

HETEROSE E CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS DE  
TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum* L.) PROSPECTADAS PARA  
DUPLA FINALIDADE

**ANTÓNIO JACINTO PAULO DA GRAÇA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

MAIO – 2013

HETEROSE E CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS DE  
TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum* L.) PROSPECTADAS PARA  
DUPLA FINALIDADE

**ANTÓNIO JACINTO PAULO DA GRAÇA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Antonio Teixeira do Amaral Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

MAIO – 2013

HETEROSE E CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS DE  
TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum* L.) PROSPECTADAS PARA  
DUPLA FINALIDADE

**ANTÓNIO JACINTO PAULO DA GRAÇA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como  
parte das exigências para obtenção do título de  
Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 10 de maio de 2013

Comissão Examinadora:

---

Prof. Paulo César Tavares de Melo – (D.Sc., Agronomia) - USP

---

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

---

Prof<sup>a</sup>. Rosana Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF  
(Co-Orientadora)

---

Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc., Genética e Melhoramento) - UENF  
(Orientador)

Ao meu Pai, Jacinto Paulo da Graça – *in memoriam*;

À minha mãe Antónia Manuel de Azevedo, pelos ensinamentos da vida, exemplo maior com que fui criado;

À minha querida esposa, Ana Maria, pelo amor, incentivo, companheirismo e suporte emocional;

Aos meus queridos filhos Keyon e Jayden, com todo o carinho.

DEDICO

## AGRADECIMENTO

A Deus, razão de tudo o que somos e fazemos;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV), pela oportunidade de realização do Mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo financiamento da pesquisa;

Ao Ministério da Agricultura de Moçambique pela confiança e autorização para cursar mestrado em Produção Vegetal na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro;

Ao Professor Antonio Teixeira do Amaral Júnior pela orientação, atenção, ensinamentos e por ter acreditado em mim e me concedido a oportunidade de realizar este trabalho;

À Professora Rosana Rodrigues, pela coorientação, conselhos e sugestões para a realização deste trabalho;

Ao Professor Leandro Simões Azeredo Gonçalves, pela amizade, coorientação, empenho e dedicação em todas as fases do trabalho;

Ao Professor Alexandre Pio Viana, pelos ensinamentos e conselhos;

Aos demais professores do LMGV, pela oportunidade de aprendizado, incentivo, confiança e pela grande contribuição para os meus conhecimentos durante o curso de mestrado;

Ao Professor Paulo César Tavares de Melo, da ESALQ/USP, por ter cedido as linhagens para a realização desta pesquisa;

À Dra. Cláudia Pombo Sudré, técnica de nível superior do Setor de Recursos Genéticos do LMGV, pela amizade, ajuda e ensinamentos;

Ao Dr. Carvalho Ecolle, pelo incentivo e disposição de sempre ajudar;

Aos meus irmãos, que ao longo do meu curso me encorajaram e apoiaram moralmente;

Aos meus amigos Nonato, Marcelo, Jorge, Roya, Neide, Renata, Cássio, Ismael, Rodrigo e Pablo;

Aos técnicos José Manuel e Nildo, pelo apoio durante a consecução do experimento;

A todos, mesmo que não estejam aqui citados que, direta ou indiretamente, colaboraram com este trabalho e com minha formação.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Origem e Classificação Botânica.....	3
2.2. Aspectos Econômicos e Nutricionais .....	5
2.3. Tipos de Cultivares .....	8
2.4. Híbridos.....	10
2.4.1. Heterose .....	10
2.4.2. Heterose em Tomateiro.....	12
2.5. Cruzamentos Dialélicos e Uso no Melhoramento Genético .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Genótipos - Genitores e Híbridos .....	18
3.1.1. Descrição das cultivares .....	18
3.1.2. Obtenção de Híbridos F <sub>1</sub> .....	21
3.2.1. Delineamento e Condução do Experimento.....	23
3.3. Características Avaliadas.....	24

3.4. Análises Estatísticas.....	25
3.4.1. Análise de Variância.....	25
3.4.2. Análise Dialélica.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. Análise de Variância Univariada.....	29
4.2. Teste de Agrupamento de Médias .....	32
4.3. Análise Dialélica.....	35
4.3.1. Análise de variância para a capacidade combinatória .....	35
4.3.2. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação .....	37
4.3.3. Estimativa dos efeitos de capacidade específica de combinação .....	39
4.3.3.1. Efeitos de $\hat{S}_{ij}$ .....	40
4.3.3.2. Efeitos de $\hat{S}_{ij}$ .....	41
4.4. Estimativas de heterose .....	45
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54



## RESUMO

Graça, António Jacinto Paulo da, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Maio de 2013. Heterose e capacidade combinatória de linhagens de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) prospectadas para dupla finalidade. Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Co-Orientadores: Prof<sup>a</sup> Rosana Rodrigues e Prof. Leandro Simões Azeredo Gonçalves.

No âmbito do programa de bolsas firmado entre o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e o Ministério da Ciência e Tecnologia de Moçambique, o CNPq tem lançado anualmente o Edital de Cooperação Brasil-Moçambique, que tem permitido a moçambicanos cursarem pós-graduação *stricto sensu* no Brasil com bolsa concedida por este país. Espera-se que esta ação contribua com o desenvolvimento socioeconômico de Moçambique. No caso particular, o interesse é desenvolver pesquisa com melhoramento do tomateiro para a mesa e para a indústria, de relevante importância para que Moçambique alavanque a produção com forte impacto no desenvolvimento do país. Neste intento, realizou-se o cruzamento dialélico completo entre cinco linhagens ('B13LD', 'Castone', 'Massag-72', 'Viradouro' e 'Rio Grande') para a estimação da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação visando à identificação de genitores e híbridos superiores, com base no método 2, modelo 1 de Griffing (1956). Foram avaliadas

nove características agronômicas – dias para a frutificação (DF), número total de frutos por planta (NTFP), peso médio do fruto (PMF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DIAMF), espessura do pericarpo (EP), firmeza do fruto (FE), teor de sólidos solúveis totais (TSS) e produtividade (PROD) – em 17 tratamentos (cinco genitores, dez híbridos e duas testemunhas comerciais – ‘Caité’ e ‘Imbuia’) dispostos em blocos completos casualizados na Estação Experimental da PESAGRO-Rio de Campos dos Goytacazes, no período de junho a setembro de 2012. Os efeitos gênicos não aditivos foram superiores aos efeitos aditivos para produtividade (PROD), número de frutos por planta (NTFP), peso médio do fruto (PMF) e firmeza (FE). As linhagens genitoras ‘Viradouro’ e ‘Rio Grande’ destacaram-se para as principais características de importância econômica – NTFP e PROD –, com as maiores estimativas positivas da CGC. Os genitores ‘B13LD’ e ‘Castone’ apresentaram estimativas positivas para a CGC para as características EP, FE e TSS. Considerando as estimativas da CEC, os híbridos ‘B13LD’ x ‘Viradouro’ e ‘B13LD’ x ‘Rio Grande’ sobressaíram-se para as características NTFP e PROD. Estimativas de heteroses positivas em relação a cultivar padrão (‘Caité’) para NTFP foram expressas pelas combinações ‘B13LD’ x ‘Viradouro’, ‘B13LD’ x ‘Rio Grande’ e ‘Castone’ x ‘Viradouro’. Situação análoga ocorreu com as estimativas das heteroses de PROD em relação a cultivar padrão (‘Caité’). Considerando simultaneamente as estimativas da heterose para FE e TSS os híbridos ‘B13LD’ x ‘Rio Grande’, ‘B13LD’ x ‘Castone’ e ‘Massag-72’ x ‘Viradouro’ se mostraram promissores, por expressarem estimativas mais altas e positivas de heterose. Dos híbridos avaliados, destacou-se como promissor para dupla finalidade – mesa e agroindústria– a combinação ‘B13LD’ x ‘Rio Grande’, por revelar adequadas estimativas de CEC e de heterose para as características FE, TSS, NTFP e PROD.

## ABSTRACT

Graça, António Jacinto Paulo da, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. May, 2013. Heterosis and combining ability in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) prospected for dual purpose. Advisor: Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Co-Advisors: Profa. Rosana Rodrigues and Prof. Leandro Simões Azeredo Gonçalves.

Under the scholarship program signed between the CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) and the Ministry of Science and Technology of Mozambique, the National Research Council has released the annual Notice of Cooperation Brazil-Mozambique, which has allowed the Mozambican coursing graduate strictly in Brazil with scholarship granted by this country. It is hoped that this action will contribute to the socio-economic development of Mozambique. In the particular case, the interest is to develop research on tomato breeding for the table and for the industry, the relevant importance for Mozambique leverage production with strong impact on the development of the country. In this attempt, there was the complete diallel cross tomato breeding lines with reciprocal excluded between five parent ('B13LD', 'Castone', 'Massag-72', 'Viradouro' and 'Rio Grande') to estimate the general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) combination in order to identify superior hybrids and parents, based on method 2,

model 1 of Griffing (1956). We evaluated nine agronomic traits - days for fruiting (DF), total number of fruits per plant (NTFP), average fruit weight (PMF), fruit length (CF), fruit diameter (DIAMF), pericarp thickness (EP), fruit firmness (FE), total soluble solids (TSS) and productivity (PROD) - 17 treatments (five parents ten hybrids and two commercial hybrid control - 'Caite' and 'Imbuia') arranged in complete blocks randomized at Experimental Station PESAGRO-Rio in Campos dos Goytacazes in the period of June-September 2012. The non-additive effects were greater than additive effects for productivity (PROD), number of fruits per plant (NTFP), average fruit weight (PMF) and firmness (FE). The inbred lines 'Viradouro' and 'Rio Grande' stood out for major economic traits - and NTFP PROD - with the largest positive GCA estimates. The parents 'B13LD' and 'Castone' showed positive GCA estimates for characteristics EP, EF and TSS. Considering the estimates of the SCA, the hybrids 'B13LD' x 'Viradouro' and 'B13LD' x 'Rio Grande' stood up to features and NTFP PROD. Estimates of positive heterosis over standard cultivar ('Caite') for NTFP were expressed by combinations 'B13LD' x 'Viradouro', 'B13LD' x 'Rio Grande' and 'Castone' x 'Viradouro'. A similar situation occurred with the estimates of heterosis PROD compared to standard cultivar ('Caite'). While considering the estimates of heterosis for FE and TSS hybrids 'B13LD' x 'Rio Grande', 'B13LD' x 'Castone' and 'Massag-72' x 'Viradouro' were promising, because they express higher estimates and positive heterosis. Hybrids evaluated, stood out as promising for dual purpose - table and agroindustrial, the combination 'B13LD' x 'Rio Grande', by revealing appropriate estimates of SCA and heterosis for FE characteristics, TSS, NTFP and PROD.

## 1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das oleráceas mais difundidas, sendo cultivado nas mais diferentes latitudes geográficas do planeta. Em 2011, a produção mundial foi de 159,02 milhões de toneladas, sendo China, Índia e Estados Unidos da América os principais produtores, correspondendo a cerca de 49 % da produção mundial (FAOSTAT, 2013). O Brasil – oitavo produtor mundial – produziu, em 2011, 4,42 milhões de toneladas em área de 69,31 mil ha, com produtividade estimada de 63,85 t/ha (IBGE, 2012; FAOSTAT, 2013).

Em Moçambique, a produção de tomate na safra de 2010 foi de 195 mil toneladas, em área de 14 mil ha, o que resultou em produtividade de 14 t/ha (MINAG, 2011). É, pois, uma das menores produtividades mundiais para cultivos de tomateiro.

A cultura do tomateiro é caracterizada por dois hábitos de crescimentos distintos: determinado e indeterminado (EMBRAPA, 2006). No Brasil, frutos de tomateiro de hábito de crescimento determinado têm sido utilizados, comumente, na indústria. Porém, em épocas de carência de oferta o tomate para fins industriais é também utilizado para consumo fresco, embora em pequena escala. Em Moçambique, não há essa distinção, sendo que quaisquer tipos de tomate são utilizados com dupla finalidade, mesa e indústria.

Nos últimos 20 anos, o Brasil tem experimentado resultados promissores com os programas de melhoramento genético do tomateiro. O país evoluiu de uma produtividade de 37 t/ha, em 1990, para 60 t/ha, em 2010 (IBGE, 2012). No Brasil, os programas de melhoramento de tomateiro são realizados por instituições públicas e privadas, sendo a maioria dos híbridos produzidos por multinacionais (Marinho et al., 2011; Ramalho e Araújo, 2011). Dentre as hortaliças, o tomateiro teve maior inserção de registros no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) – 1.044 registros – considerando-se o período de 1998 a 2010. A maioria – 95,69 % – destes registros foi feita pela iniciativa privada (Marinho et al., 2011).

Em Moçambique, as hortaliças são consideradas importantes opções de alimentação para a população, seja nas zonas rurais ou nos centros urbanos. Devido à sua reconhecida riqueza em vitaminas, minerais, as hortaliças têm inequívoco potencial para reduzir a desnutrição naquele país (Dimande, 1990; Melo, 2011).

O tomateiro é a segunda hortaliça mais cultivada em Moçambique, superada apenas pela batata. A produção de tomate é feita ao longo das margens dos rios por pequenos produtores – área menor que 1 ha – para facilitar o uso de irrigação. A maior parte da produção está concentrada na estação com temperaturas amenas, que compreende o período de abril a setembro (Banco Mundial, 2006; Melo, 2011). As cultivares utilizadas no mercado moçambicano, são importadas da África do Sul e de alguns países europeus e, em sua maioria, se mostram defasadas para as condições agroecológicas locais. Ademais, em Moçambique não há técnicos e pesquisadores para implementar, liderar e conduzir programas de melhoramento com hortaliças (Dimande, 1990; Melo, 2011).

No âmbito de cooperação internacional entre Brasil e Moçambique, desenvolveu-se esta pesquisa com o objetivo de obter híbridos de cultivares de tomateiro para dupla finalidade, mesa e indústria, em esquema de cruzamento dialélico entre cinco genitores e estimar as capacidades geral e específica de combinação para características agrônômicas e da qualidade dos frutos, visando à identificação de genitores e híbridos superiores.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem e Classificação Botânica

O tomateiro é proveniente da América do Sul, tendo como centro primário de origem a região Andina (Rick e Holle, 1990). A domesticação e o cultivo do tomateiro foram feitos por tribos indígenas primitivas que habitavam o México, considerado centro de origem secundário (Peralta e Spooner, 2007).

A partir do México, o tomateiro foi introduzido na Espanha na primeira metade do século XVI, e durante um longo período foi considerado planta ornamental, tendo seu uso retardado na culinária por ser considerado planta venenosa (Filgueira, 2008).

O primeiro registro de tomateiro na Europa é creditado às descrições publicadas em 1554, pelo italiano Pier Andrea Mattioli. A planta foi primariamente conhecida como “*pomi d’oro*”, *mala aurea* (maçã dourada), *poma amoris* (maçã do amor), e maçã do jardim. Estas denominações persistiram até o século XIX (Rick, 1987; Peralta et al., 2006). Provavelmente, a espécie cultivada se originou da espécie silvestre *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, que produz frutos tipo

“cereja”. Esse indício decorre da grande similaridade genética do *L. esculentum* var. *cerasiforme* com a forma cultivada (Rick, 1987).

O tomateiro é uma dicotiledônea, que pertence à ordem Tubiflorae, pertence à família Solanaceae, do gênero *Solanum*; e a espécie *Solanum lycopersicum* (Spooner et al., 2005).

A espécie foi descrita, primeiramente, por Linnaeus como *Solanum lycopersicon*. Miller (1754) classificou o tomate como pertencente ao gênero *Lycopersicon*. No entanto, uma nova classificação vem sendo sugerida por outros autores. Com as modernas tecnologias de análise de DNA, diversos pesquisadores do Solanaceae Genome Network, têm constatado que a similaridade tanto nuclear quanto mitocondrial e cloroplastidial é superior a 90 % entre as diferentes espécies do gênero *Solanum*, não justificando, assim, alocá-lo em um gênero a parte, como proposto por Miller (SGN, 2012). Conseqüentemente, taxonomistas e melhoristas estão adotando uma nova classificação para o tomate, como pertencente ao gênero *Solanum* (Peralta et al., 2005).

O gênero *Solanum*, seção *Lycopersicon*, engloba 13 espécies agrupadas em dois complexos de acordo com o grau de cruzamento com *S. lycopersicum*. O complexo Esculentum engloba: *S. lycopersicum* L., *S. cheesmaniae* (L. Riley), Fosberg, *S. pimpinellifolium* L.; *S. chmielewskii* (C. M. Rick, Kesicki, Fobesberg & M. Holle) D. M. Spooner, G.J. Anderson & R. K. Jansen, *S. habrochaites*, S.Knapp & D. M. Spooner, *S. pennellii* Correll, *S. Neorickii* (C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M.Holle) D. M. Spooner, G. J. Anderson & R.K. Jansen e *S. Galapagense* S. Darwin & Peralta. O complexo Peruvianum inclui as espécies *S. chilense* (Dunal) Reiche, *S. peruvianum* L., *S. arcanum* Peralta, *S. corneliomuelleri* J. F. Macbr. e *S. huaylasense* Peralta (Peralta et al., 2005).

