

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE PROGÊNIES PARCIALMENTE
ENDOGÂMICAS DE MILHO-PIPOCA ESTIMADA POR
TESTCROSSES

VALTER JÁRIO DE LIMA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO – 2017

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE PROGÊNIES PARCIALMENTE
ENDOGÂMICAS DE MILHO-PIPOCA ESTIMADA POR
TESTCROSSES

VALTER JÁRIO DE LIMA

“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 Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Junior

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO - 2017

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE PROGÊNIES PARCIALMENTE
ENDOGÂMICAS DE MILHO-PIPOCA ESTIMADA POR
TESTCROSSES

VALTER JÁRIO DE LIMA

"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 Genética e Melhoramento de Plantas."

Aprovada em 17 de março de 2017.

Comissão Examinadora:

Prof. Silvério de Paiva Freitas Júnior. (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UFCA

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

Dr. Guilherme Ferreira Pena (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) –
UENF

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

Ao senhor Deus, por ter me concedido o dom da vida, a minha família, em especial aos meus amados pais, Maria do Socorro de Lima e Acido Lopes de Lima e aos meus irmãos Valter Julio, Valdejane e Vagner.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela saúde e por todas as pessoas e oportunidades que colocou e tem colocado em meu caminho.

À minha mãe, Maria do Socorro, por todo o esforço e dedicação. Mulher maravilhosa que nunca permitiu que eu fraquejasse.

Ao meu pai Acido e meus irmãos, Valter Julio, Valdejane e Vagner, por sempre me ajudarem e contribuírem para o meu sucesso. A toda minha família pelo apoio, em especial aos meus sobrinhos, Juninho, Deborah, Ana Julia, minha tia madrinha Fátima, à minha cunhada Aninha e meus primos, Aglésio e Eduardo.

Ao meu orientador, Professor Antonio Teixeira do Amaral Junior, pelos ensinamentos, orientação, apoio, incentivo e amizade no decorrer do curso.

Ao meu orientador de graduação, Silvério de Paiva Freitas Júnior, pelo incentivo para cursar esta pós-graduação, pelos anos de orientação, pela amizade, ajuda, conselhos e companheirismo.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de cursar o mestrado e desenvolver esta pesquisa.

À CAPES e FAPERJ, pela concessão das bolsas de estudo e auxílio financeiro para realização da pesquisa.

Aos professores do LMGV pelos ensinamentos, em especial, aos meus conselheiros professores Alexandre Pio Viana e Messias Gonzaga Pereira pelas valiosas contribuições.

Ao Dr. Guilherme Ferreira Pena, pelas valiosas contribuições.

Ao secretário do Programa de Genética e Melhoramento de Plantas, José Daniel, pelos auxílios e conselhos.

Ao Samuel, pela amizade, apoio incondicional na condução, avaliação e escrita deste trabalho e ao Jhean que não mediu esforços na condução desse experimento.

Aos amigos do milho-pipoca, milho-comum e agregados: Amanda, Adriano, Cássio, Fernando Higino, Gabrielle, Guilherme, Ismael Freitas, Ismael Gerhardt, Ismael Schwantes, Janeo, Juliana, Kátia, Professor Marcelo, Railan, Tiago, Gabriel, Júlio, Jocarla, Nayara, José Arantes e Renato pela ajuda no experimento, pela amizade e pelos inúmeros momentos de descontração.

Aos técnicos, Geraldo, Valdinei, Luzimara e Durval e às estagiárias, Jaqueline e Márcia por toda a colaboração e incansável ajuda no experimento.

Ao núcleo de estudos “Ganho Genético” pelo aprendizado, que permitiu grandes experiências profissionais. E a todos os colegas que fizeram parte da gestão 2016/2017: Ingrid, José Arantes, Lígia, Lucas, Paulo, Rafael, Samuel, Tâmara Rebecca e Thâmara Figueiredo.

A todos os colegas do LMGV, pela amizade e pela agradável convivência durante este período de mestrado. Em especial à Paola, Dieimes, Larissa, Thâbata, Mariana e Tamires.

À Universidade Federal do Cariri e à Escola Agrotécnica Federal de Crato por possibilitar minha formação acadêmica.

Aos grupos da graduação, de estudos NEFIMP e de extensão GSA, por todo o aprendizado e pela grande colaboração em minha formação. E a todos os colegas que fizeram parte destes grupos, em especial, Esmael, Tamiris, Rodrigo, Yure, André, Jair, Kleyton, Josy, Denise, Juliana, Aline, Tainara, Jessica, Vanessa, Simião, João Esdras, Rysley, Marcelo, Brendo, Ítalo, Sydney, Lynda e Pedro.

