiro**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2006. 28 p.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 91-95, jan./mar. 2009.

PEREIRA, W. R. et al. Produtividade de cultivares de morangueiro, submetidas a diferentes épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 500-503, jul./set. 2013.

QIN, Y. et al. Transgenic strawberry: State of the art for improved traits. **Biotechnology Advances**, New York, v. 26, n. 3, p. 219-232, May/June 2008.

RESENDE, J. T. V. et al. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 185-189, abr./jun. 2010.

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

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 out. 2009.

SATO, G. S.; ASSUMPÇÃO, R. Pólos de produção de morango. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 41-49, mar. 2002.

SCOOT, D. H.; INK, D. P. Germination of strawberry seed as affected by scarification treatment with sulfuric acid. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, Washington, v. 51, p. 299-300, 1948.

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. Performance of early-generation and modern strawberry cultivars from the University of Califórnia breeding programme in growing systems simulating traditional and modern

horticulture. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 83, n. 5, p. 648-652, Sept. 2008.

SHULL, G. H. The composition of field of maize. **American Breeding Association Report**, Chicago, v. 4, p. 296-301, 1908.

SIMMONDS, N. W. **Principles of crop improvement**. London: Longman, 1979. 408 p.

SJULIN, T. M. United States strawberry marketing and production trends. In: NORTH AMERICAN STRAWBERRY SYMPOSIUM, 2007, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: California Strawberry Commission, 2007. p. 2-3.

SOUZA JÚNIOR, C. L. **Melhoramento de espécies de propagação vegetativa**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. 41 p.

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.

THOMPSON, P. A. The use of chilling and chemical treatments to promote rapid germination of strawberry achenes. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 44, p. 201-210, 1969.

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.

WADA, S.; REED, B. M. Standardizing germination protocols for diverse raspberry and blackberry species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 132, p. 42-49, 2011.

ZORRILLA-FONTANESI, Y. et al. Quantitative trait loci and underlying candidate genes controlling agronomical and fruit quality traits in octoploid strawberry (*Fragaria x ananassa*). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 123, n. 5, p. 755-778, Sept. 2011.

**CAPÍTULO II - Overcoming strawberry achene dormancy for
improved seedling production in breeding programs**

RESUMO

Os aquênios de morangueiro apresentam dormência tegumentar. Este fato, somando com a baixa eficiência da polinização artificial acarreta na realização de maior quantidade de cruzamentos para garantir o número mínimo de aquênios utilizados na geração de *seedlings* em programas de melhoramento. O objetivo com este trabalho foi testar soluções químicas para superação da dormência de aquênios de morangueiro capazes de aumentar a percentagem e a velocidade de germinação. O presente trabalho levou à constatação de dois experimentos. No primeiro foram avaliados a imersão de aquênios em H₂SO₄ (98%), HCl (37%) e NaClO (2%) por 0 (controle), 10, 20, 35 e 50 minutos. No segundo os aquênios foram imersos em H₂SO₄ (98%) por 0 (controle), 20, 25, 30, 35 e 40 minutos. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram avaliados a germinação e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) durante 15 dias. A escarificação com H₂SO₄ (98%) por 40 min aumenta para 80% a germinação de aquênios de morangueiro e pode ser utilizada como técnica de superação da dormência. A escarificação com HCl e NaClO aumenta a germinação e o IVG, contudo, deve-se estudar outras concentrações e tempo de imersão para aumentar a eficiência desses métodos.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Melhoramento do morangueiro. Dormência tegumentar. Escarificação ácida.

ABSTRACT

Strawberry achenes present tegument dormancy. This fact, together with the low efficiency of artificial pollination entails in the performance of a higher number of crossings to ensure the minimum number of achenes used on seedlings production in breeding programs. The aim of his study was to test chemical solutions to overcome dormancy of strawberry achenes in order to increase the germination and Germination Speed Index (GSI). This study consisted of two experiments. At first, immersion in H₂SO₄ (98%), HCl (37%) and NaClO (2%) for 0 (control), 10, 20, 35 and 50 minutes were evaluated. In the second experiment the achenes were immersed in H₂SO₄ (98%) for 0 (control), 20, 25, 30, 35 and 40 minutes. Completely randomized design with four replications was used. The germination and GSI have been assessed daily during 15 days. Scarification with H₂SO₄ (98%) for 40 min increases strawberry achene germination to 80% and can be used as a technique to overcome dormancy. Scarification with HCl and NaClO increases germination and the GSI, however, should be studied along with other concentrations and immersion times to increase the efficiency of those methods.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch. Strawberry breeding. Tegumentary dormancy. Acid scarification.

1. INTRODUCTION

Among the small fruits, the strawberry is considered the most widespread crop in the world. Its cultivation is possible in countries with temperate, subtropical and even in tropical climate countries in areas of high altitude. The strawberry is highly valued in many nations due to the great characteristics of aroma, appearance and flavor. It has low calorie values but high in fiber, vitamin B9, vitamin C and many other antioxidants (CHANDLER et al., 2012; FOLTA; DAVIS, 2006).

The high demand for strawberries in the last decade represented a major increase in the rate of consumption among the small fruits (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2013). Following this trend, a continued increase of production, selling price and consumption of strawberries is expected (QIN et al., 2008).

Due to this growing demand, breeding programs to obtain better plants in its various aspects is needed. One of the first steps in a strawberry breeding is to obtain plants originated from achenes. Despite being apparently simple, this phase is one of the biggest hurdles to overcome, as the achene presents tegument dormancy, which reduces the percentage of germination, and may cause loss of potentially valuable genotypes, since each achene has the ability to generate genetically superior plants (MILLER et al., 1992).

Low efficiency of artificial pollination is another major factor which implies in a fewest pollinated achenes per fruit. This fact, together with the low percentage of germination of achenes, entails the performance of a higher number of crossings to ensure the minimum number of seeds used in breeding programs. Getting achenes germination above 70% within 15 days after sowing would increase the efficiency of obtaining seedlings in strawberry breeding programs.

Several researchers have been working with seed treatment in different types of chemical solutions to overcome the tegumentary dormancy

in many species. The tegumentary dormancy can be overcome with the aid of scarification, a term that refers to any treatment that results in weakening or rupture of the seed tegument, allowing water permeability, which favors germination (MAYER; POLJAKOOF-MAYBER, 1989). Promising results were obtained with the use of sodium hypochlorite (NaClO) (ERASMO, et al., 2008; WADA; REED, 2011), hydrochloric acid (HCl) (DURRANT; MASH; PAYNE, 1992, MILLER et al., 1992) and sulfuric acid (H₂SO₄) (EL HAMDOUNI; LAMARTI; BADOUC, 2001, ITO et al., 2011, SCOOT; INK, 1948). In the case of strawberries, various treatments have been tested, such as cold treatment (THOMPSON, 1969), light exposure (NAKAMURA, 1972), cuts on the achenes (MILLER; CHANDLER, 1990) and acid scarification (ITO et al., 2011). However little is known about the action of chemical scarification by NaClO, HCl and H₂SO₄.

Thus, for efficient propagation of strawberry from the achenes, it becomes necessary to verify alternative methods which increase the germination percentage and hence the efficiency of seedlings production. The aim of his study was to test chemical solutions to overcome dormancy in strawberry achenes able to increase the percentage and germination speed index.

2. MATERIAL AND METHODS

The experiments were conducted at the Laboratory of Seed Analysis of the Department of Agriculture, Federal University of Lavras - UFLA, between April and May 2013.

Achenes of cultivar Aromas were obtained at the Federal University of Lavras – MG, from fruits harvested at two periods (January and February 2013), and each period considered a batch. The achenes were extracted from the central region of fully ripe fruits, with the aid of a blender for extracting seeds (Osterizer Mod 4655). The achenes were stored in a desiccator (25°C) for two days before the beginning of the first experiment and 15 days from the second experiment.

This study consisted of two experiments. At first, the effects of the following pre-germination treatments to overcome dormancy of two batches of achenes were evaluated: immersion in H₂SO₄ (98%); immersion in HCl (37%) and immersion in NaClO (2%). Achenes was immersed in each chemical solution for 0 (control), 10, 20, 35 and 50 minutes. In the treatments, a glass rod was used manually to constantly stir the solutions. After the treatments, the seeds were washed in running water, three times for the removal of the solutions.