O tomateiro é uma planta anual, herbácea, de caule redondo, piloso e macio quando jovem tornando-se fibroso e anguloso com o passar do tempo. As folhas são alternadas, de forma oval a oblonga, compostas de 11 a 32 cm de comprimento. A flor é hermafrodita, com cleistogamia, caracterizando uma espécie autógama em que preferencialmente realizam a autofecundação acima de 95 %, embora possa ocorrer uma pequena taxa de polinização cruzada, dependente da população de insetos polinizadores, intensidade do vento, temperatura e umidade do ar. As flores ocorrem



em cachos, que podem ser simples ou compostos; são pequenas e amarelas, com pétalas lanceoladas e largas. Os frutos são bagas carnosas, suculentas, com tamanho e peso diferenciado conforme a cultivar, e se caracteriza por ser bilocular, trilocular ou plurilocular (EMBRAPA, 2006; Filgueira, 2008).

A cultura do tomateiro é caracterizada por dois hábitos de crescimentos distintos: o hábito indeterminado as plantas necessitam de tutoramento, poda, e os frutos são destinados à mesa. Por sua vez, as cultivares de hábito de crescimento determinado ocorrem nas cultivares adaptadas para o cultivo rasteiro, não precisam de tutoramento, são mais fáceis mais fácil de cultivar e servem para uso industrial (EMBRAPA, 2006).

O ciclo varia entre cultivares e sofre influência das condições climáticas e de solo. De forma geral, em média, a germinação ocorre com cinco a sete dias, o florescimento acontece a partir de 45 dias após a semeadura, enquanto a maturação, a partir dos 60 dias. Nas cultivares de hábito de crescimento indeterminado a colheita pode se estender por vários meses, posto que enquanto alguns frutos são colhidos, continua o processo de florescimento, frutificação e até mesmo de crescimento da planta. Já, nas cultivares para processamento industrial, os frutos amadurecem na mesma época, possibilitando a realização de apenas uma ou duas colheitas (Alvarenga et al., 2013).

## **2.2. Aspectos Econômicos e Nutricionais**

O tomateiro destaca-se por sua importância econômica, sendo uma das oleráceas mais cultivadas no mundo (FAOSTAT, 2013). Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO), a produção mundial do tomateiro, em 2011, foi de 159,02 milhões de toneladas. Dentre os países com maior produção destacaram-se a China (30,55%), a Índia (10,58%) e os Estados Unidos da América (7,94%), com 49% da produção mundial. No Brasil, em 2011, a área cultivada com tomateiro foi de 69,31 mil hectares, resultando em uma produção de 4,42 milhões de toneladas, com

produtividade média de 63,85 t/ha, tendo contribuído com 2,8% da produção mundial, situando-se em oitavo lugar. O tomate de mesa contribuiu com 64% (2,83 mil t) e 36% destinaram-se ao processamento industrial (1,59 mil t) (IBGE, 2012; FAOSTAT, 2013).

Em relação à análise econômica mundial, em 2010, a produção movimentou um mercado que atingiu a cifra de US\$ 86,607 bilhões. Desse total, a América do Sul contribuiu com US\$ 4,562 bilhões, com destaque para o Brasil, que deteve participação de US\$ 2,971 bilhões (Melo, 2013).

Esta olerácea é amplamente difundida em todos os estados brasileiros, sendo a segunda mais cultivada em área no país, superada somente pela batata-inglesa (*Solanum tuberosum*). A produção brasileira de tomate está concentrada nas regiões Sudeste (37,74%) e Centro-oeste (33,8%). No Brasil, na safra 2011, os estados com maior produção foram: Goiás (32,56%), São Paulo (19,53%), Minas Gerais (10,16%), Paraná (7,85%) e Bahia (7,67%) (IBGE, 2012). A produção de tomate para o processamento concentra-se nos estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Pernambuco, com destaque para Goiás, que detém a maior produção nacional – cerca de 72,3% (Melo, 2012).

Em Moçambique, o tomate se destaca pela sua importância socioeconômica. É produzido por agricultores comerciais e de pequenos agricultores para garantir a subsistência de grande número de famílias (Melo, 2011). O cultivo do tomateiro é feito nas regiões próximas a rios para facilitar o uso da irrigação, para além de existirem áreas irrigadas com boa tecnologia no sul do país como o distrito de Chócwé na província de Gaza, os distritos de Moamba e Boane na província de Maputo (Ecole et al., 2007; Melo, 2011).

Esta cultura é uma importante fonte de receitas para pequenos produtores e médios produtores que se dedicam à sua prática, pois que a sua produção é principalmente destinada à venda nos mercados de grandes concentrações populacionais ou centros urbanos, ademais, é uma opção de cultivo que emprega quantidade elevada de mão de obra, sobretudo na época da colheita (INE, 2011; Melo, 2011).

Na safra 2010, a produção de tomate foi estimada em 195 mil toneladas para área de cultivo de 14 mil hectares, perfazendo produtividade de 14 t/ha. Apesar de Moçambique registrar aumentos de produção na cultura do tomateiro nos últimos anos, estes aumentos não têm sido suficientes para atender a crescente demanda do consumidor, mantendo o país na tradicional condição de importador (MINAG, 2011). Como exemplo, em 2010, Moçambique necessitou importar 6.087 t de tomate da África do Sul (South Africa, 2011).

O consumo de tomate e de seus produtos tem sido indicador nutricional de bons hábitos alimentares que contribuem para uma vida mais saudável (George et al., 2004). Neste aspecto, no Brasil o consumo médio *per capita* é de 4,9 kg/habitante/ano, valor considerado baixo quando comparado com a Europa, que é de 40 kg/habitante/ano (IBGE, 2011).

Os frutos de tomate são consumidos frescos, em saladas ou cozidos em molhos, sopas e carnes. Podem ser processados em purês, sucos e molho de tomate (*ketchup*). Os frutos enlatados e secos também constituem produtos processados de importância econômica (Naika et al., 2006).

O tomate é considerado um alimento funcional por conter altos teores de vitaminas A e C, além de ser rico em licopeno. Estudos têm revelado que o consumo de licopeno, presente tanto no fruto fresco quanto processado, tem função preventiva de diferentes tipos de câncer, principalmente do aparelho digestivo (Carvalho, 2007).

O licopeno é um dos supressores biológicos de radicais livres, especialmente os derivados do oxigênio. Por ser um potente sequestrador do oxigênio *singlet* (uma forma reativa de oxigênio como radical livre causador de câncer), o licopeno possui propriedades antioxidantes e anticancerígenas. A maioria dos trabalhos tem revelado os bons efeitos das dietas ricas em licopeno na redução dos riscos da ocorrência de câncer de esôfago, estômago, próstata, pulmão, dentre outros (Pohar et al., 2003; Moritz, 2006; Monteiro et al., 2008).

### 2.3. Tipos de Cultivares

No mercado brasileiro, tem ocorrido aumento da demanda por formas com maior valor agregado, como as adaptadas a ambientes orgânicos, com maior conteúdo de licopeno, ou que possuam tamanhos em miniaturas (Carvalho et al., 2006; Melo et al., 2009). Também, a indústria tem demandado híbridos com tolerância a vírus (begomovírus e tospovírus) e a doenças bacterianas (mancha bacteriana e murcha bacteriana), bem como híbridos com elevado grau de firmeza dos frutos, e com teores de sólidos solúveis iguais ou superiores a 4,8 °Brix, além de terem produtividade elevada (superior a 150 t/ha), e frutos com alta capacidade de conservação na planta (Boiteux et al., 2012; Melo, 2012).

Os programas de melhoramento do tomateiro têm objetivado não apenas aumentos na produtividade, mas também a redução do ciclo de produção, a incorporação de genes de tolerância a estresses bióticos e abióticos, a versatilidade de formas e de coloração dos frutos (Neto et al., 2009; Boiteux et al., 2012). Para fins industriais, além de aumentos na produtividade, tem se buscado elevação dos teores de sólidos solúveis, bem como aumento na firmeza dos frutos, além da maior retenção do pedúnculo na planta, com tamanho adequado, cor vermelha intensa (Melo, 2012).

As cultivares de tomate podem ser classificadas em grupos, a saber: Santa Cruz, Caqui, Salada, Saladete (Italiano) e Minitomate (Alvarenga et al., 2013).

As cultivares do grupo Santa Cruz se caracterizam por terem frutos oblongos, com diâmetro transversal menor que o diâmetro longitudinal, bi ou triloculares, resistentes ao transporte e massa média variando de 80 e 200 g. O hábito de crescimento das plantas é indeterminado e o porte, geralmente, é alto. Encontram-se disponíveis no mercado poucos híbridos de hábito de crescimento determinado com padrão de fruto Santa Cruz para o cultivo no sistema de meia-estaca (Alvarenga et al., 2013).

Os tomates do grupo Caqui são também conhecidos como tomate-maçã ou tomatão. As cultivares Caqui se caracterizam por apresentarem frutos graúdos, pluriloculares, de cor vermelha ou rosada, massa média acima de 280 g podendo chegar até 500 g, formato globular achatado, com diâmetro transversal maior que o

diâmetro longitudinal, consistência mole, cicatriz peduncular grande e plantas de hábito de crescimento indeterminado. No entanto, sempre foi considerado um nicho de mercado insignificante devido à sua baixa capacidade de transporte à longa distância, ao manuseio precário e à conservação pós-colheita altamente limitada. Por outro lado, as cultivares Caqui são muito suscetíveis a anomalias fisiológicas graves que afetam os frutos, destacando-se o lóculo-aberto e as rachaduras radiais e concêntricas. Pode-se destacar a substituição de cultivares Akafuku, Ogata Fukuju, Oshi, Akamaru Gigante e Coração da Bocaina por híbridos de porte determinado, com frutos firmes, de boa qualidade gustativa e capacidade de transporte à longa distância (Alvarenga et al., 2013).

O grupo Salada enquadra-se nos híbridos Salada longa vida, os quais podem ser plantas de hábito de crescimento indeterminado ou determinado. Os frutos são pluriloculares, formato globular achatado, com diâmetro transversal maior que o diâmetro longitudinal, sendo menores que os do grupo Caqui, com massa média entre 180 e 280 g, a sua qualidade gustativa é inferior, quando comparada com os tomates dos demais grupos varietais disponíveis no mercado (Alvarenga et al., 2013).

O grupo Saladete (Italiano) caracteriza-se por apresentar frutos alongados (7 a 10 cm), com diâmetro transversal de 3 a 5 cm, cor vermelha intensa, biloculares, parede espessa, sabor adocicado (bom equilíbrio da relação acidez e sólidos solúveis), textura, aroma agradável e maturação uniforme dos frutos. No mercado podem ser encontradas cultivares de hábito de crescimento determinado e indeterminado. As cultivares híbridas disponíveis no mercado têm ótima qualidade gustativa e versatilidade de uso culinário, podendo ser consumidas em saladas, na confecção de molhos caseiros e na forma de tomate seco (Alvarenga et al., 2013).

O grupo Minitomate agrupa os tomates cereja, “grape”, coquetel, mini-italiano e “tomatoberry”. Em geral, esses tomates são mais adocicados que aqueles dos demais grupos consumidos ao natural e são considerados como um produto gourmet. O seu uso culinário é versátil, sendo muito utilizados na ornamentação como saladas, assim como na composição de canapés, de molhos e assados.

Nesse grupo, os mais populares são os tomates-cereja cujos frutos são pequenos (<30g), sua maioria arredondados ou periformes, dispostos, em geral, em

cachos compridos com grande quantidade de frutos. As plantas são de hábito de crescimento indeterminado e de porte alto necessitando de tutoramento, sendo produzidas geralmente sob cultivo protegido.

O minitomate chamado de “grape” ou tomate uva produzem frutos pequenos (12 g em média), de cor vermelho-intenso e formato semelhante a uma baga de uva Thompson. O principal diferencial dos “grapes”, em relação ao tradicional cereja é quanto ao alto teor de açúcar (> 6 °Brix) e baixa acidez). Dentro do grupo dos minitomates, estão incluídos os tomates coquetel, mini-italiano e “tomatoberry” ou tomate morango (Alvarenga et al., 2013).

O uso de híbridos no Brasil tem aumentado significativamente. Segundo Melo (2011), das dez olerícolas mais cultivadas no Brasil, dentre as quais se destaca o tomate, 82% das sementes utilizadas para o cultivo foram híbridas no ano de 2007.

## **2.4. Híbridos**

### **2.4.1. Heterose**

O termo heterose foi proposto por Shull, em 1908, e descreve o vigor do híbrido manifestado em gerações heterozigotas oriundas do cruzamento entre indivíduos geneticamente divergentes (Allard, 1971). Refere-se ao valor médio da resposta do híbrido em relação à média de seus genitores, podendo ainda ser utilizado para descrever a manifestação da superioridade de uma característica em combinações híbridas (Cruz, 2005). Do ponto de vista comercial, considera-se como heterose aquela resultante de um híbrido cuja média é superior à média do genitor de melhor desempenho (Maluf, 2001).

Duas teorias foram propostas para explicar a heterose, a de dominância e de sobredominância. A teoria de dominância, proposta por Davenport (1908), Bruce (1910), Keeble e Pellew (1910), propõe que a heterose seja resultado da existência do acúmulo de genes dominantes proveniente de ambos os genitores. A proposta de

sobredominância, alvitada separadamente por Shull e East, em 1908, teoriza a heterose como o resultado da condição heterozigótica dos locos que controlam determinada característica.

A manifestação da heterose pode ser observada na área foliar, no desenvolvimento do sistema radicular, na altura da planta, na produtividade, na taxa de fotossíntese, no metabolismo celular, no tamanho de célula, no tamanho do fruto, na sua precocidade, dentre outras características (Borém, 2009). A exploração da heterose sempre despertou grande interesse dos pesquisadores, sendo responsável pela principal mudança ocorrida na agricultura no século XX. Sua utilização teve grande impacto na produção do milho híbrido, que a partir de 1920 começou a ser extensamente utilizado nos Estados Unidos da América. As pesquisas subsequentes à introdução do milho híbrido permitiram a exploração comercial do vigor de híbridos em outras espécies cultivadas de importância econômica, dentre as quais se destaca o tomateiro (Melo et al., 2009).

Nos programas de melhoramento vegetal que visam à utilização de híbridos e, por conseguinte, da heterose, há necessidade de tirar proveito da divergência genética entre os genitores para aumentar a probabilidade de serem encontradas combinações híbridas promissoras na geração  $F_1$  (Maluf et al., 1983; Vencovsky e Barriga, 1992). Sob esta ótica, a divergência genética está relacionada ao grau de dissimilaridade entre os indivíduos quanto a um conjunto de características (Paterniani, 1974; Falconer, 1987). Segundo Falconer e Mackay (1996), a distância genética, mostra-se positivamente correlacionada à heterose, sendo a magnitude da heterose proporcional à distância genética entre os genitores.

Em sua tradicional concepção, heterose é definida como a expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação, ou o efeito da complementação alélica traduzida como vigor híbrido, ou ainda, o efeito de alelos que se complementam bem no genoma híbrido (Vieira, 1967).

As estimativas de heterose têm sido obtidas de quatro formas: i) heterose média, que se refere à diferença matemática entre a média dos genitores e a média da geração híbrida; ii) heterose relativa ou percentual, que é a heterose média percentualizada; iii) heterobeltiose ou heterose em relação ao genitor superior, que é a diferença matemática entre a média da geração híbrida e do genitor superior

ponderada por esta última, cujo resultado é multiplicado por 100; e iv) heterose em relação a cultivar padrão, que é obtida pela diferença matemática entre a média da geração híbrida e da cultivar padrão, dividida por esta última, cujo resultado é multiplicado por 100 (Gomide et al., 2003; Silva e Miranda, 2003).

#### **2.4.2. Heterose em Tomateiro**

Em hortaliças, a heterose tem sido mais amplamente investigada em pesquisas com o melhoramento do aspargo, brócolis, cenoura, repolho, couve-flor, cebola, milho-doce, pepino, pimentão e tomate (Maluf, 1983; Melo, 1987; Braz, 1992; Gomide et al., 2003; Melo e Melo, 2003; Godoy et al., 2008; Santos et al., 2011; Souza et al., 2012).

Em tomateiro, pesquisas visando à utilização prática da heterose iniciaram quase que simultaneamente com o melhoramento do milho (Hendrick e Booth 1907; East e Hayes 1912), tendo particular destaque os avanços no aumento da uniformidade dos frutos, na redução do tempo de maturação dos frutos, na resistência a patógenos, no aumento da qualidade e da produtividade (Maluf, 2001; Atanassova e Georgier, 2007).

Como exemplo de investigação da heterose em tomateiro, Resende et al. (2000), estudaram os efeitos de cruzamentos dialélicos para estimar a capacidade geral e específica de combinação para características relacionadas à produção, envolvendo linhagens com resistência a tospovirose. Estimaram-se, ainda, valores de heterose em relação à cultivar padrão Santa Clara, tendo concluído que os híbridos expressaram elevadas estimativas de heterose em relação à cultivar padrão, com destaque para a produção e o número de frutos comerciáveis.