Aos amigos Luana Burg, Ana Larissa, Tainá, Karol, Jaiane, Ivonildo, Markson e Daniel, pela agradável convivência e pelos momentos compartilhados.

Às Professoras do ensino fundamental Claudiana e Cleomar, que tanto me incentivaram na dedicação dos estudos, as quais foram fundamentais no início da minha vida acadêmica.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1. Aspectos gerais da cultura.....	4
3.2. Importância econômica da cultura	6
3.3. Melhoramento de milho-pipoca.....	7
3.4. <i>Testcross</i> e o uso de testadores no melhoramento genético.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Genótipos	15
4.2. Métodos.....	16
4.3. Progênes S_3	16
4.4. Obtenção dos híbridos <i>testcrosses</i>	17
4.5. Avaliação dos híbridos <i>testcrosses</i> e das progênes S_3 <i>per se</i>	18
4.5.1. Delineamento experimental.....	18
4.5.2. Preparo do solo, semeadura e tratos culturais	18
4.6. Características avaliadas.....	18
4.7. Análise estatística e genética dos dados.....	19
4.7.1. Análise de variância	19

4.7.2. Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos e fenotípicos	20
4.7.3. Análise em dialelo parcial	21
4.7.4. Capacidade de discriminação dos <i>testcrosses</i>	22
4.7.5. Depressão por endogamia	23
4.7.6. Heterose.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. Análise de variância.....	25
5.2. Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos e fenotípicos.....	27
5.3. Análise em dialelo parcial	30
5.4. Capacidade de discriminação dos <i>testcrosses</i>	37
5.5. Endogamia.....	41
5.6. Heterose	42
6. CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Identificação dos testadores quanto ao tipo do material, origem, base genética e relação com progênes S ₃	16
Tabela 2. Esquema de análise de variância para o delineamento em látice do experimento.	20
Tabela 3. Tabela dialélica parcial dos cruzamentos entre p progênes S ₃ (Grupo 1) e q testadores (Grupo 2).	22
Tabela 4. Esquema da Análise de Variância ao nível de médias para o dialelo parcial, segundo o método de Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988).	22
Tabela 5. Análise de variância de caracteres de importância econômica, com base em estimativas de híbridos <i>testcrosses</i> de progênes S ₃ oriundas de UENF 14 com quatro testadores.	26
Tabela 6. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos dos híbridos <i>testcross</i> , testadores e progênes S ₃ per se para altura de planta, rendimento de grãos, capacidade de expansão e volume de pipoca expandido por hectare.	28
Tabela 7. Estimativas dos quadrados médios (genitores e F ₁ 's) da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) e do resíduo experimental	

para caracteres de importância econômica avaliados em <i>testcrosses</i> de progênies S ₃ oriundas de UENF 14 com quatro testadores.	30
Tabela 8. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) associados às progênies S ₃ (Grupo I) e aos Testadores (Grupo II) para os caracteres altura média de planta (AP), rendimento de grãos (RG), capacidade de expansão (CE) e volume de pipoca expandida (VP), avaliados em esquema de dialelo parcial em milho-pipoca.....	32
Tabela 9. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) entre as progênies S ₃ (Grupo I) e quatro Testadores (Grupo II) para os caracteres AP, RG, CE e VP, avaliados <i>testcrosses</i> com milho-pipoca em esquema de dialelo parcial.....	34
Tabela 10. Capacidade de discriminação dos testadores, de acordo com o índice de diferenciação de Fasoulas (1983) dos híbridos <i>testcrosses</i> , fundamentado no teste de Duncan (0,05) de comparações entre médias.	38
Tabela 11. Ordem classificatória das progênies S ₃ com relação aos valores de capacidade geral de combinação (CGC) e de seus cruzamentos <i>testcrosses</i> com quatro testadores.....	39
Tabela 12. Estimativa de depressão por endogamia.	42
Tabela 13. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos <i>testcross</i> , para o caractere altura de planta.....	43
Tabela 14. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos <i>testcross</i> , para o caractere rendimento de grãos.....	48
Tabela 15. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos <i>testcross</i> , para o caractere capacidade de expansão.....	53
Tabela 16. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos <i>testcross</i> , para o caractere volume de pipoca expandido por hectare.	57

RESUMO

LIMA, Valter Jário; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março, 2017. Capacidade combinatória de progênies parcialmente endogâmicas de milho-pipoca estimada por *testcrosses*. Orientador: Antônio Teixeira do Amaral Júnior. Conselheiros: Messias Gonzaga Pereira e Alexandre Pio Viana.