Cleansing of all the seeds was done in NaClO (2%) for 10 minutes. Finally, the seeds were again washed in running water for three times. In order to eliminate possible differences of soaking, the not scarified (control) achenes were also immersed in water at the same time of the treatments. The germination test was conducted in a completely randomized design with four replications. Each replication consisted of an acrylic box, gerbox previously disinfected with ethanol (70%), two sheets of paper Germitest ®, overlapping and moistened with equivalent amount of distilled water to 2,5 times the weight of the paper (BRASIL, 1992) and 50 achenes put on the upper surface of the sheets. The achenes remained in the germination

chamber, BOD type, with a temperature of 24-26 °C and a photoperiod of 16 hours. Evaluation of germination has been performed daily during 15 days. The achenes that showed radicle protrusion with ± 1 mm in length, measured using a magnifying glass were considered germinated. The achenes considered germinated were discarded after each evaluation.

To review the germination speed index (GSI) the methodology proposed by Maguire (1962) was used as described below:

$$GSI = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n;$$

Wherein: $G_1 + G_2 + \dots + G_n$ = number of normal seedlings computed in n steps;

$$N_1 + N_2 + \dots + N_n = \text{number of days from sowing in } n \text{ counts.}$$

To perform the second experiment, the remaining achenes of two batches, which were stored in desiccator for 15 days, were used. The achenes were immersed in H_2SO_4 (98%) for 0 (control), 20, 25, 30, 35 and 40 minutes. The stirring, washing and disinfecting achenes procedures were performed as described in the first experiment.

The results were previously submitted to normality test (Shapiro - Wilk) and subsequently the variance analysis ($p \leq 0,05$ and $0,01$), the polynomial regression and Pearson correlation (t test $p \leq 0,05$ and $0,01$). The results of the germination and GSI comparison between the solutions and between batches were submitted to Tukey test ($p \leq 0,05$ and $0,01$). The results of germination and GSI for different immersion times in the solutions were subjected to polynomial regression. In the regression analysis, polynomial models of first and second order were tested. When the data were adjusted to a second-order polynomial model, the equation was derived to obtain the points of maximum and minimum.

3. RESULTS AND DISCUSSION

There was no interaction between the variables studied in the first experiment, except for chemical solutions x time (Table I). There was interaction between batch x time in the second experiment. There was significant mean difference for all variables by the Tukey test in both experiments. There was a positive correlation between germination and GSI for the two experiments (0,978** and 0,985** experiment 1 and 2, respectively) indicating a direct influence on the germination of strawberry achenes GSI.

Table I. Germination and GSI summary variance analysis of two batches achenes of strawberry Aromas cv., undergoing chemical scarification.

Source	DF	Exp I		DF	Exp II	
		Germination	GSI		Germination	GSI
Batch	1	149.511**	0.964**	1	102.083*	1.867*
Time	4	2549.155**	26.492**	5	8354.283**	77.508**
Chem. Sol.	2	12683.377**	119.937**			
CS*Ti	8	1526.822**	21.388**			
Bat*Ti	4	8.622 ^{ns}	0.330 ^{ns}	5	8.683*	1.051*
Bat*CS	2	14.044 ^{ns}	0.095 ^{ns}			
Bat*CS*Ti	8	6.489 ^{ns}	0.263 ^{ns}			
Error	60	9.467	0,056	36	18.694	0,242
CV (%)		16,16	16,07		7,56	10,15

Exp – Experiment; Chem. Sol. – Chemical Solutions (CS); Ti – Time; Bat – Batch; GSI – Germination Speed Index; ^{ns} – non significant; *, ** Significant at the $p < 0.05$ and $p < 0.01$ level, respectively.

Considering the overall mean, in the first experiment the achenes immersion in H_2SO_4 produced the highest germination (43%) and the highest GSI (3,787) among treatments (Table II). The $NaClO$ and HCl solutions promoted less than 10% germination and germination rate observed in the absence of treatment was 3%. Germination percentage and GSI of the batch

2 was greater than of batch 1 in both experiments, indicating that the percentage and germination speed are variable between samples and/or batches of achenes, as previously reported by Ito et al. (2011).

Table II. Percentage and germination speed index (GSI) of two batches achenes of strawberry cv. Aromas, undergoing chemical scarification.

Experiment 1							
Germination				GSI			
Batch	%	CS	%	Batch		CS	
		Control	3,33 d			Control	0,125 c
1	17,73 b	NaClO	5,40 c	1	1,377 b	NaClO	0,238 c
2	20,35 a	HCl	9,06 b	2	1,584 a	HCl	0,416 b
		H ₂ SO ₄	42,66 a			H ₂ SO ₄	3,787 a
CV = 16,16%				CV = 16,07%			
Experiment 2							
Germination				GSI			
Batch	%		Batch	GSI			
1	55,75 b		1	4,651 b			
2	58,66 a		2	5,046 a			
CV = 7,56%				CV = 10,15%			

CS – Chemical Solution, Means followed by the same lowercase letter in the column do not differ among themselves by the Tukey test ($p < 0.05$ and 0.01).

On the interaction treatment x time the lowest germination (3,33%) was observed to the control (0 min), so that is why it is inferred that there is need of treatment to overcome dormancy (Figure I). Immersion of achenes in H₂SO₄ increased germination, with the estimated point of maximum after 38 min (batch 1 = 67% and batch 2 = 70%) and a slight reduction in germination after that immersion time (Figures 1A and 1B).

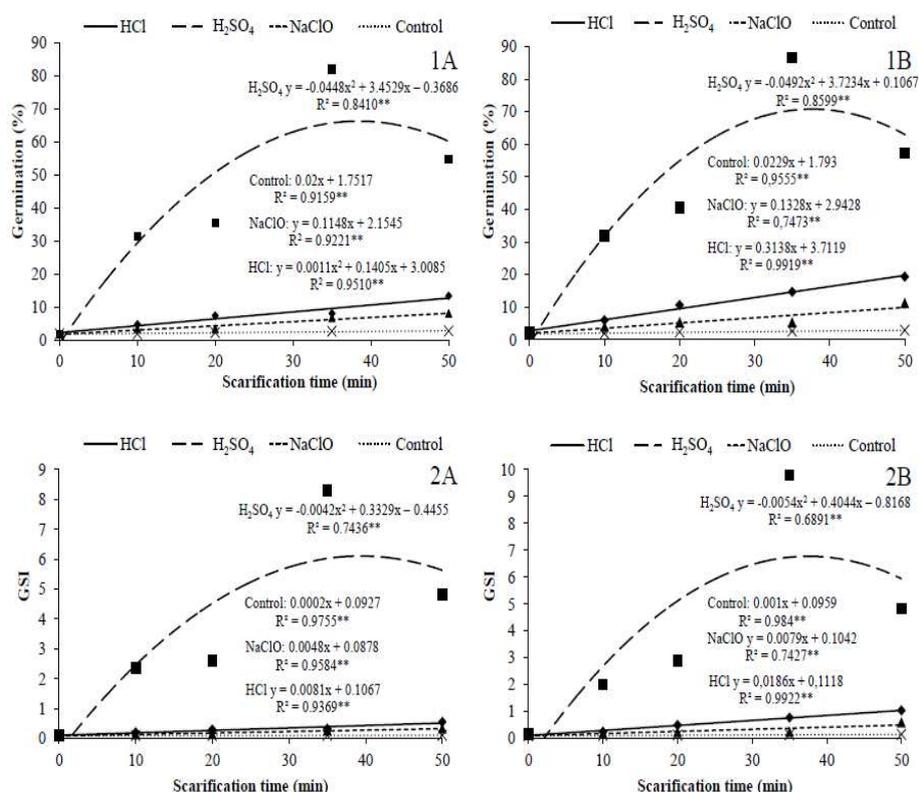


Figure I. Effect of chemical scarification by NaClO, HCl and H₂SO₄ in percentage and germination speed index (GSI) on achenes of two strawberry batches cv. Aromas (Batch 1 = 1A and 2A, Batch 2 = 1B and 2B). ** Significant at the $p < 0,01$ level.

Treatments with immersion of achenes in HCl and NaClO linearly increased germination of achenes, however, these treatments were less effective in increasing germination in comparison to the H₂SO₄. Therefore, immersion with HCl and NaClO should be evaluated over longer periods to verify the real usefulness of these treatments to break dormancy of strawberry achenes. The GSI responses were similar to germination in the H₂SO₄ treatment, where GSI increased to a maximum at 39 min scarification period (batch 1 = 7,04 and batch 2 = 7,65).

The dormancy break by chemical scarification on seed with tegument dormancy vary. Miller et al. (1992) evaluated the in vitro germination of

strawberry achenes of (cv. Chandler x cv. Totem), treated with concentrated HCl for 15 min, and observed maximum germination of 21% and they concluded that this method was not effective to overcome dormancy. In the research of Wada and Reed (2011) the seeds germination of 17 species of *Rubus* immersed in NaClO (14% for 6 hours) and H₂SO₄ (98% for 30 minutes) was increased compared to control, and treatment with H₂SO₄ was superior to NaClO to both the percentage and the germination speed.