Em estudo sobre heterose por meio de cruzamento dialélico entre dez cultivares de tomateiro, Hannan et al. (2007) verificaram que a maioria dos híbridos expressou heterose positiva em relação à média dos genitores para produtividade, teor de sólidos solúveis totais e dias de maturação para do fruto. A análise de



variância demonstrou que houve efeito significativo tanto para a CGC quanto para a CEC. Entretanto, a média dos quadrados dos efeitos revelou que efeitos de dominância sobressaíram sobre a ação gênica aditiva.

Islam et al. (2012) avaliaram a geração  $F_1$  oriunda do cruzamento entre 19 combinações de um cruzamento dialélico sem recíproco e quatorze genitores de tomateiro. Obtiveram variações significativas no desempenho dos híbridos. Altos valores de heterobeltiose foram expressos para algumas combinações híbridas, em relação a precocidade, número de frutos por planta, altura da planta, peso do fruto, comprimento do fruto, diâmetro do fruto e teor de sólidos solúveis totais.

Souza et al. (2012), investigando as estimativas da capacidade específica de combinação de híbridos entre cinco genótipos de tomateiro de hábito indeterminado, verificaram a ocorrência de valores positivos da heterose média percentual para peso do fruto e número de frutos por planta.

## **2.5. Cruzamentos Dialélicos e Uso no Melhoramento Genético**

O uso da análise dialélica tem sido crescente entre os melhoristas de plantas (Cruz et al., 2012). É uma opção de análise de cruzamentos aos pares entre genótipos, que possibilita a obtenção de estimativas de capacidade combinatória, dos efeitos dos genitores, das estimativas da heterose, do controle genético de características (Ramalho et al., 1993; Cruz et al., 2012).

Vários métodos de análise dialélica têm sido propostos, exemplificando-se Jinks e Hayman (1953), ampliado por Hayman (1954), Gardner e Eberhart (1966), e Griffing (1956). O modelo desenvolvido por Griffing (1956) permite estimar os efeitos e as somas de quadrados de efeitos da CGC e CEC; o método proposto por Gardner e Eberhart (1966) possibilita estimar os efeitos de variedades e heterose varietal; a metodologia proposta por Hayman (1954) fornece informações sobre o mecanismo de herança da característica avaliada, dos valores genéticos dos genitores e do limite de seleção (Cruz et al., 2012).

Griffing (1956) propôs quatro métodos de análise dialélica: a) Método 1, em que são incluídas todas as  $p^2$  combinações, ou seja, os genitores, os  $F_{1s}$  e os recíprocos; Método 2, que é composto por  $p(p+1)/2$  combinações e inclui os genitores e os  $F_{1s}$ , sem os recíprocos; c) Método 3, que inclui as  $p(p-1)$  combinações, referentes aos  $F_{1s}$  e os seus recíprocos; e d) Método 4, relativo as  $p(p-1)/2$  combinações, em que apenas os híbridos  $F_{1s}$  são incluídos nas análises.

O método de Griffing (1956) inclui o Modelo I (fixo) em que os genitores são selecionados *a priori*, não sendo considerados uma amostra ao acaso de alguma população. A finalidade é a comparação da capacidade de combinação dos genitores quando os próprios são usados como testadores na identificação das combinações mais produtivas. No Modelo II (aleatório) as linhagens genitoras são consideradas como uma amostra aleatória de alguma população, e as conclusões não são feitas sobre as linhagens individuais da amostra, mas sim sobre os parâmetros de população parental. Neste modelo, o interesse maior é estimar os componentes genéticos e ambientais da variância da população. Para tanto, deve-se pressupor que os efeitos do modelo (exceto a média) têm distribuição normal e independente com média zero e variância igual a 1 (Cruz et al., 2012).

Quando utilizado o procedimento de Griffing (1956), a análise dialélica possibilita estimar as capacidades geral e específica de combinação, definidas por Sprague e Tatum (1942). A capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao desempenho médio de uma linhagem em uma série de cruzamentos e está associada, principalmente, aos efeitos aditivos dos alelos; a capacidade específica de combinação (CEC) refere-se ao desvio de um cruzamento específico em relação aos cruzamentos em geral e está relacionada aos efeitos dos desvios de dominância (Cruz et al., 2012).

O modelo estatístico proposto por Griffing (1956) estabelece os parâmetros  $\hat{g}_i$  e  $\hat{g}_j$  como sendo os efeitos da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo ou  $j$ -ésimo genitor, para  $i=j=1,2,\dots,p$ ; e  $\hat{s}_{ij}$  referindo-se ao efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores  $i$  e  $j$ . De acordo com Cruz et al. (2012), uma baixa estimativa dos efeitos da CGC ( $\hat{g}_i$ ), positiva ou negativa, indica que o valor da CGC do genitor, obtido com base em suas combinações híbridas, não difere muito da média geral da população dialélica. Por outro lado, quando os valores

estimados de  $\hat{g}_i$  são altos, positivos ou negativos, há indício que o genitor em questão é muito superior ou inferior aos restantes genitores do dialelo, com relação ao desempenho médio dos cruzamentos.

De acordo com Griffing (1956), o efeito da CEC ( $\hat{s}_{ij}$ ) é interpretado como o desvio do híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus genitores. Valores absolutos baixos de  $\hat{s}_{ij}$  indicam que o desempenho de dado cruzamento é relativamente melhor (quando os valores de  $\hat{s}_{ij}$  são positivos) ou pior (para valores negativos de  $\hat{s}_{ij}$ ) do que o esperado com base na CGC dos genitores.

Cruz e Vencovsky (1989) relatam que  $\hat{s}_{ii}$  é importante indicador da existência, ou não, de dominância unidirecional. Os valores de  $\hat{s}_{ii}$  serão negativos quando os desvios da dominância forem predominantemente positivos e serão positivos em caso contrário. Os valores de  $\hat{s}_{ii}$  têm grande significado genético, tanto no seu sinal quanto na sua magnitude. O sinal negativo dos  $\hat{s}_{ii}$  indica a existência de desvio da dominância unidirecional e, conseqüentemente, a manifestação de heterose positiva nas combinações híbridas de genitores divergentes. A magnitude de  $\hat{s}_{ii}$  é um indicativo da divergência genética do genitor  $i$  em relação à média dos demais genitores considerados no dialelo. Quanto maior for o valor absoluto de  $\hat{s}_{ii}$ , maior será o efeito da heterose varietal ou inerente à cultivar, que é manifestada em todos os seus híbridos.

Devido à capacidade informativa das análises dialélicas, seu uso tem sido referenciado em tomateiro, sobretudo na avaliação de características quantitativas (Melo, 1987; Prata et al., 2003; Souza et al., 2012).

Melo (1987), estudou a heterose e capacidade combinatória em um cruzamento dialélico parcial entre seis cultivares de tomateiro. O autor observou que todos os híbridos  $F_1$  foram superiores à cultivar padrão 'Ângela I.5100', em relação às características produção total de frutos por planta, número de frutos por inflorescência, número de frutos por planta e número de lóculos, com estimativas máximas de heteroses superiores em 45% às médias dos genitores.

Amaral Júnior et al. (1996) estudaram a capacidade combinatória de quatro características de importância econômica – produção de frutos comerciáveis, espessura média da polpa, número médio de lóculos por fruto e teor de sólidos solúveis – em dialelo entre seis genitores de tomateiro e constataram a

predominância dos efeitos gênicos não aditivos para o caráter produção de frutos comerciáveis, ao contrário de espessura média da polpa, enquanto para número médio de lóculos houve equivalência dos efeitos aditivos e não aditivos na expressão desta característica.

Prata et al., (2003), avaliando os efeitos de um cruzamento dialélico completo 5 x 5, sem recíproco entre variedades comerciais, incluindo também germoplasma exótico e mutante de tomate, estudaram as características vida de prateleira do fruto, peso do fruto, forma e número médio de flores por cacho. As estimativas da capacidade geral e específica de combinação foram significativas para todas as características avaliadas. Os autores constataram dominância negativa unidirecional para peso de fruto e vida da prateleira, e dominância positiva para o formato e número médio de flores por cacho. A capacidade específica de combinação foi superior para a vida de prateleira, com conseqüente predominância dos efeitos não-aditivos para esta característica.

Efeitos da capacidade de combinação foram estimados para os componentes de produção, rendimento e altura de planta, em um cruzamento dialélico entre oito genitores sem os recíprocos. Os resultados evidenciaram variações de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), em que ambas foram altamente significativas; as médias dos quadrados dos efeitos indicaram que os efeitos de dominância foram mais importantes que os de aditividade para todas as características avaliadas (Ahmad et al., 2009).

Pádua et al. (2010) avaliaram a capacidade combinatória de linhagens de tomateiro de hábito de crescimento determinado quanto à resistência múltipla a espécies de vírus dos gêneros Begamovírus e Tospovírus. Os autores identificaram combinações híbridas superiores para as características produção total e produção precoce – considerando as quatro primeiras colheitas – e massa média de frutos. Um dos híbridos – ‘TOM-682’ x ‘TOM-698’ – expressou as maiores estimativas de capacidade específica de combinação para produção total, produção precoce e meia-vida da firmeza, sendo considerado o genótipo mais promissor entre os testados.

Souza et al. (2012), estimaram a capacidade geral e específica de combinação, bem como a heterose em um cruzamento dialélico completo entre

cinco linhagens de tomateiro, sem os recíprocos, para características relacionadas à produção (número de fruto por planta, peso médio por planta e produtividade). Observaram que para a produção de frutos por planta, os genitores que se destacaram com maior CGC foram: 'IAC-2', 'IAC-4' e 'IAC-1'. Os híbridos 'IAC-1' x 'IAC-2' e 'IAC-2' x 'IAC-4' obtiveram os maiores valores da estimativa dos efeitos da CEC para a produção de frutos e para número de frutos por planta. Os autores concluíram que ambos os efeitos gênicos – aditivos e não aditivos – foram importantes e significativos para todas as características avaliadas.




Amin et al. (2012) investigaram a herança de nove características – dias para frutificação, altura da planta, número de ramos primários por planta, tamanho dos frutos, espessura da polpa, produção dos frutos por planta, peso médio de frutos, produção de frutos e número de lóculos por fruto – em cruzamentos oriundos de dez genitores de tomateiro. Apesar de nenhum dos genitores haver expressado efeitos da CGC desejáveis para todas as características, os autores assinalaram os genitores 'ARKA VIVAS', 'KS-277', 'ROMA', 'DVRT-I' e 'DARL-63' como promissores, uma vez que detiveram efeitos significativos da GCC desejáveis para a maioria das características, sugerindo, portanto, a sua utilização em programas de melhoramento genético.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Genótipos - Genitores e Híbridos**




##### **3.1.1. Descrição das cultivares**

Foram utilizados cinco genótipos de tomateiro, sendo quatro ('13LD', 'Castone', 'Massag-72' e 'Viradouro') cedidos pelo Professor Paulo César Tavares de Melo – ESALQ/USP e um genótipo comercial ('Rio Grande') da empresa ISLA Sementes e as duas testemunhas uma da empresa Blue Seeds ('Caité') e outra da Empresa ISLA Sementes ('Imbuia') (Figura1).

Genótipos	Descrição
 <p data-bbox="516 611 623 642"><b>B13LD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possui resistência a <i>Verticillium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp. e a <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>.</li> <li>- Os frutos caracterizam-se por ter boa firmeza, formato oblongo alongado, ausência de camada de abscisão do pedúnculo; cor vermelha brilhante e alto teor de sólidos solúveis (°Brix).</li> </ul>
 <p data-bbox="505 1144 634 1176"><b>Castone</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistente a <i>Verticillium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> e <i>Stemphylium</i> spp.</li> <li>- Os frutos têm amadurecimento precoce, firmeza mediana, alta uniformidade e coloração vermelha brilhante; a planta é compacta.</li> </ul>
 <p data-bbox="488 1591 651 1623"><b>Massag-72</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistente a <i>verticillium</i> spp. E <i>fusarium</i> spp.</li> <li>- os frutos são alongados com formato de pêra e possuem boa firmeza</li> </ul>

Continua

Figura 1, Cont.

Genótipos	Descrição
 <p data-bbox="500 764 656 798"><b>Viradouro</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 302 1386 336">- Possui resistência a <i>tospovírus</i>.</li> <li data-bbox="922 373 1474 457">- Os frutos se caracterizam com boa firmeza.</li> </ul>
 <p data-bbox="493 1213 665 1247"><b>Rio Grande</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 842 1474 926">- Resistente a <i>Verticillium sp.</i> e <i>Fusarium sp.</i> raça tipo 1 e 2.</li> </ul>
 <p data-bbox="537 1835 623 1869"><b>Caité</b></p>	<p data-bbox="922 1346 1474 1598">Resistência a <i>verticillium ssp</i>, <i>fusarium spp.</i> Raças tipo 1 e 2, vírus do mosaico de tabaco, vírus do “vira cabeça” e geminivírus “Tomato Curly Stunt Vírus” (TYLCV).</p>

Continua



Figura 1, Cont.


Genótipos	Descrição
 <p data-bbox="505 701 607 730"><b>Imbuia</b></p>	<p data-bbox="873 306 1466 411">Resistência a <i>Verticillium</i> spp.; fusarium spp. Raças tipo 1 e 2, Nematóide, "Tobacco Mosaic Virus" (TMV).</p>

Figura 1- Genitores de tomate de hábito de crescimento determinado para dupla finalidade utilizados nos cruzamentos dialélicos e duas testemunhas (Caité e Imbuia).

### 3.1.2. Obtenção de Híbridos F<sub>1</sub>

Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação localizada na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), no município de Campos dos Goytacazes, situado no Norte do Estado do Rio de Janeiro, latitude de 21° 44' 22" Sul e longitude de 41° 12' 26,2" Oeste (UPEA, 2012).

Para a obtenção das mudas, os genótipos foram semeados em bandejas de poliestireno com 128 células em substrato comercial Vivatto®. Foram utilizadas três sementes por célula, com posterior desbaste, deixando uma plântula por célula. Após o aparecimento de três a quatro folhas definitivas as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade para cinco litros.

As sementes híbridas foram produzidas no período de outubro a dezembro de 2011, utilizando-se para cada genitor, um total de oito plantas, que foram cultivadas em vasos, contendo uma mistura de terra e substrato comercial Vivatto® na

proporção 2:1. Cada vaso recebeu 30 gramas da formulação química de NPK, na proporção de 4:14:8.

Por meio de um sistema de cruzamentos dialélicos completos (Tabela 1) foram obtidos todos os  $p(p-1)/2$  híbridos  $F_1$ , totalizando dez híbridos.

Os botões florais recém-abertos de cada um dos genitores masculinos foram coletados para retirada do pólen. O pólen obtido de cada genitor foi armazenado em cápsulas de amido, em geladeira, dentro de recipientes contendo sílica-gel, e devidamente identificados.

A polinização artificial para a obtenção das sementes híbridas foi realizada pela manhã, no período das 6 h às 10 h e à tarde, entre 16 h e 18 h 30 min. Esta consistiu na emasculação de flores antes da antese, com coloração esverdeada ou esbranquiçada para posterior colocação do pólen no estigma. Nesta fase, o estigma encontra-se receptivo (Silva e Giordano, 2000). No processo de hibridação utilizou-se uma pinça inox com ponta fina para a abertura das pétalas, removendo o estame, deixando o estigma pronto para a polinização. No mesmo período, a polinização foi feita colocando-se grãos de pólen de cada um dos genitores masculinos nos estigmas de cada flor emasculada.

Os botões emasculados foram protegidos com envelopes e etiquetas, as quais foram utilizadas para identificar os frutos provenientes de cada cruzamento. Após um período de sete dias, os envelopes de papel envolvendo os botões florais foram retirados para a averiguação do sucesso nas hibridações.

Os frutos viáveis foram colhidos depois de apresentarem coloração vermelha, procedendo-se à extração e à fermentação das sementes, que posteriormente foram armazenadas em envelopes de papel, devidamente identificados e acondicionados em geladeira (Embrapa, 2006).

**Tabela 1.** Esquema de cruzamento dialélico completo sem recíprocos entre cinco genitores de tomateiro de hábito de crescimento determinado para dupla finalidade.

Número	Genitores	B13LD	CTN	MASSAG- 72	VIRADOURO	RIO GRANDE
1	B13LD	1x1*	1x2	1x3	1x4	1x5
2	Castone	-	2x2*	2x3	2x4	2x5
3	Massag-72	-	-	3x3*	3x4	3x5
4	Viradouro	-	-	-	4x4*	4x5
5	Rio Grande	-	-	-	-	5x5*

\*A diagonal corresponde às cultivares genitoras.

### 3.2. Avaliação dos Genótipos

#### 3.2.1. Delineamento e Condução do Experimento

Em 08/05/2012 as sementes dos genótipos (genitores, híbridos e as testemunhas – ‘Caité’ e ‘Imbuia’) foram semeadas em células contendo substrato comercial Vivatto® em bandejas de poliestireno em casa de vegetação; e, em 05/06/2012 as mudas foram transferidas para o campo quando apresentavam três a quatro folhas definitivas.

O experimento foi conduzido na área de convênio da UENF com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio), Estação Experimental de Campos, em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro (21°19'23" de latitude sul e 41°19'40" de longitude oeste), a 13 m de altitude em área de topografia suave. Segundo o sistema de classificação de Köppen (1948), o clima da região Norte Fluminense é do tipo AW, tropical quente úmido, com período seco no inverno e chuvoso no verão, com precipitação anual em torno de 1.152 mm. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em que 17 tratamentos (cinco genitores, dez híbridos e duas testemunhas) foram aleatorizados em parcelas

com espaçamento de 1,0 m x 0,5 m entre fileiras e plantas, respectivamente. Foram utilizadas seis plantas por parcela, sendo cada parcela constituída por duas fileiras com 3 m de comprimento.

A adubação foi realizada de acordo com os resultados de análise de solo; a irrigação foi realizada por gotejamento e os tratos culturais foram realizados conforme as recomendações para a cultura (Filgueira, 2008).

### **3.3. Características Avaliadas**

As seguintes características foram avaliadas:

a) Dias para a Frutificação (DF) - Número de dias do transplântio até que 50% das plantas da parcela apresentassem frutos maduros na primeira e/ou segunda bifurcação;

b) Número Total de Frutos por Planta (NTFP) – Obtido pela contagem de todos os frutos produzidos na unidade experimental;

c) Peso Médio do Fruto (PMF) – Expresso em gramas, obtido pela razão entre o número total de frutos da parcela e o peso total de frutos da parcela;

d) Comprimento do Fruto (CF) – Obtido pela média do comprimento de 15 frutos da parcela, utilizando-se paquímetro digital;

e) Diâmetro do Fruto (DIAMF) - Obtido pela média do diâmetro de 15 frutos da parcela, utilizando-se paquímetro digital;

f) Espessura da polpa (EP) - Expressa em mm, obtida pela medição do pericarpo, após um corte transversal no fruto, por meio de um paquímetro digital, em uma amostra de 15 frutos por parcela;

g) Firmeza do fruto (FE) – Expressa em Newton (N), determinada com auxílio de penetrômetro digital e ponteira de 8 mm de diâmetro, tomando-se duas leituras por fruto em lado oposto equatorial, de uma amostra de 15 frutos por parcela;

h) Teor de sólidos solúveis totais (TSS) - Expresso em ° Brix, obtido com o auxílio de refratômetro digital, em uma amostra de 15 frutos por parcela;

i) Produtividade (PROD) - Resultado da multiplicação de NTFP e PMF (Kg/planta) e extrapolados para toneladas por hectare (t/ha).

### 3.4. Análises Estatísticas

As análises foram realizadas utilizando-se os recursos computacionais do Programa GENES (Cruz, 2006).

#### 3.4.1. Análise de Variância

A partir das características mensuradas nos cinco genótipos – dez híbridos  $F_{1s}$  e duas testemunhas – foi realizada a análise de variância empregando o modelo genético-estatístico

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \xi_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = valor fenotípico da ij-ésima observação referente ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

$\mu$  = média geral da característica;

$g_i$  = efeito do i-ésimo genótipo;

$b_j$  = efeito do j-ésimo bloco, e

$\xi_{ij}$  = erro experimental médio.

A partir de então, aplicou-se o teste F para as características avaliadas e, por conseguinte, foi utilizado o teste de agrupamento de médias, proposto por Scott-Knott (1974).

**Tabela 2.** Análise de variância parametrizada em pais (genitores),  $F_{1s}$  e testemunhas, com as respectivas esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos	b-1	QM3	$\sigma^2 + t\sigma^2 b$
Tratamentos (t)	t-1	QM2	$\sigma^2 + b\theta t$
Genótipos (Pais e $F_{1s}$ )	g-1	QM2.1	$\sigma^2 + bt_e \theta g$
Pais	p-1	QM2.1.1	$\sigma^2 + b\theta p$
$F_{1s}$	$F_{1s}-1$	QM2.1.2	$\sigma^2 + b\theta f_1$
Pais <i>versus</i> $F_{1s}$	1	QM2.1.3	$\sigma^2 + b\theta p f_1$
Testemunhas (te)	te-1	QM2.2	$\sigma^2 + bg\theta t_e$
Genótipos <i>versus</i> te	1	QM2.3	$\sigma^2 + b\theta g t_e$
Erro	(b-1) (t-1)	QM1	$\sigma^2$

Em que: b = número de blocos; g = número de genótipos (Pais +  $F_{1s}$ ); t = número de tratamentos (Pais +  $F_{1s}$  + testemunhas); e te = número de testemunhas.

### 3.4.2. Análise Dialélica

A análise dialélica foi efetuada utilizando-se o método 2, modelo I de Griffing (1956) (Tabela 3), no qual são incluídas as linhagens genitoras e o conjunto de híbridos  $F_1$ , em que supõe-se que apenas o erro experimental é de efeito aleatório.

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

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

em que:

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

$m$  = efeito médio de todos os tratamentos;

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

$g_j$  = efeito da CGC do genitor  $j$ ;

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

$\varepsilon_{ij}$  = erro experimental médio associado às médias da tabela dialélica.

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

$$\sum_i g_i = 0 \quad \text{e} \quad s_{ij} + \sum_i s_{ij} = 0$$

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

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

$$g_i = \frac{1}{p+2} \left[ Y_{ii} + Y_{i.} - \frac{2}{p} Y_{..} \right]$$

$$s_{ij} = Y_{ij} - \frac{1}{p+2} \left[ Y_{ii} + Y_{jj} + Y_{i.} + Y_{.j} \right] + \frac{2}{(p+1)(p+2)} Y_{..}$$

**Tabela 3.** Esquema da análise de variância para CGC e CEC, segundo a metodologia de Griffing (1956), método 2, modelo1.

FV	GL	SQ	QM	F	E(QM)
CGC	p-1	SQ (CGC)	QMG	QMG/QMR	$\sigma^2 + (P + 2)\theta_g$
CEC	$p \frac{(p-1)}{2}$	SQ (CEC)	QMS	QMS/QMR	$\sigma^2 + \theta_s$
Resíduo	F	SQR	QMR		$\sigma^2$

Em que:

$f = (b-1)(g-1)$ , que corresponde ao número de graus de liberdade do resíduo da análise preliminar; e

$$S_g = SQ(g_i) = SQ(CG C) = \frac{1}{p+2} \left[ \sum (y_{i+} + Y_{ii})^2 - \frac{4}{p} y^2 \dots \right];$$

$$S_s = SQ(S_{ij}) = SQ(CEC) = \sum \sum Y_{ij}^2 - \frac{1}{p+2} \sum (Y_{ii} + Y_{i.})^2 + \frac{2}{(p+1)(p+2)} Y^2$$

$$i \leq j \theta_g = \frac{1}{p-1} \sum g_i^2$$

$$\theta_s = \frac{2}{p(p-1)} \sum \sum S_{ij}^2$$

$$i \leq j$$

Além das estimativas de capacidade combinatória, foram estimadas as heteroses relativas à média dos pais e da cultivar padrão, conforme propostas por Fehr (1987):

$$\text{Heterose média Parental (\%)} = \frac{F_1 - (P_1 + P_2)/2}{(P_1 + P_2)/2} * 100$$

$$\text{Heterose padrão (\%)} = \frac{F_1 - CP}{CP} * 100 ,$$

Em que:

$F_1$  = média da geração  $F_1$ ;

$P_1$  e  $P_2$  = genótipos parentais; e,

CP = média da cultivar padrão



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise de Variância Univariada

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para as características CF, EP, FE, TSS, NTFP, PMF e PROD pelo teste F, em 1% e 5% de probabilidade, demonstrando o potencial dos genitores, híbridos e testemunhas para o melhoramento genético. A significância dos quadrados médios pelo teste F em 1% de probabilidade para a maioria das características, também para a fonte de variação dos genótipos, revela que as diferenças genéticas se estendem para os genótipos (genitores e  $F_{1s}$ ), indicando que há potencial para ganhos genéticos em futuras estratégias de melhoramento em que os genitores e híbridos estejam presentes (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de variância de nove características avaliadas em cinco genitores, dez híbridos e duas testemunhas de tomateiro para dupla finalidade. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2012.

FV	GL	QM <sup>1</sup>								
		DF	CF	DIAMF	EP	FE	TSS	NTFP	PMF	PROD
Blocos (B)	3	41,0735	52,1567	152,0919	2,5938	14,509	1,0939	74,3803	475,5283	584,1812
Tratamentos (T)	16	50,1801 <sup>ns</sup>	273,6638 **	86,9372 <sup>ns</sup>	1,5226 *	24,2179 **	1,1603 **	149,4453 **	1406,2433 **	488,7094 **
Genótipos (G)	14	8,8643 <sup>ns</sup>	232,3055 **	32,3364 <sup>ns</sup>	0,3081 *	21,4285 *	0,548 **	146,9848 **	317,0506**	502,2379 **
Pais	4	10,075 <sup>ns</sup>	483,7097 **	39,6893 <sup>ns</sup>	0,3757 <sup>ns</sup>	18,6231 <sup>ns</sup>	1,1095 **	71,0123 *	333,4691 <sup>ns</sup>	283,5728 <sup>ns</sup>
F <sub>1s</sub>	9	8,1111 <sup>ns</sup>	144,908 <sup>ns</sup>	16,8757 <sup>ns</sup>	0,3067 <sup>ns</sup>	17,6194 <sup>ns</sup>	0,3591 <sup>ns</sup>	158,6706 **	258,6751 <sup>ns</sup>	608,1613 **
Pais versus F <sub>1s</sub>	1	10,8 <sup>ns</sup>	13,2668 <sup>ns</sup>	142,071 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	66,9312 **	0,0021 <sup>ns</sup>	345,7027 **	776,7565 <sup>ns</sup>	423,5875 <sup>ns</sup>
Testemunhas (Te)	1	480,5 **	973,2872 **	931,6086 **	17,8205 **	30,42 *	3,38 **	28,6272 <sup>ns</sup>	15738,8991 **	787,0745 *
G versus Te	1	198,2824 <sup>ns</sup>	153,0564 <sup>ns</sup>	6,6771 <sup>ns</sup>	2,2282 <sup>ns</sup>	57,0674 *	7,513 **	304,7109 **	2322,2853 **	0,9446 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	56,1777	87,6704	47,8728	0,7168	9,0538	0,2128	24,4345	224,0802	122,9489
Média Geral		57,1944	70,7965	47,6250	7,1441	14,7188	4,1670	26,8492	96,7858	51,3149
Média dos Híbridos		56,6663	69,9519	45,9835	7,1173	14,0480	4,2322	28,9592	90,5536	52,4752
Média dos Pais		57,5667	70,9487	49,2470	7,0554	16,2893	4,2408	23,8672	98,1862	46,8388
Média das Testemunhas		58,9042	74,6388	51,7773	7,4994	14,1463	3,6567	23,7542	124,4461	56,7036
CV (%)		13,2831	13,4267	14,7348	12,0419	20,8069	11,2239	18,6611	15,7188	21,9337

<sup>1</sup>/ DF = Dias de frutificação; CF = comprimento do fruto (mm); DIAMF = Diâmetro do fruto (mm); EP = espessura do pericarpo (mm); FE = Firmeza (N); TSS = Teor de sólidos solúveis totais (°

Brix); NTFP = Número de frutos por planta; PMF= Peso médio de frutos (g); PROD = Produtividade (t/ha).

<sup>ns</sup> = Não significativo em nível de 0,05;

\*\*\* = Significativo em nível de 0,01; e

\* = Significativo em nível de 0,05.

O desdobramento da fonte de variação genótipos em pais e  $F_{1's}$  e no contraste pais *versus*  $F_{1's}$  (Tabela 4) possibilitou a diferenciação dos genótipos quanto à significância para as características avaliadas. Neste aspecto, para pais houve significância em 5 ou 1% de probabilidade para CF, TSS e NTFP, enquanto para  $F_{1's}$ , significância em 1% ocorreu para NTFP e PROD. Pode-se inferir que houve variabilidade entre os pais e  $F_{1's}$  obtidos nos cruzamentos dialélicos. Essa variabilidade entre os híbridos para as características NTFP e PROD indica a possibilidade de identificar cruzamentos superiores; tal fato também é indicativo de que a hibridação é a melhor estratégia para se obter ganhos na produtividade, conforme relatado por outros autores (Melo, 1987; Amin et al., 2012; Souza et al., 2012).

Quanto à fonte de variação testemunhas, houve significância em todas as características, exceto em NTFP, o que possibilita inferir pela acentuada divergência genética entre 'Caité' e 'Imbuia', utilizadas como testadores nesta pesquisa. No que se refere ao contraste genótipos (G) *versus* testemunhas (Te) verificou-se significância para FE, TSS, NTFP e PMF, permitindo inferir sobre a variabilidade genética entre o conjunto de pais e  $F_{1's}$  para com as cultivares 'Caité' e 'Imbuia', utilizadas como testemunhas nesta pesquisa.

Os coeficientes de variação experimental (CVe) para as características avaliadas – DF, CF, DIAMF, EP, TSS, NTFP e PMF – expressaram estimativas médias, oscilando entre 11,22 e 18,66%. As características FE e PROD expressaram os mais altos coeficientes de variação experimental, com magnitudes de 20,81 e 21,93%, respectivamente, por apresentaram maior sensibilidade para com as variações ambientais não controláveis. Considerando o tipo de característica avaliada, no geral, houve evidência de boa precisão experimental. Santos et al. (2011), avaliando o desempenho agrônomico de híbridos  $F_1$  de tomate de mesa, em condições de campo, obtiveram coeficientes de variação experimental variando entre 3,25 e 17,24%, esse último obtido para a média de produção de frutos por planta, cujo valor é próximo aos observados no presente estudo.

## 4.2. Teste de Agrupamento de Médias

Pelo teste de agrupamento Scott-knott (1974), foi possível a formação de três grupos para a característica TSS e dois grupos para CF, EP, FE, NTFP, PMF e PROD (Tabela 5). Em relação à TSS, verificou-se que os genitores e seus híbridos foram superiores às testemunhas. Para os genitores, essa característica variou de 3,40 a 4,78 °Brix, ao passo que não houve variação significativa entre valor médio e os híbridos. Destaca-se a importância de TSS, por ser característica diretamente relacionada com o sabor dos frutos e rendimento industrial, sendo que quanto maior a estimativa de °Brix, o fruto é mais saboroso e com maior rendimento industrial (Silva e Giordano 2000; Melo, 2012).

Para Número total de frutos por planta (NTFP) não houve variação entre os genitores, porém, verificou-se variação entre os híbridos, destacando-se 'B13LD' x 'Viradouro' com 38,12 frutos por planta. Para PROD, o genitor ('B13LD') foi o que obteve a menor produtividade, com magnitude de 33,57 t/ha; e o mais produtivo foi 'Rio Grande', com 55,50 t/ha. Em relação aos híbridos, a menor produtividade foi expressa pela combinação 'Castone' x 'Massag-72', com 35,33 t/ha, enquanto 'B13LD' x 'Viradouro', com 69,86 t/ha, deteve a maior produtividade.

**Tabela 5.** Agrupamento de médias de sete características avaliadas em cinco genitores e 10 híbridos de tomateiro para dupla finalidade. Utilizando o teste de Scott-knott (1974) em 5% de probabilidade. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2012.