In the second experiment, higher germination was observed between the times of 30 and 40 min, therefore, confirming the results obtained in the first experiment. However, by the derived equations the points of maximum at 40 min (batch 1 = 89% and batch 2 = 92%) and possible fall of germination in a superior time as seen in the first experiment (Figure II).

Observing the two experiments, 80 % of germination can be assumed as an average result of the immersion of achenes in H₂SO₄ for 40 min. El Hamdouni, Lamarti and Badoc (2001) observed in vitro germination of 94% and 63% for Chandler and Tudla cultivars respectively when treated with H₂SO₄ (98%) for 5 minutes. These results demonstrate that the shorter immersion time can provide high rate of dormancy break, however, it is noteworthy that they were observed after 16 weeks of evaluation, that means, long period to overcome dormancy effectively and increase in costs of the program. Ito et al. (2011) immersed strawberries achenes 'Chiba F-1 go' in H₂SO₄ (98%) for a period of 5 to 50 minutes and observed higher percentages of germination at 20 and 50 min treatments.

The application of the treatment H₂SO₄ in the achenes promotes partial degradation of the pericarp, facilitating the absorption of water and inflow of oxygen to the embryo (ITO et al., 2011). Thus, as observed in this study, overcoming the physical barrier assists in enhancing germination. Although the immersion of achenes in H₂SO₄ can increase the speed and percentage of germination, the effect of time of action should be studied because, as seen in this and other studies (EL HAMDOUNI; LAMARTI;

BADOC, 2001, ITO et al., 2011, SCOOT; INK, 1948), the excessive action is harmful, since probably occurs penetration of acid reaching the embryo.

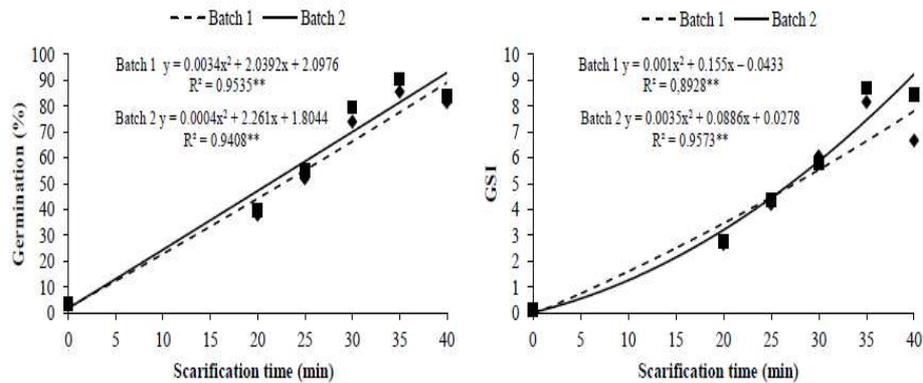


Figure II. Effect of chemical scarification in the final percentage and germination speed index (GSI) by H_2SO_4 in strawberry achenes Aromas cv.
 ** Significant at the $p < 0,01$ level.

If on one hand, the immersion of the achenes in the $NaClO$ and HCl solutions has increased germination, on the other, these treatments were not able to promote germination above 20%. Furthermore, it is noteworthy that germination in HCl , $NaClO$ and control treatments occurred only at the seventh, eighth and tenth days after sowing (DAS) respectively, while the treatment with H_2SO_4 was at the third DAS (unpublished data). Therefore, the action of HCl and $NaClO$ treatments in the achenes, both as a percentage for germination as to germination speed, are considered unsatisfactory methods applicable to the strawberry breeding.

If one wishes to produce strawberry seedlings without treatment to overcome dormancy (10% germination) at least 300 fruits would be required (each fruit pollinated manually to produce around 35 achenes) to obtain 1,000 to 1,100 seedlings. According to University of Flórida (UF) treatment, immersing achenes in concentrated H_2SO_4 for 15 min, is possible to obtain germination around 50% (CHANDLER et al., 2012) and, thus, 60 fruits would be needed to produce the same number of seedlings. By immersion of

achenes in H_2SO_4 solution method determined in this study (80% germination), 37,6 fruits would be needed, with an economy of 87,5% compared to no treatment and 37,3% in relation to the UF method. The UF uses typically 10,000 seedlings to start a breeding program on strawberry. To this amount, 2,858 fruits would be necessary without application of treatment, 572 fruits by the UF method and 358 fruits by the method of this study, meaning that, 214 lesser fruits than the usual method of UF would be needed. This would imply in reduced costs because pollination in the programs is still performed manually.

4. CONCLUSIONS

Scarification with H_2SO_4 (98%) for 40 min increases strawberry achenes germination to 80% and can be used as a technique to overcome dormancy.

Scarification with HCl and NaClO increases germination and the GSI, however, should be studied others concentrations and immersion times to increase the efficiency of those methods.

REFERENCES

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- CHANDLER, C. K. et al. Strawberry. In: BADENES, M. L.; BYRNE, D. H. (Ed.). **Fruit breeding**. New York: Springer, 2012. p. 305-325.
- DURRANT, M. J.; MASH, S. J.; PAYNE, P. A. The use of hydrochloric acid to improve the germination of sugar-beet seed. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 11, n. 4, p. 363-369, 1992.
- EL HAMDOUNI, E. M.; LAMARTI, A.; BADO, A. *In vitro* germination of the achenes of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cvs 'Chandler' and 'Tudla'. **Bulletin de la Société Pharmacie**, Bordeaux, v. 140, p. 31-42, 2001.
- ERASMO, E. A. L. et al. Superação da dormência em sementes de *Murdannia nudiflora* (L.) Brenan. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 273-277, 2008.
- FOLTA, K. M.; DAVIS, T. M. Strawberry genes and genomics. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Cleveland, v. 25, n. 5, p. 399-415, 2006.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production/crops/strawberries**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>>. Acesso em: 23 jan. 2013.
- 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, 2011.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4th ed. Oxford: Pergamon, 1989. 270 p.
- MILLER, A. R.; CHANDLER, C. K. Plant regeneration from excised cotyledons of mature strawberry achenes. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 5, p. 569-571, 1990.

MILLER, A. R. et al. Enhanced strawberry seed germination through *in vitro* culture of cut achenes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 2, p. 313-316, 1992.

NAKAMURA, S. Germination of strawberry seeds. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 41, p. 367-375, 1972.

QIN, Y. et al. Transgenic strawberry: State of the art for improved traits. **Biotechnology Advances**, New York, v. 26, n. 3, p. 219-232, 2008.

SCOOT, D. H.; INK, D. P. Germination of strawberry seed as affected by scarification treatment with sulfuric acid. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, Washington, v. 51, p. 299-300, 1948.

THOMPSON, P. A. The use of chilling and chemical treatments to promote rapid germination of strawberry achenes. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 44, p. 201-210, 1969.

WADA, S.; REED, B. M. Standardizing germination protocols for diverse raspberry and blackberry species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 132, n. 1, p. 42-49, 2011.

CAPÍTULO III - Hibridação de morangueiro e seleção de clones com potencial para cultivo no Sul de Minas Gerais

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos de melhoramento do morangueiro datam o início do século XIX. Foram obtidos avanços genéticos logo após os primeiros trabalhos, porém, os maiores avanços foram alcançados nos últimos 50 anos entre programas de inúmeras instituições públicas e privadas (GIL-ARIZA et al., 2009). Segundo Shaw e Larson (2008) os ganhos por seleção para várias características foram de 1 a 3% por ano nos grupos de seleção entre 1945 – 1966 e 1993 – 2004.

Existem mais de 40 programas de melhoramento do morangueiro ativos pelo mundo, sendo que é relatada variação genética considerável para as características de interesse econômico no germoplasma disponível (CHANDLER et al., 2012). No Brasil, os programas de melhoramento do morangueiro estagnaram nas últimas décadas.

Dessa forma, as principais cultivares de morangueiro plantadas são importadas dos Estados Unidos, Espanha, entre outros países. Esta situação indica que a evolução da cultura no país ainda é dependente de cultivares importadas, não adaptadas, portanto pouco produtivas e vulneráveis a fatores bióticos e abióticos (BARNECHE; BONOW, 2012), das regiões produtoras.

A exemplo disso, podemos destacar a suscetibilidade das cultivares introduzidas à mancha de micoserela (*Mycosphaerella fragariae* Tul.), mofo cinzento (*Botrytis cinerea* Pers e Fr.) antracnose (*Colletotrichum acutatum* Duch.), entre outras doenças, que hoje são responsáveis por perdas significativas na produção.