Genótipos	Características Agronômicas						
	CF	EP	FE	TSS	NTFP	PMF	PROD
P <sub>1</sub>	66,48 <b>b</b>	7,16 <b>a</b>	17,84 <b>a</b>	4,78 <b>a</b>	16,89 <b>b</b>	99,04 <b>b</b>	33,57 <b>b</b>
P <sub>2</sub>	68,00 <b>b</b>	7,41 <b>a</b>	17,20 <b>a</b>	4,58 <b>a</b>	27,63 <b>b</b>	93,33 <b>b</b>	51,80 <b>a</b>
P <sub>3</sub>	89,91 <b>a</b>	6,96 <b>a</b>	12,50 <b>b</b>	4,28 <b>a</b>	23,22 <b>b</b>	103,96 <b>b</b>	48,64 <b>a</b>
P <sub>4</sub>	61,38 <b>b</b>	6,58 <b>a</b>	17,21 <b>a</b>	3,40 <b>b</b>	26,14 <b>b</b>	85,59 <b>b</b>	44,68 <b>b</b>
P <sub>5</sub>	68,97 <b>b</b>	7,15 <b>a</b>	16,71 <b>a</b>	4,18 <b>a</b>	25,46 <b>b</b>	109,01 <b>b</b>	55,50 <b>a</b>
P <sub>1</sub> X P <sub>2</sub>	65,20 <b>b</b>	7,14 <b>a</b>	16,42 <b>a</b>	4,75 <b>a</b>	21,50 <b>b</b>	87,29 <b>b</b>	37,60 <b>b</b>
P <sub>1</sub> X P <sub>3</sub>	74,91 <b>a</b>	7,00 <b>a</b>	11,95 <b>b</b>	4,25 <b>a</b>	20,50 <b>b</b>	89,12 <b>b</b>	36,37 <b>b</b>
P <sub>1</sub> X P <sub>4</sub>	62,51 <b>b</b>	6,94 <b>a</b>	12,17 <b>b</b>	3,80 <b>a</b>	38,12 <b>a</b>	91,63 <b>b</b>	69,86 <b>a</b>
P <sub>1</sub> X P <sub>5</sub>	66,67 <b>b</b>	7,69 <b>a</b>	17,07 <b>a</b>	4,53 <b>a</b>	34,67 <b>a</b>	96,42 <b>b</b>	66,83 <b>a</b>
P <sub>2</sub> X P <sub>3</sub>	75,29 <b>a</b>	6,61 <b>a</b>	10,58 <b>b</b>	4,10 <b>a</b>	22,63 <b>b</b>	78,23 <b>b</b>	35,33 <b>b</b>
P <sub>2</sub> X P <sub>4</sub>	66,07 <b>b</b>	7,17 <b>a</b>	14,51 <b>a</b>	4,03 <b>a</b>	35,88 <b>a</b>	83,82 <b>b</b>	60,67 <b>a</b>
P <sub>2</sub> X P <sub>5</sub>	66,70 <b>b</b>	7,08 <b>a</b>	12,84 <b>b</b>	4,38 <b>a</b>	30,03 <b>a</b>	89,29 <b>b</b>	53,70 <b>a</b>
P <sub>3</sub> X P <sub>4</sub>	74,07 <b>a</b>	6,98 <b>a</b>	15,62 <b>a</b>	4,43 <b>a</b>	32,75 <b>a</b>	84,39 <b>b</b>	55,18 <b>a</b>
P <sub>3</sub> X P <sub>5</sub>	81,41 <b>a</b>	7,28 <b>a</b>	14,71 <b>a</b>	4,18 <b>a</b>	27,16 <b>b</b>	101,46 <b>b</b>	54,92 <b>a</b>
P <sub>4</sub> X P <sub>5</sub>	66,71 <b>b</b>	7,24 <b>a</b>	14,64 <b>a</b>	3,85 <b>a</b>	26,38 <b>b</b>	103,89 <b>b</b>	54,30 <b>a</b>
Test1	76,66 <b>a</b>	8,02 <b>a</b>	13,90 <b>b</b>	3,85 <b>a</b>	18,80 <b>b</b>	155,59 <b>a</b>	60,15 <b>a</b>
Test2	54,60 <b>b</b>	5,04 <b>b</b>	10,00 <b>b</b>	2,55 <b>c</b>	22,58 <b>b</b>	66,88 <b>b</b>	40,31 <b>b</b>

CF= Comprimento do fruto (mm); EP = espessura do pericarpo (mm); FE = Firmeza (N); TSS = Teor de sólidos solúveis totais (°Brix); NTFP = Número de frutos por planta; PMF= Peso médio de frutos (g), PROD = Produtividade (t/ha); P<sub>1</sub> = B13LD; P<sub>2</sub> = Castone; P<sub>3</sub> = Massag-72; P<sub>4</sub> = Viradouro; P<sub>5</sub> = Rio Grande; Test1 = Caité; Test2 = Imbuia

As médias do número total de frutos por planta (NTFP) variaram de 16,89 a 38,12. Os híbridos 'B13LD' x 'Viradouro', 'B13LD' x 'Rio Grande', 'Castone' x 'Viradouro', 'Castone' x 'Rio Grande' e 'Massag-72' x 'Rio Grande' tiveram médias superiores às médias dos híbridos comerciais, evidenciando a manifestação dos efeitos heteróticos em relação à cultivar padrão. A hibridação já foi apontada por alguns autores como alternativa para obtenção de cultivares/híbridos de tomateiro para maior número de frutos (Melo, 1987; Maciel et al., 2011; Souza et al., 2012).

Para a característica produtividade (PROD) as médias variaram de 33,57 a 69,86 t/ha. Os híbridos 'B13LD' x 'Viradouro', 'B13LD' x 'Rio Grande', 'Castone' x 'Viradouro' foram superiores aos demais genótipos (genitores, híbridos e as testemunhas). Considerando o objetivo do trabalho, que é desenvolver cultivares superiores para fins de dupla finalidade, pode-se inferir que os híbridos 'B13LD' x 'Viradouro', 'B13LD' x 'Rio Grande', 'Castone' x 'Viradouro' são promissores, em razão das magnitudes de suas produtividades. Ademais, estes híbridos apresentaram valores adequados para firmeza do fruto e teor de sólidos solúveis, características de maior interesse para dupla finalidade, mesa e indústria (Silva e Giordano, 2000). Além destes híbridos, as combinações 'B13LD' x 'Castone', 'B13LD' x 'Rio Grande', 'Castone' x 'Rio Grande', 'Massag-72' x 'Viradouro', 'Massag-72' x 'Rio Grande' e 'Viradouro' x 'Rio Grande', expressaram médias superiores em relação às testemunhas para FE, além de deterem médias satisfatórias em relação à SST. Trata-se, pois, de combinações de interesse para serem avaliadas em ensaios experimentais visando ao registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil.

Para o comprimento do fruto (CF) houve variação entre os genitores avaliados de 61,38 a 89,91 mm, sendo que a amplitude dos híbridos variou de 62,51 a 81,41 mm. Os híbridos que tiveram alocados no grupo de maior média foram 'B13LD' x 'Massag-72', 'Castone' x 'Massag-72', 'Massag-72' x 'Viradouro' e 'Massag-72' x 'Rio grande'; esses híbridos apresentaram em comum o genitor 'Massag-72' e junto com a testemunha 'Caité' formaram o grupo de maior média. Estes resultados evidenciam o potencial do genitor 'Massag-72' para contribuir com aumentos para a característica CF em cruzamentos em que participar.

### **4.3. Análise Dialélica**

#### **4.3.1. Análise de variância para a capacidade combinatória**

O desdobramento da soma de quadrados atribuída aos efeitos de genótipos em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), assim como as médias dos quadrados dos efeitos para as sete características avaliadas, estão presentes na Tabela 6. Os valores dos quadrados médios referentes à CGC foram altamente significativos (1%) para a maioria das características, exceto para EP e FE, que foram significativos em 5%, pelo teste F (Tabela 6). No que se refere à CEC foram verificados valores altamente significativos (1%) para as características FE, TSS, NTFP e PROD e significativo em 5% para PMF (Tabela 6). Portanto, para FE, TSS, NTFP, PMF e PROD há expressão de efeitos aditivos e não aditivos no controle destas características.

As estimativas dos componentes quadráticos da CEC (Tabela 6) revelaram que os efeitos gênicos não aditivos foram superiores para as características FE, NTFP, PMF e PROD. Isso indica que os genitores podem ser utilizados em programas de melhoramento interpopulacional, via utilização prática da heterose, proporcionando maiores ganhos com relação a essas características. Esses resultados estão em conformidade com os obtidos por Melo (1987), Martinez et al. (1989) e Souza et al. (2012), que também verificaram preponderância dos efeitos de dominância em relação à aditividade para características relacionadas com a produção de frutos em tomateiro. Para a característica CF, a superioridade dos efeitos gênicos aditivos em relação aos não aditivos denota que a melhor opção a ser adotada é a utilização em programas de melhoramento que tencionem obter novas linhagens.

**Tabela 6.** Quadrados médios de genitores e híbridos experimentais, bem como das capacidades geral e específica de combinação para sete características de tomateiro para dupla finalidade, avaliados em dialelo completo sem os recíprocos. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2012.

FV	GL	Quadrados Médios <sup>1/</sup>						
		CF	EP	FE	TSS	NTPF	PMF	PROD
Genótipos	14	232,30**	0,30*	21,42**	0,55**	146,98**	317,05**	502,24**
CGC	4	783,25**	0,44*	23,05*	1,35**	133,49**	605,91**	496,17**
CEC	10	11,92 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	20,77**	0,23**	152,38**	201,50*	504,66**
Resíduo	42	8,09	0,13	6,49	0,06	9,52	90,93	52,20
Média dos quadrados dos efeitos								
CGC		27,68	0,01	0,59	0,045	4,42	18,39	15,85
CEC		0,95	0,02	3,57	0,040	35,71	27,64	113,11

<sup>1/</sup> CF = Comprimento do fruto (mm); EP = espessura do pericarpo (mm); FE = Firmeza (N); TSS = Teor de sólidos solúveis totais (°Brix); NTPF = Número de frutos por planta; PMF = Peso médio de frutos (g), PROD = Produtividade (t/ha). ns = Não significativo em nível de 0,05; \*\* = Significativo em nível de 0,01; e \* = significativo em nível de 0,05.

Em relação à EP e TSS, os efeitos aditivos e não aditivos foram igualmente importantes, uma vez que as médias dos quadrados dos efeitos da CGC e CEC praticamente se equivaleram (Tabela 6). Do exposto, portanto, conclui-se que quando se pretende ganhos para a espessura do pericarpo e para o teor de sólidos solúveis totais, os genitores podem ser utilizados tanto em programas de melhoramento com o objetivo de obter novas linhagens quanto para o desenvolvimento de híbridos. Em relação à TSS, os resultados deste estudo corroboram com os obtidos por Hannan et al. (2007), em que predominaram os efeitos gênicos aditivos e não aditivos para a característica. Todavia, contrasta com a pesquisa de Ahmad et al. (2009), na qual os efeitos gênicos aditivos preponderaram sobre os de dominância para o teor de sólidos solúveis totais.



#### 4.3.2. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação

Os efeitos da capacidade geral de combinação referem-se à concentração de genes com efeitos aditivos (Sprague e Tatum, 1942). Desse modo, os genitores com estimativas de CGC altas e positivas são os que mais contribuem para o aumento da expressão da característica, enquanto aqueles com valores altos e negativos contribuem com a redução de sua manifestação. Assim, os genitores com os maiores valores de CGC poderão ser incluídos em programas de melhoramento genético, cujo objetivo é a seleção de novas linhagens, em gerações avançadas, no caso de espécies autógamas (Ramalho et al., 1993).

Os genitores 'Viradouro' e 'Rio Grande' foram os únicos que proporcionaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$  para a característica produtividade – PROD – com valores de 3,68 e 5,31, respectivamente (Tabela 7), revelando que tendem a contribuir com aumentos na produtividade de frutos nos cruzamentos em que participarem. Por sua vez, os genitores 'B13LD', 'Castone' e 'Massag-72', por apresentarem estimativas negativas de  $\hat{g}_i$ , para PROD (Tabela 7) tendem a contribuir para a redução da produtividade de frutos.

Para a característica comprimento do fruto (CF), as estimativas da CGC mostram que apenas a linhagem 'Massag-72' expressou valor de  $\hat{g}_i$  positivo e em elevada magnitude (Tabela 7). Esses resultados revelam que esta linhagem é indicada para a obtenção de híbridos quando se pretende obter frutos longos. Para as demais linhagens utilizadas como genitoras, verificaram-se valores negativos de  $\hat{g}_i$ , sendo -2,78 para 'B13LD', -1,78 para 'Castone', -4,23 para 'Viradouro', e -0,33 para 'Rio Grande' (Tabela 7). Destas, 'Viradouro', por expressar o maior valor negativo de  $\hat{g}_i$  tende a ter maior contribuição para a redução no comprimento do fruto nos cruzamentos em que participar.

Em relação à espessura do pericarpo (EP), observa-se que as linhagens 'B13LD', 'Castone' e 'Rio Grande' apresentaram os valores positivos de  $\hat{g}_i$ , sendo, 0,08; 0,04 e 0,15 respectivamente, portanto, tendem a contribuir para aumentos da espessura do pericarpo dos frutos nos cruzamentos em que participarem. Esses genitores são desejáveis para mesa e para a indústria, pois a espessura do pericarpo maior está

diretamente relacionada à qualidade do fruto e à produtividade. As demais linhagens genitoras, que apresentaram valores negativos de  $\hat{g}_i$ , não são indicadas para a obtenção de híbridos com maior espessura do pericarpo. De acordo com Marim et al. (2009), a espessura do pericarpo está associada com a firmeza do fruto, sendo um dos mais importantes atributos integrados com a qualidade do fruto para o consumo, assim como para seu uso na indústria e no armazenamento.

Quanto à característica Firmeza (FE), os genitores 'B13LD', 'Viradouro' e 'Rio Grande', proporcionaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$ , com valores de 0,64, 0,37 e 0,56, respectivamente (Tabela 7). Importa referir que essa característica é a mais importante para o tomateiro para fins industriais, uma vez que para indústria interessam frutos com maior firmeza, resistentes a danos durante o transporte. Assim, com a predominância do transporte a granel e da colheita mecanizada, a indústria necessita de frutos com maior firmeza, sobretudo para o escoamento do produto decorrente de plantios realizados em maiores distâncias das indústrias, o que compromete a qualidade dos frutos pelo transporte em estradas de má qualidade (Silva e Giordano 2000; EMBRAPA, 2006).

Apesar dos genitores 'Viradouro' e 'Rio Grande' terem expressado estimativas de  $\hat{g}_i$  positivas para a firmeza externa e produtividade, esses não apresentaram valores promissores em relação ao teor de sólidos solúveis totais (TSS), tendo sido verificadas estimativas negativas de  $\hat{g}_i$ , com valores de -0,36 e -0,02, respectivamente. Por outro lado, os genitores 'B13LD', 'Castone' e 'Massag-72' proporcionaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$ , sendo, portanto, indicados para participarem de cruzamentos objetivando aumento para o teor de sólidos solúveis.

Para a característica NTFP, os genitores 'Viradouro' e 'Rio Grande' expressaram os maiores valores positivos de  $\hat{g}_i$ , portanto, tendem a elevar a produção de frutos nos cruzamentos em que eles participam. O genitor 'Castone' também apresentou valor de  $\hat{g}_i$  positivo, porém de baixo valor. Em contrapartida, as cultivares 'B13LD' e 'Massag-72' apresentaram valores negativos de  $\hat{g}_i$ , sendo, respectivamente, -2,14 e -2,01, e, assim, tendem a contribuir com a redução do número de frutos por planta quando em combinações híbridas.

Em relação à PMF, os genitores 'Castone' e 'Viradouro' proporcionaram estimativas negativas de  $\hat{g}_i$ . Os genitores 'B13LD', 'Massag-72' e 'Rio Grande', tiveram

valores de  $\hat{g}_i$  positivo, evidenciando que são promissores para a produção de híbridos com maiores pesos médios de frutos em futuros programas de melhoramento (Tabela 7).

**Tabela 7.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) para sete características avaliadas em cinco genitores de tomateiro para dupla finalidade, em esquema de dialelo completo, sem os recíprocos. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2012.

Efeitos ( $\hat{g}_i$ )	Características Agronômicas <sup>1/</sup>						
	CF	EP	FE	TSS	NTFP	PMF	PROD
B13LD	-2,78	0,08	0,64	0,21	-2,14	0,56	-3,68
Castone	-1,78	0,04	0,00	0,14	0,25	-4,76	-1,81
Massag-72	9,11	-0,11	-1,56	0,02	-2,01	0,36	-3,50
Viradouro	-4,23	-0,15	0,37	-0,36	3,12	-3,38	3,68
Rio Grande	-0,33	0,15	0,56	-0,02	0,80	7,21	5,31

<sup>1/</sup> CF = Comprimento do fruto (mm); EP = Espessura do pericarpo (mm); FE = Firmeza (N); TSS = Teor de sólidos solúveis totais (° Brix); NTFP = Número de frutos por planta; PMF= Peso médio de frutos (g); PROD = Produtividade (t/ha).

#### 4.3.3. Estimativa dos efeitos de capacidade específica de combinação

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

Baixos valores de  $\hat{s}_{ij}$  indicam que os híbridos têm um desempenho conforme o esperado, com base nos valores da CGC, enquanto altos valores absolutos de  $\hat{s}_{ij}$  indicam um desempenho melhor ou pior do que o esperado. O valor de  $\hat{s}_{ij}$  é uma medida da divergência genética do parental *i* em relação à média dos demais parentais do

dialelo. Quanto maior for o valor absoluto de  $\hat{s}_{ij}$ , maior será a divergência genética do parental em questão em relação aos demais parentais. Já o sinal de  $\hat{s}_{ij}$  indica a existência ou não de dominância unidirecional, do que decorre: i) se  $\hat{s}_{ij}$  for negativo, os desvios de dominância serão positivos e, neste caso, os genes dominantes contribuem para o aumento na expressão da característica; e, ii) se os sinais forem negativos e positivos, haverá expressão de dominância bidirecional (Cruz e Vencovsky, 1989; Cruz et al., 2012).

#### 4.3.3.1. Efeitos de $\hat{s}_{ij}$

Para NTFP todos os genitores apresentaram valores de  $\hat{s}_{ij}$  negativos (Tabela 8), indicando a existência de desvios da dominância positivos e unidirecionais, o que infere que os genes de dominância contribuem para aumentar a expressão da característica. Não por acaso verificou-se que todos os híbridos apresentaram estimativas de heteroses positivas para número total de frutos por planta.