Além desses fatores, o custo de produção da cultura torna-se mais elevado, haja vista que os produtores pagam indiretamente *royalties* por utilizar tais cultivares. Desta forma, fica evidente que o Brasil, necessita reestabelecer os programas de melhoramento do morangueiro, pois, diferentemente do que acontece no exterior, o país não possui programas em atividade.

Como forma de diminuir a dependência da importação de cultivares, com este trabalho objetivou-se obter e selecionar plantas F₁ (Híbridos), que apresentem potencial produtivo superior às cultivares mais plantadas na atualidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada 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) entre os meses de outubro de 2011 e novembro de 2013. O clima da região é classificado como Cwb, segundo Köppen, com temperatura e pluviosidade média anual de 19,4 °C e 1529,7 mm, respectivamente.

2.1 Genitores e obtenção dos Híbridos Experimentais F₁ (*Seedlings*)

Os genitores foram previamente selecionados entre as cultivares introduzidas e amplamente plantadas no Brasil e com base nos fenótipos favoráveis para as características de interesse agrônomo (Tabela 1). Os genitores selecionados possuem como característica marcante: Aromas - fotoperíodo neutro, Camarosa - muito produtiva, Dover – muito produtiva com frutos pequenos, Festival - produtiva, Oso Grande – frutos grandes, Sweet Charlie – sabor excelente e Tudla – frutos grandes.

Tabela 1. Descrição das principais características levadas em consideração para a seleção das cultivares utilizadas no programa de melhoramento genético do morangueiro, UFLA – Lavras, MG, 2013.

Cultivar	Origem	Produtividade	Fotoperíodo	Fruto		Vigor
				Formato	Tamanho	
Aromas	UC	Produtiva	Neutro	Cuneiforme	Grande	Compacta
Camarosa	UC	Muito produtiva	Dia-curto	Cônico longo	Grande	Vigorosa
Dover	UF	Muito produtiva	Dia-curto	Cônico	Pequeno	Vigorosa
Festival	UF	Produtiva	Dia-curto	Cônico	Médio	Vigorosa
Oso Grande	UC	Muito produtiva	Dia-curto	Achatado	Grande	Muito vigorosa
Sweet Charlie	UF	Produtiva	Dia-curto	Coração	Médio	Médio vigor
Tudla	ESP	Produtiva	Dia-curto	Cilíndrico	Grande	Muito vigorosa

UC – Universidade da Califórnia, UF – Universidade da Flórida, ESP - Espanha.

As mudas das cultivares utilizadas como genitores foram obtidas da empresa Multiplanta® Tecnologia Vegetal (Andradas - MG). Com posse das mudas (outubro de 2011), estas foram postas a desenvolver em vasos com substrato (50% solo e 50% substrato Plantmax®) mantidos em ambiente protegido. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para cultura (DIAS et al., 2007). Foram estipuladas 12 populações híbridas combinando cultivares de dias curtos e dias neutros conforme Tabela 2.

Tabela 2. Relação dos 12 cruzamentos gerados a partir de sete cultivares do morangueiro. Lavras, MG. 2013.

Cruzamento	Genitores		Cruzamento	Genitores	
	♀	♂		♀	♂
1	DOV	AROM	7	SCH	AROM
2	OSO G	AROM	8	TUD	AROM
3	CAM	AROM	9	TUD	SCH
4	DOV	SCH	10	CAM	SCH
5	OSO G	TUD	11	FEST	AROM
6	FEST	SCH	12	OSO G	SCH

♀ - genitor feminino, ♂ - genitor masculino, AROM – Aromas, CAM – Camarosa, DOV – Dover, FEST – Festival, OSO G – Oso Grande, SCH Sweet Charlie, TUD – Tudla.

A hibridação (abril a julho de 2012) foi realizada na ocasião da antese de acordo com os procedimentos recomendados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (CAMARGO; PASSOS, 1993) e Universidade da Flórida (CHANDLER et al., 2012). Os aquênios foram extraídos de pseudofrutos completamente maduros com auxílio de um liquidificador para extração de sementes (Osterizer Mod. 4655). Os aquênios foram secos em temperatura ambiente e posteriormente armazenados em dessecador (25 °C). Para superação da dormência dos aquênios (novembro de 2012) foi utilizado o método da escarificação ácida com imersão em H₂SO₄ (98%) por 40 min e

posterior sanitização por 10 min em NaOH (2 %) (GALVAO et al., 2014²; ITO et al., 2011). 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 desenvolvimento *in vitro*, seedlings com 4 e 5 folhas foram transplantados para bandejas de 72 células, preenchidas com substrato Plantmax®, e mantidas em casa de vegetação com nebulização e temperatura controlada para aclimação. Para auxiliar no crescimento inicial dos *seedlings*, estes foram transferidos (fevereiro de 2013) para copos de polietileno (5 cm diâmetro x 10 cm de altura), preenchidos com substrato Plantmax®, e mantidos em estufa com nebulização como segunda etapa de aclimação. Para adubação de crescimento, foram realizadas três aplicações de 2 ml por planta com formulado líquido (50% dos componentes formadores do meio MS L⁻¹ H₂O destilada).

2.2 Transplântio dos *Seedlings*

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. O preparo do solo, em 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 1650 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 295 kg ha⁻¹ de ureia.

O sistema de irrigação adotado foi com tubo gotejadores, no espaçamento entre gotejadores de 0,30 m, sendo utilizadas duas linhas de

² Dados ainda não publicados

gotejo por canteiro, espaçadas em 0,50 m. Os canteiros foram cobertos com filme polietileno preto (*mulching*), com espessura de 30 μm .

Após 60 dias de desenvolvimento na segunda etapa de aclimação (25 de março de 2013), os *seedlings* receberam *toaletes*, nos quais foram retiradas folhas velhas, secas e com sintomas de doença, além de terem as raízes aparadas remanescendo 10 cm. Após a *toalette*, as raízes foram imersas por 10 minutos em calda bordalesa na concentração de 4 g 10 L água⁻¹, sendo transplantados em seguida para os canteiros em estufas no espaçamento de 0,30 m x 0,40 m formando duas linhas, sendo que cada planta ficou ao lado de um ponto de gotejo.

O delineamento experimental foi de blocos aumentados (FEDERER, 1956). Salienta-se que este delineamento foi escolhido devido à falta de repetições dos genótipos, pois, o objeto em estudo é a geração F₁ com apenas uma planta por genótipo. Desta forma, os tratamentos comuns foram os genitores (testemunhas) e os regulares foram os 42 híbridos experimentais F₁ de cada cruzamento (42 híbridos x 12 populações = 504 híbridos), onde cada cruzamento foi arranjado em um bloco, perfazendo 12 blocos.

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 controle de pragas foi realizado com pulverizações quinzenais intercaladas entre os produtos Abamectin (75 mL ha⁻¹), Thiametoxan (10 mL ha⁻¹) e Fipronil (250 mL ha⁻¹). O controle de doenças fúngica foi realizado com aplicações de forma alternada de Azoxistrobina (16 g ha⁻¹), Tebuconazol (75 mL ha⁻¹) e Mancozeb (250 g ha⁻¹).

2.3 Avaliações das características de produção

A massa total de frutos (MTF) foi determinada por meio de 29 colheitas. As colheitas foram iniciadas em 04 de maio de 2013, e posteriormente, foram realizadas a cada três dias. O início da colheita teve diferentes datas devido ao desenvolvimento diferenciado de cada genótipo avaliado. Foram colhidos e mensurados os frutos que apresentavam 75% de coloração vermelha-escuro (BRASIL, 2013). Os frutos foram classificados em não comerciais (≤ 35 mm) e comerciais (> 35 mm) de acordo com Programa... (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), massa de frutos comerciais (MFC g planta⁻¹), massa de frutos não comerciais (MFNC g planta⁻¹) e massa média de frutos (MMF g fruto⁻¹).

2.4 Análise dos resultados

Para análise dos resultados foi utilizado o modelo estatístico adequado para o delineamento experimental em blocos aumentados: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}$; em que Y é o valor do caráter para o i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco; μ é a média geral; τ_i é o efeito do i -ésimo tratamento, que pode ser decomposto em: T_i : efeito da i -ésima testemunha (tratamentos comuns), com $i = 1, 2, \dots, t$ e G_i : efeito do i -ésimo genótipo (tratamentos regulares), com $i = 1, 2, \dots, g$; B_j é o efeito do j -ésimo bloco, com $j = 1, 2, \dots, b$; e ε_{ij} é o erro aleatório.

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância, sendo que as esperanças de quadrados médios foram obtidas da Soma de Quadrados tipo I do programa SAS. Para análise foram empregados os procedimentos GLM (procedure for general linear models) do SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE,

2002). As médias das testemunhas e os resultados dos híbridos experimentais F_1 foram submetidos ao teste de Dunnett ($p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$) em relação a dois controles (Controle 1 – Aromas, cultivar de pior desempenho e Controle 7 – Camarosa, cultivar que embora não tenha apresentado os maiores resultados para todas as características, foi considerada a de melhor desempenho nas condições desse ensaio). A seleção dos híbridos para MTF, MMF e MFC foi baseada em comparações com os resultados da cultivar de melhor desempenho (Camarosa). Para MFNC foram selecionados os híbridos em comparação a cultivar Aromas. As médias das populações e das testemunhas foram submetidas ao cálculo de Heterose relativa à média dos pais segundo a fórmula: $h = (F_1 - (P_1 + P_2) / 2) * 100$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado efeito significativo para todos os parâmetros por meio da análise de variância e pelo teste de Dunnett. Este teste foi aplicado para comparar as médias dos híbridos em relação a dois controles, que foram formados por Controle 1 – Aromas (C1) e Controle 7 – Camarosa (C7), cultivares de pior desempenho e de melhor desempenho nas condições desse ensaio, respectivamente.

Em relação à heterose (Tabela 9), foram observados valores variando de 24,61 a -46,85 para massa total de frutos (MTF), de 9,83 a -33,37 para massa média de frutos (MMF), de 52,97 a -64,80 para massa de frutos comerciais (MFC) e de 51,33 a -53,02 para massa de frutos não comerciais (MFNC).

Analisando-se os dados de produção foi observado que a massa total de frutos (MTF) variou de 0 a 2049,96 g planta⁻¹ entre os híbridos, de 301,95 a 899,81 g planta⁻¹ entre as médias dos cruzamentos e de 519,17 a 925,08 g planta⁻¹ entre as cultivares (Tabela 4). Os cruzamentos Dover x Aromas e Camarosa x Aromas apresentaram 28,57% dos híbridos com MTF superior à Aromas, 9,52 e 14,28%, respectivamente, superiores à Camarosa.

Em trabalhos de avaliação de cultivares realizados no Brasil, foram observadas produtividade de 607 g planta⁻¹ (CALVETE et al., 2008) e 840 g planta⁻¹ (RESENDE et al., 2010) para a cultivar Camarosa; 549 g planta⁻¹ (CALVETE et al., 2008) e 653 g planta⁻¹ (RESENDE et al., 2010) para a cultivar Dover; 708 g planta⁻¹ (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2011) para a cultivar Aromas, comprovando o bom desempenho dessas cultivares, descrito pelos programas de melhoramento de origem (Camarosa) (VOTH; SHAW; BRINGHURST, 1994); (Dover) (HOWARD; ALBERGTS, 1980); (Aromas) (SHAW, 1998). Isto demonstra que o uso desses genitores pode resultar em boas progênies, no entanto, ressalta-se que os resultados são dependentes da combinação, já que em outros cruzamentos, nos quais essas cultivares participaram como um dos genitores, os resultados não foram promissores.

Foram observados híbridos com MTF superior a cultivar Aromas em todos os cruzamentos em que esta cultivar participou como um dos genitores, exceto quando em combinação com a cultivar Tudla. Esta observação pode estar relacionada ao fato de que a cultivar Aromas é um material de dias neutros, teoricamente mais divergentes, uma vez que os demais são considerados cultivares de dias curtos.

Embora apenas 8,80 e 1,96%³, dos 504 híbridos avaliados tenham apresentado resultados significativos em relação às cultivares Camarosa e Aromas, respectivamente, vale ressaltar que 61,26%³ dos híbridos e cultivares produziram acima de 500 g planta⁻¹, o que está de acordo com os resultados observados em trabalhos de avaliação produtiva de cultivares em diversas regiões do Brasil (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006; CALVETE et al., 2008; RESENDE et al., 2010; PEREIRA et al., 2013).

O tamanho e a qualidade de frutos do morangueiro são critérios utilizados na classificação pelas centrais de abastecimento e distribuição de hortaliças e frutas (CEASAS). A classificação adotada para o morangueiro

³ Dados não apresentados.

estabelece duas categorias de acordo com o diâmetro equatorial do fruto. Os frutos com diâmetro de 15 a 35 mm são classificados na categoria 15, enquanto que os frutos ≥ 35 mm são classificados na categoria 35 (PROGRAMA..., 2009). As características massa média de frutos (MMF), massa de frutos comerciais (MFC) e massa de frutos não comerciais (MFNC) foram utilizadas para determinar o padrão de qualidade dos híbridos.

Conforme se observa na tabela 4, nenhuma das cultivares obteve MMF acima do “padrão comercial”, com isso, se evidencia a pouca adaptabilidade das mesmas nessas condições. Por outro lado, 8,53% dos híbridos produziram frutos com massa média ≥ 10 g, o que os torna interessantes, haja vista que esta é massa considerada como “padrão para frutos comerciais” (≥ 35 mm, aproximadamente 10 g). Os cruzamentos Oso Grande x Aromas, Oso Grande x Tudla e Oso Grande x Sweet Charlie, apresentaram 2,38% dos híbridos superiores aos dois controles (Aromas e Camarosa). A maior MMF foi observada em híbrido do cruzamento Oso Grande x Aromas (15,08 g fruto⁻¹), embora tenha sido o de maior amplitude (1,51 a 15,08 g fruto⁻¹), dentre os três cruzamentos com melhores resultados. Os três cruzamentos que se destacaram possuem a cultivar Oso Grande como um dos genitores. Segundo Voth e Bringhurst (1989) esta cultivar produz frutos grandes, o que corrobora com o valor (16,09 g fruto⁻¹) observado por Resende et al. (2010). Em adição, cita-se que a cultivar Oso Grande é um dos genitores da cultivar Festival (CHANDLER et al., 2000), a qual também é caracterizada por produzir frutos grandes. Dessa forma, fica evidente a probabilidade de herança de genes relacionados ao maior tamanho de frutos por essa cultivar. Obter híbridos que produzem frutos grandes é de suma importância, pois, esta característica facilita a colheita e a embalagem dos frutos, agrega valor ao produto e resulta em maiores ganhos para o produtor (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002).

Em relação à massa de frutos comerciais (MFC) (Tabela 5), destacaram-se os cruzamentos Camarosa x Aromas, Festival x Aromas, Oso

Grande x Aromas e Oso Grande x Sweet Charlie, os quais apresentaram 11,90 e 4,76%, 9,52 e 2,38%, 7,14 e 2,38%, 7,14 e 2,38%, respectivamente, dos híbridos superiores aos controles Aromas e Camarosa. Dentre os quatro cruzamentos com resultados superiores, Oso Grande x Aromas foi o terceiro melhor e também a que apresentou os híbridos de frutos com maior MMF (Tabela 4). Contudo, nesses quatro cruzamentos (Tabela 5) a cultivar Aromas esteve presente em três, demonstrando que combinações onde se utiliza esta cultivar como um dos genitores apresentam híbridos com bons resultados agronômicos. Esta observação pode ser atribuída ao fato da cultivar Aromas ser oriunda de um programa de melhoramento genético específico para cultivares de dias neutros. Entre as cultivares, Festival apresentou o melhor desempenho (389 g planta⁻¹). O desempenho das cultivares Camarosa, Oso Grande, Festival e Aromas para MFC, também foi observado por Pereira et al. (2013), os quais relataram 543,06, 694,21, 672,05 e 582,49 g planta⁻¹, respectivamente.

A maior massa de frutos não comerciais (MFNC) foi observada no cruzamento Dover x Aromas, com mais de 50 e 25% dos híbridos superiores aos controles, respectivamente (Tabela 5). Estes resultados corroboram com Calvette et al. (2008) e Resende et al. (2010), os quais relataram que a cultivar Dover produziu o maior número de frutos não comerciais, influenciando diretamente na MFNC. Segundo Howard e Albergts (1980) e Santos (2009), a cultivar Dover é caracterizada por produzir frutos pequenos, por isso, se presume que, provavelmente, esta cultivar possui genes relacionados ao menor tamanho de frutos com efeito de dominância. Entretanto, genótipos que produzem grande quantidade de frutos não comerciais, nem sempre são indesejáveis, haja vista que, frutos pequenos podem ser aproveitados para processamento.