Quanto a PMF houve estimativa negativa de  $\hat{s}_{ij}$  apenas para o genitor 'Viradouro'; os demais genitores apresentaram valores positivos. Isto denota que, em sua maioria, os genitores tendem a contribuir para a diminuição da característica e a heterose tende a ser negativa, o que se consumou, posto que todos os híbridos apresentaram valores heteróticos negativos (heterose em relação à cultivar padrão).

No que se refere à característica EP, os genitores 'B13LD', 'Viradouro' e 'Rio Grande' expressaram sinais negativos das estimativas de  $\hat{s}_{ij}$ , enquanto 'Castone' e 'Massag-72' exibiram valores positivos. Isso indica que houve dominância bidirecional, ou seja, os genes dominantes ora atuam para reduzir ora atuam para aumentar a expressão de EP (Cruz et al., 2012). Essa tendência de dominância bidirecional também foi observada para PROD, em que os genitores 'B13LD', 'Viradouro' e 'Rio Grande' expressaram sinais negativos  $\hat{s}_{ij}$ , enquanto 'Castone' e 'Massag-72' mostraram valores positivos, indicando que houve dominância bidirecional. Os resultados estão em

concordância com os valores de heterose em relação à cultivar padrão cultivar-padrão, a serem discutidos no item 4.4.

Em relação às características CF e TSS, o sinal positivo de  $\hat{s}_{ij}$  estendeu-se para três genitores – ‘B13LD’, ‘Castone’ e ‘Massag-72’ (Tabela 8). Deve-se ressaltar que os genitores que também participaram do dilalelo – ‘Viradouro’ e ‘Rio Grande’ – detiveram valores negativos de  $\hat{s}_{ij}$ , indicando a existência de desvio de dominância positivo, contribuindo, assim, para o aumento da expressão das características nas combinações em que participem.

#### 4.3.3.2. Efeitos de $\hat{s}_{ij}$

Os resultados de  $\hat{s}_{ij}$  (Tabela 8) indicam que para a característica NTFP, os maiores efeitos para a CEC foram observados nos híbridos ‘B13LD’ x ‘Viradouro’ (9,88), ‘B13LD’ x ‘Rio Grande’ (8,75), ‘Castone’ x ‘Viradouro’ (5,25), ‘Massag-72’ x ‘Viradouro’ (4,39), ‘Castone’ x ‘Rio Grande’ (1,72) e ‘Massag-72’ x ‘Rio Grande’ (1,12). Ressalta-se que todas as combinações tiveram ao menos um genitor com estimativa positiva de  $\hat{g}_i$  (Tabela 7), - genitores ‘Viradouro’ e ‘Rio Grande’ – portanto, são combinações que eram esperadas ocorrerem com base nas estimativas da CGC (Tabela 7).

As estimativas da CEC para PMF indicam que os híbridos com maiores efeitos positivos de  $\hat{s}_{ij}$  foram ‘Viradouro’ x ‘Rio Grande’ (6,96), ‘B13LD’ x ‘Viradouro’ (1,35) e ‘Massag-72’ x ‘Rio Grande’ (0,79) (Tabela 8). Os genitores ‘B13LD’, ‘Massag-72’ e ‘Rio Grande’ expressaram estimativas positivas de CGC (Tabela 7), denotando que o híbrido foi melhor que o esperado com base na CGC genitora.

Quanto à característica PROD, as melhores combinações híbridas foram ‘B13LD’ x ‘Viradouro’ (19,26), ‘B13LD’ x ‘Rio Grande’ (14,65), ‘Castone’ x ‘Viradouro’ (8,20), ‘Massag-72’ x ‘Viradouro’ (4,40) e ‘Massag-72’ x ‘Rio Grande’ (2,51), por exibirem valores positivos de  $\hat{s}_{ij}$  (Tabela 8). Os genitores ‘Viradouro’ e ‘Rio Grande’ são bons combinadores gerais, com estimativas de CGC positivas e  $\hat{s}_{ij}$  negativos, o que contribuiu

para ocorrência de heteroses positivas nos cruzamentos em que participaram. Por conseguinte, as combinações mais interessantes para proporcionarem aumentos na característica PROD foram 'B13LD' x 'Viradouro' e 'B13LD' x 'Rio Grande', 'Castone' x 'Viradouro', com valores de  $\hat{\sigma}_{ij}$  de 19,26, 14,61 e 8,20, respectivamente. Neste aspecto, sendo a característica PROD a mais desejada pelos produtores e melhoristas, essas combinações devem ser priorizadas em programas de melhoramento do tomateiro.

A produtividade neste estudo foi menor do que a média obtida em cultivares comerciais. Isso pode ser explicado devido ao experimento ter sido concluído antes do ciclo de produção comercial, devido à ocorrência de requeima (*Phytophthora infestans*), tendo-se realizado apenas uma colheita.

Em relação ao teor de sólidos solúveis (TSS), os mais altos valores estimados de  $\hat{\sigma}_{ij}$  ocorreram para os híbridos 'Massag-72' x 'Viradouro' (0,53), 'B13LD' x 'Castone' (0,16) e 'B13LD' x 'Rio Grande' (0,10) (Tabela 8). Estas combinações eram esperadas sobressaírem-se posto que dentre os genitores, os que exibiram os mais elevados valores positivos para TSS foram 'B13LD', 'Castone' e 'Massag-72', expressos pelas magnitudes 0,21, 0,14 e 0,02, respectivamente (Tabela 7).

Referente à característica FE, as melhores combinações foram 'Massag-72' x 'Viradouro', 'B13LD' x 'Rio grande', 'B13LD' x 'Castone' e 'Massag-72' x 'Rio Grande', por expressarem as maiores estimativas positivas de  $\hat{\sigma}_{ij}$ , com valores de 2,02; 1,07, 0,99 e 0,92, respectivamente (Tabela 8). Os genitores 'B13LD', 'Viradouro' e 'Rio Grande' apresentaram estimativas positivas para  $\hat{\sigma}_i$  (Tabela 7). Logo, as combinações híbridas aqui destacadas são as mais interessantes quando o objetivo é obter frutos com maior firmeza para abastecer a indústria, sobretudo que necessitem de transporte terrestre por maiores distâncias.

Quanto à característica espessura do pericarpo (EP), houve estimativas positivas e negativas de  $\hat{\sigma}_{ij}$  (Tabela 8), porém com baixas magnitudes, o que pode ser explicado pelos baixos valores de  $\hat{\sigma}_i$  (Tabela 7). Por estas estimativas, as combinações híbridas superiores foram 'B13LD' x 'Rio Grande', 'Castone' x 'Viradouro', 'Massag-72' x 'Viradouro', 'Massag-72' x 'Rio Grande', 'Viradouro' x 'Rio Grande', por apresentarem os mais elevados valores de  $\hat{\sigma}_{ij}$ , respectivamente, 0,37; 0,19; 0,15; 0,15; e 0,15. A combinação 'Massag-72' x 'Viradouro' comportou-se como não era o esperado, pois é

resultante do cruzamento entre linhagens com estimativas negativas de  $\hat{g}_i$  para espessura do pericarpo.

Para a característica comprimento do fruto (CF), as estimativas da CEC indicam que os híbridos com maiores efeitos positivos de  $\hat{s}_{ij}$  foram 'Massag-72' x 'Rio Grande', 'Castone' x 'Viradouro' e 'Viradouro' x 'Rio Grande', com magnitudes de 2,34, 1,79 e 0,98, respectivamente, conforme consta na Tabela 8. Dentre os genitores, apenas 'Massag-72' apresentou efeito positivo para a CGC (Tabela 7), denotando que o comportamento híbrido foi melhor do que o esperado com base na CGC do genitor.

**Tabela 8.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{\sigma}_{ii}$  e  $\hat{\sigma}_{ij}$ ) para sete características avaliadas entre híbridos de cinco genitores de tomateiro para dupla finalidade em esquema de dialelo completo, sem os recíprocos. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2012.

Efeitos ( $\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$ )	Características Agronômicas <sup>1/</sup>						
	CF	EP	FE	TSS	NTPF	PMF	PROD
P <sub>1</sub> X P <sub>1</sub>	1,76	-0,08	1,76	0,12	-6,08	4,81	-9,66
P <sub>2</sub> X P <sub>2</sub>	1,27	0,24	2,41	0,05	-0,12	9,75	4,83
P <sub>3</sub> X P <sub>3</sub>	1,40	0,09	0,82	0,01	-0,01	10,14	5,05
P <sub>4</sub> X P <sub>4</sub>	-0,45	-0,21	1,68	-0,12	-7,36	-0,74	-13,28
P <sub>5</sub> X P <sub>5</sub>	-0,66	-0,24	0,80	-0,02	-3,40	1,48	-5,72
P <sub>1</sub> X P <sub>2</sub>	-0,52	-0,07	0,99	0,16	-3,86	-1,61	-7,50
P <sub>1</sub> X P <sub>3</sub>	-1,71	-0,06	-1,93	-0,21	-2,60	-4,91	-7,05
P <sub>1</sub> X P <sub>4</sub>	-0,77	-0,08	-3,64	-0,29	9,88	1,35	19,26
P <sub>1</sub> X P <sub>5</sub>	-0,51	0,37	1,07	0,10	8,75	-4,45	14,61
P <sub>2</sub> X P <sub>3</sub>	-2,33	-0,41	-2,65	-0,29	-2,87	-10,48	-9,95
P <sub>2</sub> X P <sub>4</sub>	1,79	0,19	-0,65	0,00	5,25	-1,14	8,20
P <sub>2</sub> X P <sub>5</sub>	-1,48	-0,20	-2,50	0,02	1,72	-6,26	-0,39
P <sub>3</sub> X P <sub>4</sub>	-1,10	0,15	2,02	0,53	4,39	-5,69	4,40
P <sub>3</sub> X P <sub>5</sub>	2,34	0,15	0,92	-0,06	1,12	0,79	2,51
P <sub>4</sub> X P <sub>5</sub>	0,98	0,15	-1,08	-0,01	-4,80	6,96	-5,29

<sup>1/</sup> CF = Comprimento do fruto (mm); EP = Espessura do pericarpo (mm); FE = Firmeza (N); TSS = Teor de sólidos solúveis totais (° Brix); NTPF = Número de frutos por planta; PMF = Peso médio de frutos (g); PROD = Produtividade (t/ha); P1 = B13LD; P2 = Castone; P3 = Massag-72; P4 = Viradouro; P5 = Rio Grande.

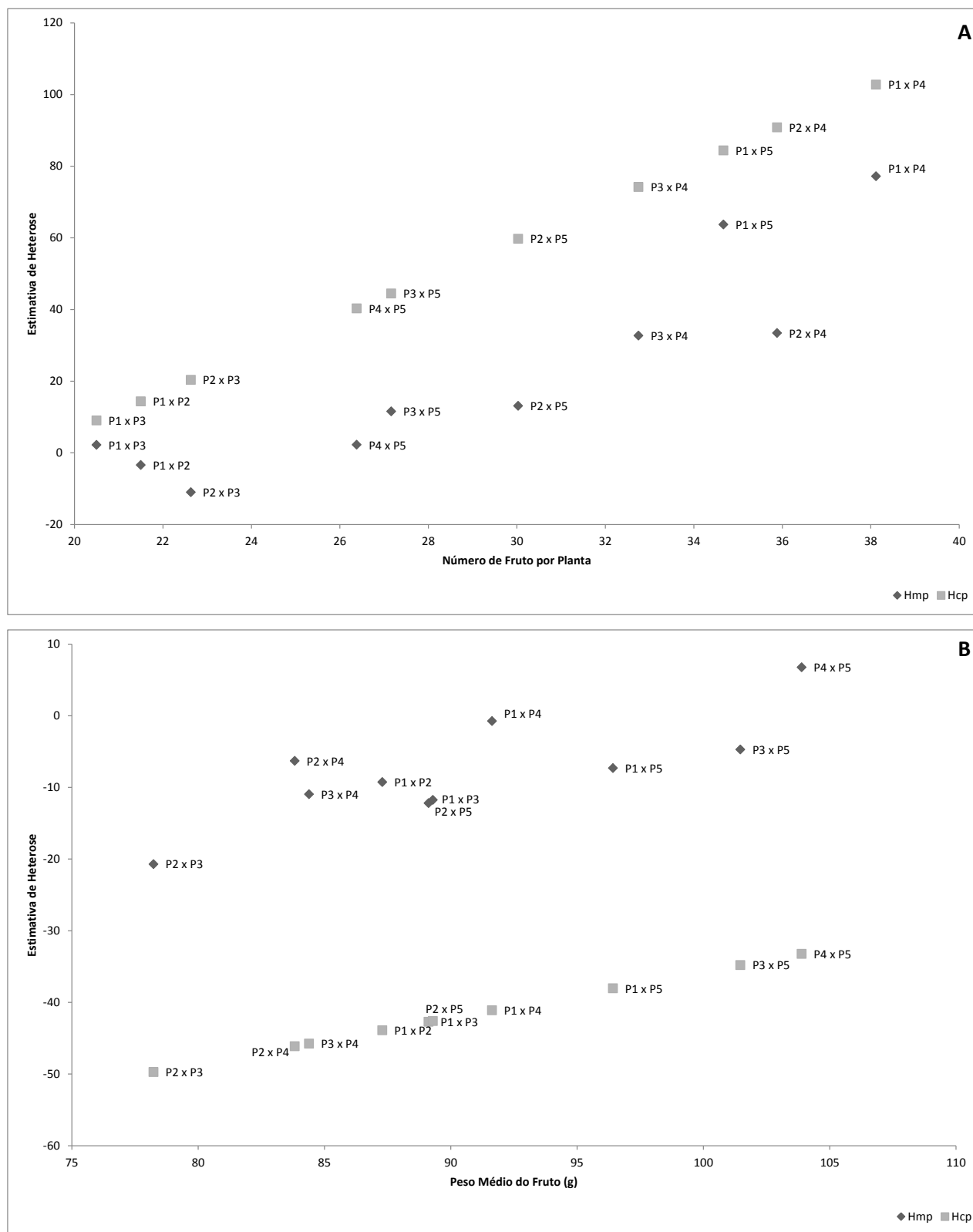


#### 4.4. Estimativas de heterose

Os híbridos foram avaliados por estimativas da heterose em relação à média da cultivar padrão 'Caité'; também, objetivando determinar o valor prático da heterose, para efeitos comparativos ainda foi estimada a heterose em relação à média do parental.

Referente à característica número de frutos por planta (NTPF), a heterose em relação à média do parental (Hmp) expressou valores positivos para quase todas as combinações híbridas; os híbridos que sobressaíram foram: 'B13LD' x 'Viradouro' (77,18%), 'B13LD' x 'Rio Grande' (63,73%), 'Castone' x 'Viradouro' (33,46%), 'Massag-72' x 'Viradouro' (32,70%). Os valores relativos à heterose em relação à cultivar padrão foram positivos para todos os híbridos para a característica NTPF, destacando-se os pares 'B13LD' x 'Viradouro' (102,77%), 'Castone' x 'Viradouro' (90,85%), 'B13LD' x 'Rio Grande' (84,41%) e 'Massag-72' x 'Viradouro' (74,20%) dadas as magnitudes da heterose (Figura 2, A). A manifestação de heterose positiva para número de frutos por planta em tomateiro foi relatada por vários autores, dentre eles, Melo (1987), Hannan et al. (2007), Ahmad et al. (2011), Farzane et al. (2012) e Souza et al. (2012).

Na Figura 2, B, estão os resultados de heterose referente à característica peso médio do fruto (PMF). Todos os híbridos expressaram valores de heterose negativos para Hmp e Hcp, exceto a combinação 'Viradouro' x 'Rio Grande', que expressou valor positivo de heterose de Hcp e Hmp, sendo, portanto, uma combinação promissora. A ausência da heterose para PMF pode estar associada ao tipo de herança para o tamanho do fruto, pela ausência de dominância ou ocorrência de dominância parcial (Maluf et al., 1982; Melo, 1987). Neste caso, quando os genitores não são muito divergentes para a característica, os híbridos tendem a ter um desempenho muito próximo da média dos genitores. Estes resultados estão de acordo com estudos realizados por Maluf et al. (1982), Melo, (1987), Maciel et al. (2011) e Souza et al. (2012).

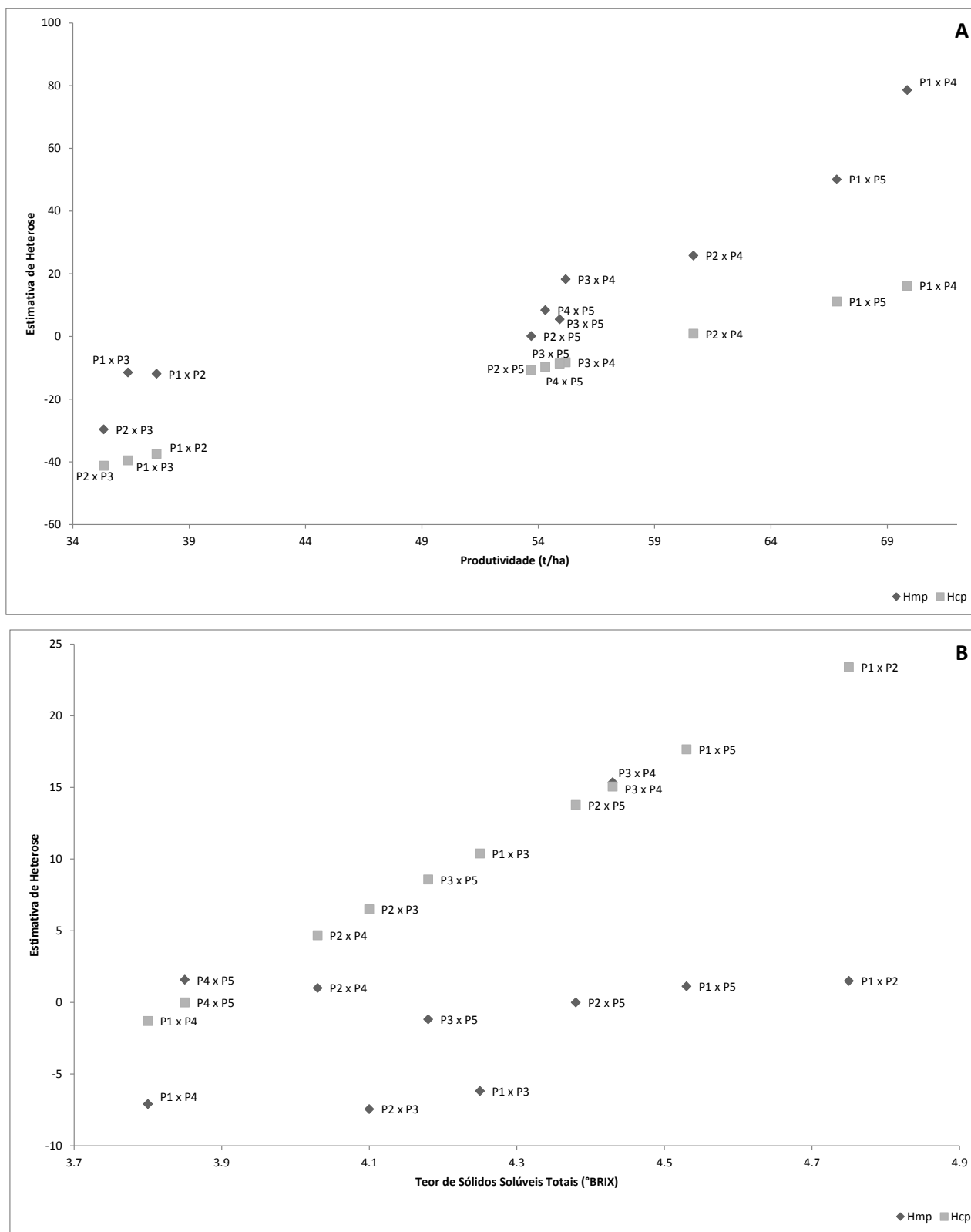


**Figura 2.** Relação entre a média e as estimativas de heterose relativa à média dos pais (losango) e da cultivar padrão (quadrado), obtidas para Número de Fruto por Planta (**A**) e Peso Médio do Fruto (**B**).

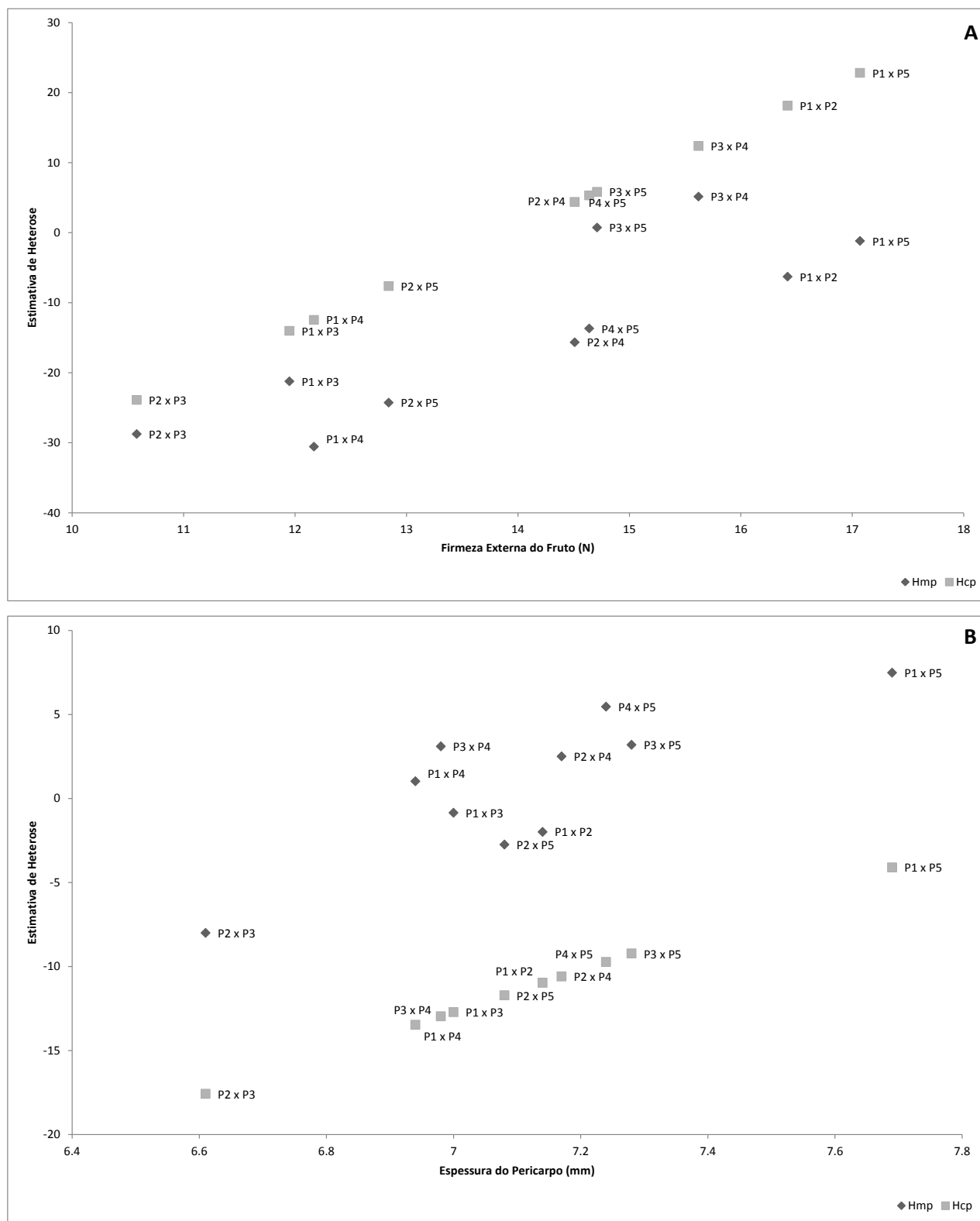
Para a característica PROD, observou-se, em relação à média dos parentais, valores de heterose (Hmp) que variaram de -29,65% ('Castone' x 'Massag-72') a 78,56% ('B13LD' x 'Viradouro'). Destacam-se os híbridos 'B13LD' x 'Viradouro' (78,56%), 'B13LD' x 'Rio Grande' (50,06%), 'Castone' x 'Viradouro' (25,77%) e 'Massag-72' x 'Viradouro' (18,26%). Destes, 'B13LD' x 'Viradouro', 'B13LD' x 'Rio Grande' e 'Castone' x 'Viradouro' sobressaíram-se, por conterem as maiores médias e estimativas da heterose positiva em relação à cultivar padrão (Hcp), como apresentado na Figura 3, A. Desta forma, vislumbra-se aumento na produção com a utilização destes híbridos. O aumento da produção na cultura do tomateiro, relacionado à adoção de híbridos, foi relatado por diversos autores, embora com magnitudes diferentes (Melo, 1987; Maciel et al., 2011; Souza et al., 2012).

O teor de sólidos solúveis totais (TSS) do fruto é uma característica importante, pois influencia no sabor, na consistência do produto processado e determina o rendimento do tomateiro industrial (Melo, 2012). Para a Hmp (%), os valores variaram de -7,45 a 15,36%, destaque para o híbrido 'Massag-72' x 'Viradouro' (15,36%). Em relação à Hcp todos os híbridos expressaram valores heteróticos positivos, exceto o par 'B13LD' x 'Viradouro', que deteve valor negativo. As combinações híbridas que mais se destacaram foram 'B13LD' x 'Castone' (23,38%), 'B13LD' x 'Rio Grande' (17,66%), 'Massag-72' x 'Viradouro' (15,06%), 'B13LD' x 'Massag-72' (10,39%) e 'Massag-72' x 'Rio Grande' (8,57%), por expressarem os valores mais elevados de Hcp (Figura 3, B).

Em relação à característica firmeza (FE), houve valores negativos de Hmp para todos os híbridos, exceto 'Massag-72' x 'Viradouro', que expressou valor heterótico positivo (5%). Para Hcp, os valores variaram de -23,88 a 22,81%. Os híbridos 'B13LD' x 'Rio Grande', 'B13LD' x 'Castone', 'Massag-72' x 'Viradouro', 'Castone' x 'Viradouro' e 'Massag-72' x 'Rio Grande' apresentaram os valores positivos de heterose observados (Figura 4). Heterose positiva para essa característica é importante quando se pretende selecionar híbridos de tomateiro para a mesa e indústria que tenham resistência durante o transporte a granel. Resultados do presente estudo estão de acordo com os obtidos pelos trabalhos realizados por Resende et al. (1999) e por Garg et al. (2011).



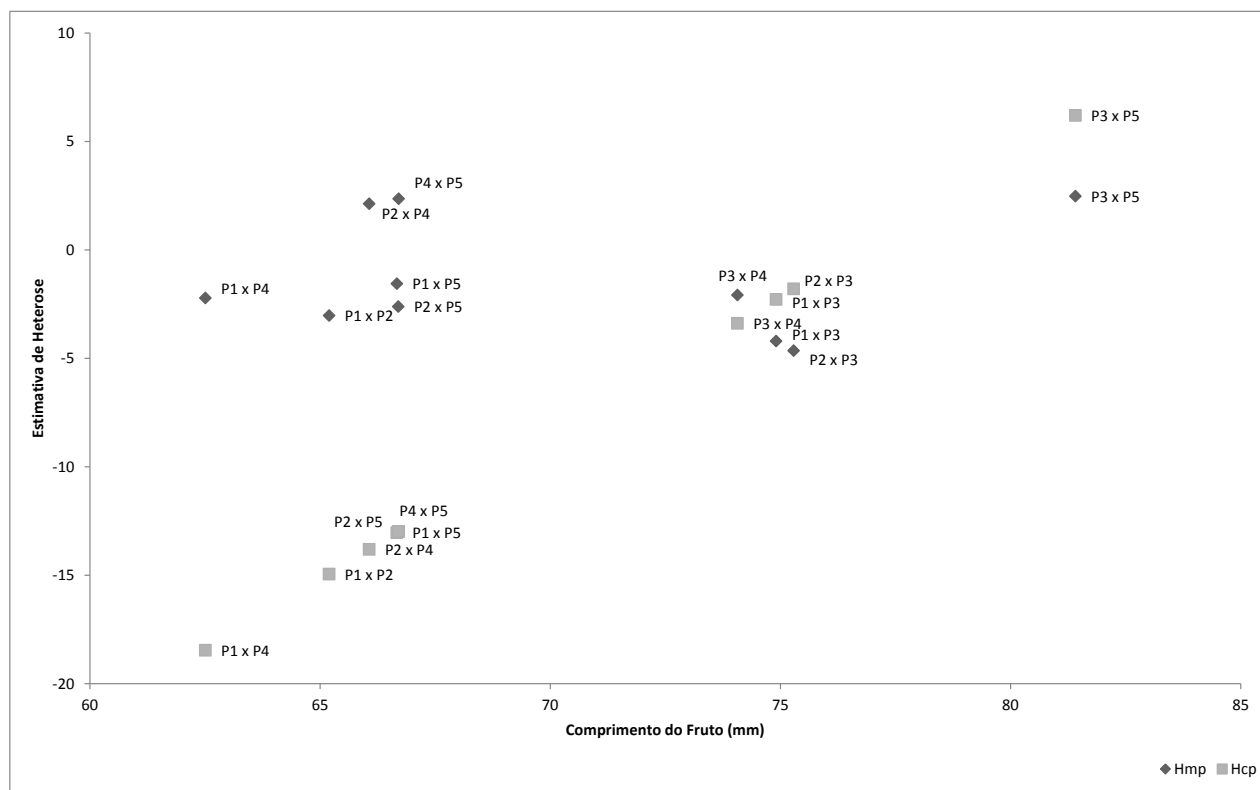
**Figura 3.** Relação entre a média e as estimativas de heterose relativa à média dos pais (losango) e da cultivar padrão (quadrado), obtidas para Produtividade (A) e Teor de Sólidos Solúveis (B).



**Figura 4.** Relação entre a média e as estimativas de heterose relativa à média dos pais (losango) e da cultivar padrão (quadrado), obtidas para firmeza externa do fruto (A) e espessura do pericarpo (B).

Para a espessura do pericarpo, 60% dos híbridos apresentaram valor positivo de heterose, quando comparado à média dos pais (Hmp). As melhores combinações híbridas foram 'B13LD' x 'Rio Grande' (7,48%) e 'Viradouro' x 'Rio Grande' (5,46%) (Figura 4, B). Deste modo, os resultados deste trabalho foram semelhantes aos obtidos por Amaral Júnior (1996), na qual a maioria dos híbridos expressou heterose positiva. Quando as médias dos híbridos foram comparadas com a média da cultivar padrão ('Caité'), observou-se que todas as combinações híbridas expressaram heterose negativa (Figura 4, B). Para a característica comprimento do fruto (CF), a heterose em relação à média parental (Hmp) revelou valores negativos, exceto nos híbridos 'Castone' x 'Viradouro' (2,13%), 'Massag -72' x 'Rio Grande' (2,48%) e 'Viradouro' x 'Rio Grande' (2,36%). Para a heterose em relação à cultivar padrão (Hcp), houve estimativas negativas para quase todos os híbridos, exceto para 'Massag-72' x 'Rio Grande', com valor de 6,20% (Figura 5). Pelos resultados, constata-se que apenas o híbrido 'Massag-72' x 'Rio Grande' apresenta-se como promissor para aumento do fruto; os demais híbridos possuem potencial para produzir frutos menores. Para o presente estudo, considerando o propósito de produzir híbridos para dupla finalidade, tanto os frutos pequenos quanto os grandes, podem ser utilizados tanto para o consumo *in natura* como para o processamento, portanto, para esta característica não é possível descartar qualquer híbrido.

Para colaborar com aquele país, considerando que em Moçambique há poucas empresas produtoras de sementes percebe-se que a combinação 'B13LD x Rio Grande' tem potencial genético promissor, para mesa e indústria, o híbrido, por haver expressado valores positivos de heterose para as características FE, TSS, NTFP e PROD. As combinações 'B13LD' x 'Castone', 'B13LD' x 'Rio Grande', 'Massag-72' x 'Viradouro' e 'Massag-72' x 'Rio Grande' expressaram heterose positiva para as características FE, TSS, NTFP e, embora não tenham apresentado potencial para proporcionar aumentos em PROD, essas combinações agregam valores de heterose positiva para características de interesse para o tomateiro de uso para dupla finalidade – mesa e agroindústria.



**Figura 5.** Relação entre a média e as estimativas de heterose relativa à média dos pais (losango) e da cultivar padrão (quadrado), obtidas para Comprimento do Fruto.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Na Estação Experimental da PESAGRO-Rio de Campos dos Goytacazes, no período de junho a setembro de 2012, foram avaliadas nove características agronômicas – dias para a frutificação (DF), número total de frutos por planta (NTFP), peso médio do fruto (PMF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DIAMF), espessura do pericarpo (EP), firmeza do fruto (FE), teor de sólidos solúveis totais (TSS) e produtividade (PROD) – em 17 tratamentos (cinco genitores – ‘B13LD’, ‘Castone’, ‘Massag-72’, ‘Viradouro’ e ‘Rio Grande’ –, dez híbridos e duas testemunhas comerciais – ‘Caité’ e ‘Imbuia’) dispostos em blocos completos casualizados com quatro repetições. As características que apresentaram efeito significativo foram submetidas à análise dialélica com base na metodologia de Griffing (1956) – método 2, modelo 1, em que se estimaram a CGC, CEC e heterose.

De acordo com os resultados da pesquisa as seguintes considerações podem ser feitas:



- Para o Brasil e Moçambique: os resultados desta pesquisa comprovam uma boa perspectiva de cooperação, o que irá contribuir para a melhoria da capacidade de pesquisa na área de melhoramento do tomateiro;

- Em relação a Moçambique, os resultados irão contribuir para : i) Melhoria em programas de hortaliças em particular o programa de produção de sementes; ii) Permitir o treinamento a outros técnicos nacionais, iii) Alavancar o mercado de tomate em Moçambique; iv) Impacto socioeconômico do país; v) Possibilidade de implementação de programa de melhoramento genético do tomate.