Dentre os 504 híbridos estudados, foram selecionados 33 por apresentarem bom potencial produtivo. Destaca-se os híbridos MCA12-93 e MFA12-443 e MCA12-89 como os mais promissores. Estes apresentaram resultados superiores à todas as cultivares para as características de produção

mais relevantes (Tabela 6 e 7). Apenas o híbrido MCA12-93 não foi selecionado para MMF, entretanto, ressalta-se que este híbrido obteve em média 9,49 g fruto⁻¹, resultado que está muito próximo da massa de frutos comerciais (≥ 10 g). Com isso, percebe-se que esses híbridos são produtivos, tanto para MFC como para MFNC, e possuem MMF dentro do padrão esperado para uma boa cultivar (BRASIL, 2013), o que os torna importantes como objetos de estudo para continuidade do programa de melhoramento genético.

As maiores participações para a característica MTF, em relação ao total de híbridos selecionados, foram provenientes dos cruzamentos Dover x Aromas (33,33%) e Camarosa x Aromas (27,27%) (Tabela 8). Diferentemente da cultivar Aromas, as cultivares Camarosa e Dover obtiveram os maiores resultados para MTF (Tabela 4), por isso, presume-se que, provavelmente, nas interações genéticas resultantes desses cruzamentos, houve influência para aumento da produção nos híbridos pelas cultivares Camarosa e Dover.

Os cruzamentos Dover x Aromas e Camarosa x Aromas representaram, também, as maiores heteroses para MTF (24,61 e 12,65, respectivamente) (Tabela 9). Segundo Morales et al. (2011), mesmo possuindo ancestrais em comum, as cultivares Camarosa e Dover foram alocadas em grupos de similaridade genética diferentes em relação a cultivar Aromas, o que aumenta a probabilidade de se obter efeito heterótico.

O cruzamento Oso Grande x Sweet Charlie representou a maior participação, entre os híbridos selecionados, para MMF (36,36%) e para MFC (24,24%) (Tabela 8). Esse cruzamento apresenta similaridade genética de 48%, contudo não esteve entre as menores relatadas por Morales et al. (2011). Mesmo assim, foi o único cruzamento que apresentou heterose positiva para MMF (9,83) e a maior heterose para MFC (52,97), uma vez que a cultivar Oso Grande é oriunda do programa de melhoramento da Universidade da Califórnia e a cultivar Sweet Charlie é oriunda do programa de melhoramento da Universidade da Flórida. Dessa forma, sugere-se a

utilização desse cruzamento e também do cruzamento Camarosa x Aromas, por bom resultado na participação dos híbridos selecionados para MTF (27,27%) e MFC (21,21%) (Tabela 8) e por heterose positiva para MFC (11,81) (Tabela 9), em programas que visam selecionar híbridos com elevado número de frutos comerciais e de maior massa de frutos.

Embora o cruzamento Dover x Aromas tenha obtido a maior MTF, 69,04% são de frutos não comerciais (Tabela 4), sendo que, nenhum híbrido desse cruzamento esteve presente entre os selecionados para menor MFNC (Tabela 8). No mercado brasileiro, frutos que não atingem o padrão comercial para consumo *in natura* podem ser direcionados para o processamento, portanto, genótipos que apresentam elevada MFNC não devem ser descartados de imediato. Apesar de não ter apresentado bons resultados quando combinada com as demais cultivares, Dover é amplamente plantada, apresenta alta produtividade e boa conservação pós colheita (SANTOS, 2009).

Com efeito heterótico de -53,02 para MFNC, o cruzamento Tudla x Aromas ficou em destaque em relação aos demais (Tabela 9). De acordo com Morales et al. (2011), esse cruzamento apresenta 48% de similaridade genética, as cultivares foram alocadas em grupos diferentes e são provenientes de programas de melhoramento distintos. Todos estes fatores podem ter contribuído para interação genica que proporcionou efeito heterótico elevado. Ressalta-se que a MFNC é, predominantemente, indesejável entre os objetivos dos programas de melhoramento do morangueiro e, por isso, esse cruzamento pode ser utilizado visando a obtenção de híbridos com menor MFNC.

Embora a literatura sobre heterose no morangueiro seja escassa, cita-se que este fenômeno pode ser observado, a exemplo dos resultados deste estudo. A heterose, ou seja, resultados de características com valores superiores nos híbridos em relação à média dos genitores (SHULL, 1908) é explicada pela teoria da dominância (BRUCE, 1910; DAVENPORT, 1908), onde os alelos recessivos que são potencialmente deletérios ficariam ocultos

nos locos heterozigóticos obtidos na geração F_1 e os prejuízos decorrentes dos locos em homozigose para esse alelos seriam evitados.

4 CONCLUSÕES

O cruzamento entre as cultivares Camarosa x Aromas resulta em híbridos de alta produtividade e maior massa de frutos comerciais.

O cruzamento entre as cultivares Dover x Aromas resulta em híbridos de alta produtividade e com elevada massa de frutos não comerciais.

O cruzamento entre as cultivares Oso Grande x Sweet Charlie resulta em híbridos com frutos de maior massa média.

Os híbridos MCA12-93, MFA12-443 e MCA12-89 possuem elevado potencial produtivo e podem ser utilizados como genitores em novos cruzamentos de programas de melhoramento genético do morangueiro.

Tabela 4. Massa total de frutos (MTF) e massa média de frutos (MMF) de sete cultivares, 12 cruzamentos de morangueiro e os respectivos números e porcentagens de híbridos superiores às cultivares Aromas e Camarosa. Lavras, MG. 2013.

Cultivares / Cruzamentos		MTF g planta ⁻¹	% de Híbridos > Aromas (C1)	% de Híbridos > Camarosa (C7)	MMF g fruto ⁻¹	% de Híbridos > Aromas (C1)
Aromas		519,17 ^x			8,89 ^x	
Camarosa		909,08			8,24	
Dover		925,08			6,92	
Festival		802,75			9,81	
Oso Grande		673,50			9,52	
Sweet Charlie		562,17			6,78	
Tudla		598,08			8,94	
1	Dover x Aromas (45,17 - 1605,17)*	899,81 ^x	28,57	9,52	5,27 ^x	0
2	Oso Gr. x Aromas (43,67 - 1141,67)	593,03	7,14	0	7,24	2,38
3	Camarosa x Aromas (119,96 - 2049,96)	804,70	28,57	14,28	7,56	0
4	Dover x Sweet Ch. (188,82 - 1514,82)	764,50	7,14	2,38	5,87	0

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). * amplitude dos dados referentes às médias ajustadas dos 42 híbridos em cada cruzamento. Oso Gr. – Oso Grande, Sweet Ch. – Sweet Charlie.

Tabela 4. Continuação.

Cruzamentos		MTF g planta ⁻¹	% de Híbridos > Aromas (C1)	% de Híbridos > Camarosa (C7)	MMF g fruto ⁻¹	% de Híbridos > Aromas (C1)
5	Oso Gr. x Tudla (75,82 - 961,82)*	513,91 ^x	0	0	8,41 ^x	2,38
6	Festival x Sweet Ch. (48,11 - 1002,11)	560,79	0	0	7,69	0
7	Sweet Ch. x Aromas (24,67 - 1370,67)	537,12	4,76	0	6,18	0
8	Tudla x Aromas (0,00 - 696,11)	301,95	0	0	7,12	0

9	Tudla x Sweet Ch.	598,81 (166,82 - 1218,82)	4,76	0	7,48 (3,01 - 9,79)	0
10	Camarosa x Sweet Ch.	390,95 (0,00 - 839,67)	0	0	6,29 (4,17 - 9,15)	0
11	Festival x Aromas	689,81 (130,24 - 1873,24)	11,90	2,38	9,07 (5,33 - 11,48)	0
12	Oso Gr. x Sweet Ch.	693,38 (183,96 - 1411,96)	14,28	0	8,95 (4,13 - 13,00)	2,38

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). * amplitude dos dados referentes às médias ajustadas dos 42 híbridos em cada cruzamento. Oso Gr. – Oso Grande, Sweet Ch. – Sweet Charlie.

Tabela 5. Massa de frutos comerciais (MFC) e massa de frutos não comerciais (MFNC) de sete cultivares, 12 cruzamentos de morangueiro e os respectivos números e porcentagens dos híbridos superiores às cultivares Aromas e Camarosa. Lavras, MG. 2013.