Para o presente trabalho pode-se concluir:

- a) Há heterose em tomateiro para dupla finalidade, mesa e agroindústria;
- b) Os genitores 'Viradouro' e 'Rio Grande' destacaram-se para as características NTFP e PROD. Os genitores 'B13LD' e 'Castone' expressaram estimativas positivas de CGC para as características EP, FE e TSS;
- c) Os híbridos 'B13LD' x 'Viradouro' e 'B13LD' x 'Rio Grande' tiveram maiores valores de CEC para as características NTFP e PROD;
- d) As combinações 'B13LD' x 'Rio Grande', 'B13LD' x 'Viradouro' e 'Castone' x 'Viradouro' tiveram heterose positiva para as características NTFP e PROD. Os híbridos 'B13LD' x 'Rio Grande', 'B13LD' x 'Castone' e 'Massag-72' x 'Viradouro' expressaram as maiores estimativas da heterose em relação a cultivar padrão para FE e TSS;
- e) O híbrido 'B13LD' x 'Rio Grande', teve considerável valor da CEC e heterose em relação à cultivar padrão para as características FE, TSS, NTFP e PROD, sendo recomendado o seu uso para dupla finalidade, mesa e agroindústria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S., Quamruzzaman, A.K.M., Uddi, N. M. (2009). Combining ability estimates of tomato in late summer. *SAARC J. Agri.*, 7 (1), 43-56.
- Ahmad, S., Quamruzzaman, A. K. M., Islam, M. R. (2011). Estimate of heterosis in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Bangladesh J. Agril. Res.* 36 (3): 521-527.
- Allard, R.W. (1971). *Princípios de melhoramento genético das plantas*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 183 p.
- Alvarenga, M.A.R., Melo, P.C.T., Shirahige, F.H. Cultivares (2013). *In: Alvarenga, M.A.R. Produção em campo, cada de vegetação e hidroponia*. 2ª Ed. Lavras. Editora Universitária de Lavras, p. 49- 59.
- Amaral Júnior, A.T. (1996). *Análise dialélica de betacaroteno, vitamina c, sólidos solúveis, produção e variabilidade em cultivares de tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill.)* Via marcadores RAPD. (Tese doutorado). Minas Gerais: Viçosa.198p.
- Amaral Júnior, A.T., Casali, V.W.D., Scapim, C.A., Silva, D.J.H., Cruz, C.D. (1996). Análise dialélica da capacidade combinatória de cultivares de tomateiro. *Bragantia*, Campinas, 55 (1): 67-73.
- Amin, A., Wani, K. P., Mir, H., Khan, S. H., Mushtaq, F., Kumar, P., Afroza, B., Samad, S. S. (2012). Combining Ability Analysis for Yield and Its Attributing Traits over Environments in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Agricultural Science*, 4 (11): 276-280.

- Atanassova, B., Georgiev, H. Expression of heterosis by hybridization (2007). *In: Razdan, M.K., Matoo, A.K. Genetic improvement of solanaceous crops*. United States of América. Science Publishers, p.113-151.
- Banco Mundial. (2006). Estudo do Financiamento para o Desenvolvimento do Negócio hortícola. *Relatório Preliminar*. Maputo, 62p.
- Boiteux, L.S., Fonseca, M.E.N., Giordano, L.B., Melo, PCT. (2012). Melhoramento Genético. *In: Clemente, F.M.V.T., Boiteux, L.S. (ed). Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília, Embrapa Hortaliças, p.31-50.
- Borém, A., Miranda, G.V. (2009). *Melhoramento de plantas*. 5ª. Ed. Viçosa: Editora UFV, 529p.
- Braz, L.T. (1992). *Estudos da heterose e da capacidade combinatória visando produção de frutos e sementes de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. (Tese doutorado). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias-UNESP. 116p
- Camargo A.M.M.P., Camargo F.P., Alves H.S., Filho W.P.C. (2006). Desenvolvimento do sistema agroindustrial de tomate. *Informações econômicas*. São Paulo. 36 (6): 53-65.
- Carvalho, P.G.B., Machado, C.M. M., Moretti, C. L., Fonseca, M. E. N. (2006). Hortaliças como alimentos funcionais. *Horticultura Brasileira*. 24: 397-404.
- Carvalho, J.L., Pagliuca, L.G. (2007). Tomate, Um mercado que não pára de crescer globalmente. *Hortifruti Brasil*, 58: 4-36.
- Cruz, C.D., Vencovsky, R. (1989). Comparação de alguns métodos de análises dialélicas. *Rev. Bras. Gen.* 12 (2): 425- 438.
- Cruz, C.D. (2005). *Princípios de genética quantitativa*. Viçosa: Editora UFV, 394p.
- Cruz, C.D. (2006). Programa Genes: versão Windows: *aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: Editora UFV, 648p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C. (2012). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4ª. Ed. Viçosa: Editora UFV. 514p.
- Dimande, F. (1990). *Opportunities for commercial vegetable seed production by the National Seed Company of Mozambique*. (MSc Dissertation). Edinburgh, Scotland: The University of Edinburgh /The Edinburgh School of Agriculture, 101p.

- Ecole, C.C., Marques, M.R., Jolamo. C. (2007). Ficha técnica de tomate para associações de camponeses em perímetros irrigados de pequena escala na zona sul. Maputo, 10p.
- Embrapa Hortaliças (2006). Disponível em: <[http:Sistemas de produção. Cultivo de tomate industrial. Cnptia.embrapa.br](http://Sistemas de produção. Cultivo de tomate industrial. Cnptia.embrapa.br)>. Acesso em 6 de Setembro de 2012.
- Falconer, D.S. (1987). *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa, MG: UFV. Imp. Univ. 279p.,
- Falconer, D.S., Mackay. T.F.C. (1996). *Introduction to quantitative genetics*. 4<sup>a</sup> . Ed. Longmann, 462p.
- FAO (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em 22 de Fevereiro de 2013.
- Farzane, A., Nemati, H., Arouiee, H., Kakhki, A. M., Vahdati, N. (2012). The Estimate of Combining Ability and Heterosis for Yield and Yield Components in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. BIOL. Environ*, 6 (17):129-134.
- Fehr, W.R. (1987). *Principles of cultivar development: Theory and technique*. New York: Macmillian publication, 1987,v.1 .736p.
- Figueira, F.A.R. (2008). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3<sup>a</sup> .ed., Viçosa: Editora UFV. 402p.
- Garg, N., Cheema, D.S. (2011). Assessment of fruit quality attributes of tomato hybrids involving ripening mutants under high temperature conditions. *Scientia Horticulturae*. 131: 29 -38.
- George B., Kaur C., Khurdiya D.S., Kapoor H.C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84: 45-51
- Giordano. L.B., Silva, J.B. (2000). *Tomate para o processamento Industrial*. Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia - Embrapa Hortaliças. 168p.
- Godoy, A.R., Higuti, A.R.O., Cardoso, A.I.I. (2008). Produção e heterose em cruzamentos entre linhagens de pepino do grupo caipira. *Bragantia*, 67: 839-844.
- Gomide, M.L., Maluf, W.R., Gomes, L.A.A. (2003). Heterose e capacidade combinatória de linhagens de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 27: 1007-1015.
- Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological. Sciences*, v.9, 463-493.

- Gusmão, M.T.A de., Gusmão, S.A.L., Araújo de., J.A.C. de. (2006). Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira*, 24: 431-436.
- Hannan, M.M., Ahmed, M.B., Roy U.K., Razvy, M.A., Haydar, A., Rahman, M.A., Islam M.A., Islam, R. (2007). Heterosis, combining ability and genetics for brix, days to first fruit ripening and Yield in Tomato. *Middle-East Journal of Scientific Research* 2: 128-131
- IBGE (2012). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa>>. Acesso em 22 de Fevereiro 2013.
- IBGE (2011). *Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009*. Análise do consumo alimentar no Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 150p.
- INE (2011). *Instituto Nacional de Estatística: Censo agropecuário 2010-2010*. Resultados definitivos. Moçambique. 12p
- Islam, M.R., Ahmad, S., Rahman, M.M. (2012). Heterosis and quality attributes in winter tomato Hybrid. *Bangladesh J. agri. res.*, 37: 39-48.
- Koppen, W. (1948). In *Climatologia: Com um estudo de los climas de la tierra*. México: Fondo de cultura econômica, 478p.
- Maciel, G. M., Maluf. W.R., Silva. V.F. (2011). Heterose e capacidade combinatória de linhagens de tomateiro em acilaçúcares. *Ciência e Agro tecnologia*, 34: 1161-1167.
- Maluf, W.R., Miranda, J.E.C., Campos, J.P. (1982). Análise genética de um cruzamento dialélico de cultivares de tomateiro. Características referentes à produção de frutos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 17: 633-641.
- Maluf, W.R., Ferreira, P.E., Miranda, J.E.C. (1983). Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in F<sub>1</sub>. *Revista Brasileira de Genética*, 3: 453-640.
- Maluf, W.R. Heterose e emprego de híbridos F<sub>1</sub> em hortaliças. In: NASS, L.L.; Valois, A.C.C., Melo I.S., Valadares, M.C. (2001). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*. Rondonópolis: Fundação MT, cap.13, p.327-350.
- Marim, B.G., Silva, D.J., Carneiro, P.C.S., Miranda, C.V., Mattedi, A.P., Caliman, F.R.B. (2009). Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:1283-1289.

- Marinho, C.D., Martins, F.J.O., Amaral, S.C.S., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Melo, M.P. (2011). Revisiting the Brazilian scenario of registry and protection of cultivars: an analysis of the period from 1998 to 2010, its dynamics and legal observations. *Genetics and Molecular Research*. 10 (2):792-809.
- Martinez, P.B.A., Sanint, P.R.; Vallejo, C.F.A. (1989). Análisis de la heterosis y de la habilidade combinatória entre diferentes cultivares de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. apartir de um cruzamento dialelico. *Acta Agrónomica*, 39:24-33
- Melo, P.C.T. (1987). *Heterose e capacidade combinatória em cruzamento dialélico parcial entre seis cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. (Tese de doutorado). Piracicaba: ESALQ-.108 p.
- Melo, A.M.T., Melo, P.C.T. (2003). Hiroshi Nagai (1935-2003): Sua vida e contribuição à olericultura. *Hortic.Bras*, 21: 734-734.
- Melo, P.C.T., Vilela, N.J. (2005). Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. *Horticultura Brasileira*, 23 (1): 154-157.
- Melo, P.C.T. (2009). A qualidade das sementes e o desempenho superior demonstrado pelas cultivares híbridas têm contribuído para a melhoria no perfil da olericultura nacional. *Revista Cultivar HF*, 8: 31.
- Melo, P.C.T., Tamiso, L.G., Ambrosano, E.J., Schammas, E.A., Inomoto, M.M., Sasaki, M.E.M., Rossi, F. (2009). Desempenho de cultivares de tomateiro em sistema orgânico sob cultivo protegido. *Horticultura brasileira*. 27: 553-559.
- Melo, P.C.T. (2011). Genetic improvement of vegetables: Development of open-pollinated cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* (Impresso), S1: 93-94.
- Melo, P.C.T. (2011). Diagnóstico sobre a viabilidade da produção de sementes de hortaliças no Sul de Moçambique. Relatório final, Maputo, 39 p.
- Melo, P.C.T. (2012). Cultivares de tomate com características agrônômicas e industriais para a produção de atomatados. *Anais do congresso brasileiro de olericultura*, 52, Salvador: Associação Brasileira Horticultura, 30: p.8446-8454.
- Melo, P.C.T. (2013). *Tomate brasileiro ainda deixa a desejar em aroma e sabor*. *Jornal Entrepósito*, São Paulo, 14,153, Fevereiro de 2013.
- MINAG (2011). Plano Econômico e Social. Balanço Anual 2011. Maputo, 110 p.
- Monteiro, C.S., Balbi, M.E., Miguel, O.G., Penteado, P.T.P.S., Haracemiv, S.M.C. (2008). Qualidade nutricional e antioxidante do tomate "tipo italiano". *Alimentos Nutrição*, 19(1): 25-31.

- Moritz, B. (2006). Biodisponibilidade do licopeno. *Revista de Nutrição*, 19 (2): 265-273.
- Naika, S., Jeude, J.V.L., Goffau, M., Hilmi, M., Dam, B.V. (2006). A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Agrodok 17, Fundação Agromisa e CTA, Wageningen.
- Neto, F.C.V. (2009). O melhoramento genético no contexto atual. Anais do I Simpósio Nordeste de Genética e Melhoramento de Plantas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1: 210p.
- Pádua, T.R.P., Gomes, L. A. A., Maluf, W. R., Filho, J.L.S.C., Neto, A. C. G., Andrade, M.C. (2010). Capacidade combinatória de híbridos de tomateiro de crescimento determinado, resistentes a Begomovirus e Tospovirus. *Pesq. agropec. Bras.*, 45 (8): 818-825.
- Paterniani E. (1974). Estudos recentes sobre heterose. São Paulo: Fundação Cargill, 36p. (Boletim, 1).
- Peralta, I.E., Knapp.S., Spooner, D.M. (2005). New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru Systematic Botany. *American Society of Plant Taxonomists*, 30 (2):424-434.
- Peralta, I.E.; Knapp.S; Spooner,D.M. (2007). History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). In: Razdan, M.K., Mattoo, A.K. (ed). *Tomato: Genetic improvement of solanaceous crop*. Enfield: Science publishers, V.2, p.1-27.
- Pohar, K.S., Gong, M.C., Bahnson, R., Miller, E.C., Cinton, S.K. (2003). Tomatoes, lycopene and prostate cancer: a clinician's guide for counseling those at risk for prostate cancer. *World J. Urol.*, 21: 9-14.
- Prata, G., Zorzoli, R., Picardi, L.A. (2003). Diallel analysis of production traits among domestic, exotic and mutante germoplasms of *Lycopersicon*. *Genetics and Molecular Research*, 2 (2): 206-213.
- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Zimmermann, M.J. O. (1993). *Génetica quantitativa em plantas autógamas*: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG.271p
- Ramalho, M.A.P., Araújo, L.C.A. (2011). Breeding self-pollinated plants. *Crop breeding and applied biotechnology* SI: 1-7.
- Resende, L.V., Maluf, W.R., Gomes, L.A.A., Mota, F.M.P., Resende, J.T.V. (1999). Análise dialélica de firmeza de frutos em cultivares e linhagens de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ciência e Agrotecnologia*, 23, nº1.

- Resende, L.V., Maluf, W.R., Resende, J.T.V., Gomes, L.A.A. (2000). Capacidade combinatória de linhagens de tomateiro do tipo Santa Cruz com diferentes níveis e controles genéticos de resistência a tospovírus. *Ciência e Agrotecnologia*, 24: 549-559.
- Rick, C.M (1987). *Genetic resources in Lycopersicon*. In *Tomato biotechnology*. Edited by D.J. Nevins and R.A. Jones. Alan Liss Publishers, New York. 17– 26p.
- Rick, C.M., Holle, M. (1990). Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Econ Bot*, 43 (3.): 69-78.
- Santos, F.F.B., Ribeiro, A., Siqueira, W.J., Melo, A.M.T. (2011). Desempenho agrônômico de híbridos F<sub>1</sub> de tomate de mesa. *Horticultura Brasileira*. 29: 304-310.
- Scott, A.J., Knott, M.A. (1974). *Cluster analysis methods for grouping means in analysis of variance*. *Biometric*, 30: 507-512.
- SGN - Solanaceae Genome Network Disponível em: <http://sgn.cornell.edu/> Acesso em 2 de outubro de 2012.
- Silva, J.B.C., Giordano, L.B. (2000). *Tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia - Embrapa Hortaliças. 168p.
- Silva, R.M., Miranda, F.J.B. (2003). Heterosis expression In crosses between maize populations: ear yield. *Scientia Agricola*, 60(3): 519-524.
- Silva, D.J.H., Vale, F.X. (2007). *Tecnologia de Produção de Tomate*. Viçosa. UFV: 356p.
- South África (2011). Agriculture, forestry & fisheries. A profile of the South African tomato market value chain. Directorate Marketing, Pretória. 34p.
- Souza, L.M., Paterniani, M.E.A., Melo, P.C.T., Melo, A.M.T. (2012). Diallel cross among fresh market tomato inbreeding lines. *Horticultura Brasileira*, 30: 246:251.
- Spooner, D.M., Peralta, I.E., Knapp, S. (2005). Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. Section *Lycopersicon* (Mill) wettst]. *Taxon*, Utrecht, 54: 43-61.
- Sprague, G.F., Tatum, L.A. (1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 34 (63): 923-932.



UPEA. (2012). Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental. Disponível em:  
<http://www.iff.edu.br/campus/upea>. Acesso Outubro de 2012

Vencovsky R., Barriga P. (1992). *Genética quantitativa no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496p.

Vieira, C. (1967). Apostila de melhoramento de plantas. Viçosa: UREMG, 127p.