Cultivares / Cruzamentos	MFC g planta ⁻¹	% de Híbridos > Aromas (C1)	% de Híbridos > Camarosa (C7)	MFNC g planta ⁻¹	% de Híbridos > Aromas (C1)
Aromas	213,50 ^x			305,67 ^x	
Camarosa	282,06			553,41	
Dover	218,14			706,94	
Festival	389,00			413,71	
Oso Grande	237,73			391,36	
Sweet Charlie	141,76			420,41	
Tudla	355,67			360,36	
1 Dover x Aromas	135,69 ^x (0,00 - 504,12)*	0	0	621,27 ^x (158,43 - 1435,08)*	52
2 Oso Gr. x Aromas	167,65 (0,00 - 727,79)	7,14	2,38	323,34 (65,27 - 885,26)	2
3 Camarosa x Aromas	242,73 (0,00 - 827,21)	11,90	4,76	457,69 (80,22 - 1222,24)	28
4 Dover x Sweet Ch.	135,36 (42,47 - 447,37)	0	0	458,70 (146,34 - 1067,44)	19

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). * amplitude dos dados referentes às médias ajustadas dos 42 híbridos em cada cruzamento. Oso Gr. – Oso Grande, Sweet Ch. – Sweet Charlie.

Tabela 5. Continuação.

Cruzamentos	MFC	% de Híbridos	% de Híbridos	MFNC	% de Híbridos
-------------	-----	---------------	---------------	------	---------------

			g planta ⁻¹	> Aromas (C1)	> Camarosa (C7)	g planta ⁻¹	> Aromas (C1)
5	Oso Gr. x Tudla	138,90 ^x (28,68 - 455,21)*	0	0	306,94 ^x (47,14 - 578,56)*		
6	Festival x Sweet Ch.	157,58 (0,00 - 473,44)	0	0	326,86 (70,84 - 721,86)		
7	Sweet Ch. x Aromas	115,26 (36,55 - 484,55)	0	0	331,09 (0,00 - 980,50)		
8	Tudla x Aromas	83,18 (12,89 - 336,70)	0	0	176,00 (0,00 - 485,29)		
9	Tudla x Sweet Ch.	169,28 (62,76 - 593,43)	2,38	0	337,73 (81,93 - 794,05)		
10	Camarosa x Sweet Ch.	66,84 (0,00 - 323,94)	0	0	247,18 (4,27 - 667,34)		
11	Festival x Aromas	245,32 (95,25 - 1140,61)	9,52	2,38	336,46 (35,00 - 779,43)		
12	Oso Gr. x Sweet Ch.	236,30 (48,95 - 751,82)	7,14	2,38	336,95 (53,01 - 934,14)		

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). * amplitude dos dados referentes às médias ajustadas dos 42 híbridos em cada cruzamento. Oso Gr. – Oso Grande, Sweet Ch. – Sweet Charlie.

Tabela 6. Seleção de híbridos superiores à cultivar de melhor desempenho (Camarosa) para as características massa total de frutos (MTF) e massa média de frutos (MMF). Lavras, MG. 2013.

Híbridos	Cruzamento	MTF g planta ⁻¹	Híbridos	Cruzamento
Camarosa		909,08 ^x	Camarosa	
MCA12-93	Camarosa x Aromas	2049,96	MOGA12-77	Oso Grande x Ar
MFA12-443	Festival x Aromas	1873,24	MOGT12-198	Oso Grande x Tu
MDA12-4	Dover x Aromas	1675,17	MOGSC12-501	Oso Grande x Sw
MDA12-37	Dover x Aromas	1605,17	MOGSC12-488	Oso Grande x Sw
MDSC12-167	Dover x Sweet Charlie	1514,82	MOGSC12-483	Oso Grande x Sw
MCA12-108	Camarosa x Aromas	1485,96	MOGSC12-472	Oso Grande x Sw
MCA12-89	Camarosa x Aromas	1479,96	MOGSC12-465	Oso Grande x Sw
MDA12-22	Dover x Aromas	1471,17	MOGSC12-491	Oso Grande x Sw
MCA12-112	Camarosa x Aromas	1455,96	MFA12-443	Festival x Ar
MDA12-11	Dover x Aromas	1455,17	MCA12-89	Camarosa x Ar
MDA12-31	Dover x Aromas	1433,17	MSCA12-265	Sweet Charlie x Ar

MOGSC12-495	Oso Grande	x	Sweet Charlie	1411,96	MFA12-460	Festival	x	Ar
MDA12-36	Dover	x	Aromas	1401,17	MFA12-457	Festival	x	Ar
MDSC12-162	Dover	x	Sweet Charlie	1398,82	MOGSC12-470	Oso Grande	x	Sw
MSCA12-263	Sweet Charlie	x	Aromas	1370,67	MFA12-431	Festival	x	Ar
MCA12-111	Camarosa	x	Aromas	1365,96	MOGA12-58	Oso Grande	x	Ar

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Tabela 6. Continuação.

Híbridos	Cruzamento		MTF g planta ⁻¹	Híbridos	Cruzamento	
MCA12-86	Camarosa	x	Aromas	1355,96 ^x	MOGSC12-464	Oso Grande x Sw
MDA12-2	Dover	x	Aromas	1335,17	MFSC12-234	Festival x Sw
MOGSC12-468	Oso Grande	x	Sweet Charlie	1332,96	MOGA12-52	Oso Grande x Aro
MDA12-23	Dover	x	Aromas	1327,17	MOGSC12-489	Oso Grande x Sw
MFA12-423	Festival	x	Aromas	1308,24	MFA12-430	Festival x Aro
MFA12-461	Festival	x	Aromas	1259,24	MCA12-104	Camarosa x Aro
MSCA12-288	Sweet Charlie	x	Aromas	1254,67	MFA12-456	Festival x Aro
MCA12-98	Camarosa	x	Aromas	1242,96	MTA12-330	Tudla x Aro
MDA12-28	Dover	x	Aromas	1241,17	MOGSC12-490	Oso Grande x Sw
MCA12-94	Camarosa	x	Aromas	1231,96	MFA12-448	Festival x Aro
MTSC12-343	Tudla	x	Sweet Charlie	1218,82	MFSC12-233	Festival x Sw
MFA12-427	Festival	x	Aromas	1217,24	MTA12-318	Tudla x Aro
MDSC12-168	Dover	x	Sweet Charlie	1214,82	MFA12-423	Festival x Aro
MDA12-18	Dover	x	Aromas	1209,17	MFA12-444	Festival x Aro
MDA12-35	Dover	x	Aromas	1179,17	MDA12-9	Dover x Aro
MFA12-451	Festival	x	Aromas	1174,24	MOGSC12-475	Oso Grande x Sw
MCA12-105	Camarosa	x	Aromas	1157,95	MOGSC12-469	Oso Grande x Sw

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Tabela 7. Seleção de híbridos superiores à cultivar de melhor desempenho (Camarosa) para as características massa de frutos comerciais (MFC) e massa de frutos não comerciais (MFNC). Lavras, MG. 2013.

Híbridos	Cruzamento		MFC g planta ⁻¹	Híbridos	Cruzamento	
Camarosa			355,67 ^x	Aromas		
MFA12-443	Festival	x	Aromas	1140,61	MCSC12-400	Camarosa x Sweet
MCA12-93	Camarosa	x	Aromas	827,21	MOGT12-208	Oso Grande x Tudla
MCA12-89	Camarosa	x	Aromas	777,75	MTSC12-364	Tudla x Sweet
MOGSC12-501	Oso Grande	x	Sweet Charlie	751,82	MOGT12-173	Oso Grande x Tudla

MOGA12-58	Oso Grande	x	Aromas	727,79	MTSC12-349	Tudla	x	Sweet
MFA12-423	Festival	x	Aromas	669,60	MSCA12-265	Sweet Charlie	x	Aroma
MCA12-112	Camarosa	x	Aromas	643,29	MOGT12-171	Oso Grande	x	Tudla
MOGSC12-483	Oso Grande	x	Sweet Charlie	625,74	MFA12-421	Festival	x	Aroma
MCA12-86	Camarosa	x	Aromas	622,32	MOGT12-209	Oso Grande	x	Tudla
MTSC12-343	Tudla	x	Sweet Charlie	593,43	MFA12-456	Festival	x	Aroma
MFA12-451	Festival	x	Aromas	562,54	MCSC12-405	Camarosa	x	Sweet
MOGSC12-468	Oso Grande	x	Sweet Charlie	557,37	MOGA12-51	Oso Grande	x	Aroma
MOGA12-77	Oso Grande	x	Aromas	550,11	MOGA12-59	Oso Grande	x	Aroma
MFA12-461	Festival	x	Aromas	540,35	MCSC12-417	Camarosa	x	Sweet
MOGA12-75	Oso Grande	x	Aromas	537,65	MFA12-436	Festival	x	Aroma
MCA12-105	Camarosa	x	Aromas	532,59	MDSC12-160	Dover	x	Sweet

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Tabela 7. Continuação.

Híbridos	Cruzamento		MFC g planta ⁻¹	Híbridos	Cruzamento			
MCA12-99	Camarosa	x	Aromas	520,32 ^x	MTA12-296	Tudla	x	Ar
MOGA12-73	Oso Grande	x	Aromas	518,06	MFA12-425	Festival	x	Ar
MDA12-31	Dover	x	Aromas	504,12	MOGA12-52	Oso Grande	x	Ar
MOGSC12-475	Oso Grande	x	Sweet Charlie	497,26	MTA12-302	Tudla	x	Ar
MSCA12-265	Sweet Charlie	x	Aromas	484,55	MCA12-100	Camarosa	x	Ar
MOGSC12-477	Oso Grande	x	Sweet Charlie	483,59	MFA12-440	Festival	x	Ar
MOGSC12-495	Oso Grande	x	Sweet Charlie	477,82	MFSC12-245	Festival	x	Sw
MFSC12-230	Festival	x	Sweet Charlie	473,44	MOGA12-54	Oso Grande	x	Ar
MOGA12-56	Oso Grande	x	Aromas	473,43	MCSC12-382	Camarosa	x	Sw
MOGSC12-465	Oso Grande	x	Sweet Charlie	468,95	MFSC12-243	Festival	x	Sw
MFA12-444	Festival	x	Aromas	461,34	MSCA12-292	Sweet Charlie	x	Ar
MFA12-457	Festival	x	Aromas	456,56	MOGSC12-490	Oso Grande	x	Sw
MCA12-108	Camarosa	x	Aromas	455,25	MOGT12-182	Oso Grande	x	Tu
MOGT12-188	Oso Grande	x	Tudla	455,21	MSCA12-267	Sweet Charlie	x	Ar
MFA12-448	Festival	x	Aromas	449,43	MFSC12-246	Festival	x	Sw
MOGSC12-472	Oso Grande	x	Sweet Charlie	448,86	MCSC12-389	Camarosa	x	Sw
MDSC12-167	Dover	x	Sweet Charlie	447,37	MCA12-115	Camarosa	x	Ar

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Tabela 8. Contribuição de cada cruzamento em relação ao total dos híbridos selecionados para as características massa total de frutos (MTF), massa média de frutos (MMF), massa de frutos comerciais (MFC) e massa de frutos não comerciais (MFNC). Lavras, MG. 2013.

Cruzamento			MTF	MMF	MFC	MFNC
			% dos Híbridos selecionados			
Dover	x	Aromas	33,33	3,03	3,03	0
Oso Grande	x	Aromas	0	9,09	15,15	12,12
Camarosa	x	Aromas	27,27	6,06	21,21	6,06
Dover	x	Sweet Charlie	9,09	0	3,03	3,03
Oso Grande	x	Tudla	0	3,03	3,03	15,15
Festival	x	Sweet Charlie	0	6,06	3,03	9,09
Sweet Charlie	x	Aromas	6,06	3,03	3,03	9,09
Tudla	x	Aromas	0	6,06	0	6,06
Tudla	x	Sweet Charlie	3,03	0	3,03	6,06
Camarosa	x	Sweet Charlie	0	0	0	15,15
Festival	x	Aromas	15,15	27,27	21,21	15,15
Oso Grande	x	Sweet Charlie	6,06	36,36	24,24	3,03

Tabela 9. Heterose relativa à massa total de frutos (MTF), massa média de frutos (MMF), massa de frutos comerciais (MFC) e massa de frutos não comerciais (MFNC) com base nos resultados das médias ajustadas dos 12 cruzamentos. Lavras, MG. 2013.

Cultivares	MTF	MMF	MFC	MFNC
	(g planta ⁻¹)	(g fruto ⁻¹)	(g planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)
Aromas	519,17 ^x	8,89 ^x	213,50 ^x	305,67 ^x
Camarosa	909,08	8,24	282,06	391,36
Dover	925,08	6,92	218,14	706,94
Festival	802,71	9,81	389,00	420,41
Oso Grande	673,42	9,52	237,73	360,36
Sweet Charlie	562,17	6,78	141,76	413,71
Tudla	598,08	8,94	355,67	553,41
Cruzamentos	Heterose relativa à média dos pais (%)			
	MTF	MMF	MFC	MFNC
Dover x Aromas	24,61	-33,37	-31,97	48,72
Oso Grande x Aromas	-0,55	-21,31	-15,26	20,67
Camarosa x Aromas	12,65	-11,69	11,81	51,33
Dover x Sweet Charlie	2,81	-14,29	-6,54	6,43
Oso Grande x Tudla	-19,16	-9,02	-43,56	-24,17

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Tabela 9. Continuação.

Cruzamentos	Heterose relativa à média dos pais (%)			
	MTF	MMF	MFC	MFNC
Festival x Sweet Charlie	-17,83	-7,26	-31,01	-9,44
Sweet Charlie x Aromas	-0,66	-21,11	-20,45	10,05
Tudla x Aromas	-45,95	-20,35	-64,80	-53,02
Tudla x Sweet Charlie	3,22	-4,87	-21,34	-16,63
Camarosa x Sweet Charlie	-46,85	-16,27	-62,40	-22,67
Festival x Aromas	4,37	-2,97	-0,57	7,51
Oso Grande x Sweet Charlie	12,24	9,83	52,97	4,16

^x Médias ajustadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento de plantas pode ser considerado como uma arte, tendo em vista que não é um trabalho fácil, pois cada espécie possui particularidades que complicam esse exercício. O morangueiro por sua vez possui estrutura genética octaploide e é altamente heterozigótico, o que torna extremamente difícil prever os resultados após o cruzamento entre indivíduos. Todavia, como observado neste estudo, resultados positivos podem ser alcançados, a exemplo do híbrido MCA12-93 que possui potencial de incremento produtivo na ordem de 125% (em relação a cultivar mais produtiva do estudo – Camarosa; considerando 45.000 plantas ha⁻¹ e preço médio de R\$ 7,26 kg⁻¹, segundo Anuário... (2014). Nesse sentido, emerge a necessidade de que os profissionais continuem trabalhando e que utilizem as novas tecnologias disponíveis, dessa forma certamente serão obtidos resultados de sucesso, com cultivares produtivas e adaptadas às condições brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2014. 463 p.
- 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.
- BRASIL. **Serviço nacional de proteção de cultivares**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,976115&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em: 15 ago. 2013.
- BRUCE, A. B. The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. **Science**, New York, v. 32, p. 627-628, 1910.
- 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.
- 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.
- 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.
- CONTI, J.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, mar. 2002.
- DAVENPORT, C. G. Degeneration, albinism and inbreeding. **Science**, New York, v. 28, p. 454-455, 1908.
- 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.
- FEDERER, W. T. Augmented (hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters Record**, Aiea, v. 55, p. 191-208, 1956.

GALVÃO, A. G. et al. Overcoming strawberry achenes dormancy aiming seedlings production in breeding programs. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, 2014. No prelo.

GIL-ARIZA, D. J. et al. Impact of plant breeding on the genetic diversity of cultivated strawberry as revealed by expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 134, n. 3, p. 337-347, May 2009.

HANCOCK, J. F. Ecological genetics of natural strawberry species. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 8, p. 869-871, Aug. 1990.

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

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.

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.

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.

OLIVEIRA, R. P. et al. **Otimização da produção nacional de mudas de morangueiro**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2006. 28 p.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de cultivares de morangueiro. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 12, n. 1, p. 69-74, jan./mar. 2011.

PEREIRA, W. R. et al. Produtividade de cultivares de morangueiro, submetidas a diferentes épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 500-503, jul./set. 2013.

PROGRAMA brasileiro para a modernização da horticultura e produção integrada de morango. São Paulo: CEAGESP, 2009. 8 p. (Documentos, 33).

RESENDE, J. T. V. et al. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 185-189, abr./jun. 2010.

SANTOS, P. E. T. **Sistema de produção de morango**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap02.htm>>. Acesso em: 15 out. 2009.

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

SHAW, D. V.; LARSON, K. D. Performance of early-generation and modern strawberry cultivars from the University of Califórnia breeding programme in growing systems simulating traditional and modern horticulture. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, London, v. 83, n. 5, p. 648-652, Sept. 2008.

SHULL, G. H. The composition of field of maize. **Amercian Breeding Association Report**, Chicago, v. 4, p. 296-301, 1908.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 9.0. Cary, 2002. Software.

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

VOTH, V.; SHAW, D. V.; BRINGHURST, R. S. **Strawberry plant called 'Camarosa'**. Oakland: University of Califórnia, US n. PP8708 P, 3 May 1994.