O desenvolvimento de híbridos é uma das principais estratégias que possibilitam obter rendimentos superiores para a cultura do milho-pipoca. O sucesso desta ação depende, sobretudo, da adequada complementação gênica das linhagens genitoras, o que é possível de ser conhecida pela obtenção das estimativas de capacidade combinatória. O uso do *testcross* é opção exequível para tanto, pois permite avaliar um grande número de linhagens em cruzamentos com testadores. Isto posto, a presente pesquisa teve como objetivo testar progênies parcialmente endogâmicas S_3 por meio de cruzamentos *testcrosses* com quatro testadores no Norte do estado do Rio de Janeiro, e estimar a capacidade de combinação das progênies S_3 e dos testadores por meio do método de Griffing (1956) adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988). Foram utilizadas 43 progênies parcialmente endogâmicas S_3 , oriundas da variedade de milho-pipoca UENF 14. Como testadores, foram utilizados quatro genótipos, três de base genética ampla (BRS Angela, IAC 125 e UENF 14) e um de base genética estreita (Linhagem P2). A obtenção dos híbridos foi realizada no ano de 2015, e as avaliações dos híbridos, no ano 2015-2016, no Colégio Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes - RJ. O experimento foi arranjado em delineamento de blocos

incompletos (látice 15x15), com três repetições. Para fins de avaliação, foram consideradas as seguintes características: altura de planta (AP); rendimento de grãos (RG); capacidade de expansão dos grãos (CE) e volume de pipoca expandida por hectare (VP). Os dados foram submetidos à análise de variância apresentando diferença significativa em 1% de probabilidade, pelo teste F, permitindo o desdobramento dos tratamentos no qual demonstram respostas diferenciadas dos testadores em combinações com as progênes S_3 para os diferentes caracteres avaliados. Nas estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos destacam-se os elevados valores de variância genotípica, concomitantes com as estimativas de herdabilidade superiores a 60%, para as características CE, RG e VP. Com relação à capacidade geral de combinação (CGC) 14 progênes S_3 mais o testador BRS Angela apresentaram valores positivos para RG e CE. Na Capacidade específica de combinação (CEC) o testador BRS Angela proporcionou combinações superiores, destacando-se a híbrido com a progênie S_3 10, com estimativas de CEC de 1.274,03 e 4,43, respectivamente. O índice de diferenciação (D) proposto por Fasoulas, concomitantemente com os critérios de classificação das capacidades combinatórias das progênes e dos híbridos *testcross*, permitiu identificar o testador BRS Angela, ao revelar as mais expressivas estimativas do índice e a melhor classificação das progênes S_3 . Inobstantemente, a depressão endogâmica das progênes S_3 , foi elevada para RG e VP, ordem de 73,22% e 77,76%, por outro lado, para AP e CE foram bem inferiores, decorrente predomínio dos efeitos gênicos aditivos destes caracteres. As estimativas de heteroses relativas (HT), funcional (HF) e varietal (HV), permitiram uma complementação para as estimativas de CGC e CEC, e assim selecionar as melhores progênes S_3 e híbridos *testcrosses*. Ainda com base na HV, o híbrido BRS Angela vs Progênie S_3 -10 mais uma vez se destacou, com maior percentual para VP (68,01%) e terceiro maior para RG (78,72%). Contudo, indicou-se como promissor, o híbrido *testcross* BRS Angela vs progênie S_3 -10. As progênes S_3 com valores positivos de CGC para RG e CE, recomendou-se a continuidade do programa de melhoramento, com o avanço de gerações de autofecundações. E indicou-se, o testador BRS Angela como o mais adequado para diferenciar as progênes superiores.

ABSTRACT

LIMA, Valter Jário; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2017. Combining ability of partially inbred popcorn progenies estimated by testcrosses. Advisor: Antônio Teixeira do Amaral Júnior. Committee members: Messias Gonzaga Pereira and Alexandre Pio Viana.

The hybrids development is one of the main strategies to obtain superior yields in popcorn. The action success depends, upon all, on the adequate gene complementation of the genitor lines, which is possible to be known by obtaining the combining ability estimations. The testcross use is a feasible option for that, while it allows to evaluate a great number of lines in crossings with testers. The present study aimed to test S3 partially endogamic progenies by testcross with four testers in the north of Rio de Janeiro state, and to estimate the combining ability of the testers and S3 progenies by the Griffing method (1956) adapted by Geraldi and Miranda Filho (1988). A total of 43 partially endogamic S3 progenies from the UENF14 popcorn variety were used. As testers, four genotypes were used, three with broad genetic base (BRS Angela, IAC 125 and UENF 14) and one with a narrow genetic base (P2 line). The hybrids were obtained in 2015, and the hybrids evaluations, in the harvest season 2015-2016, at the Antônio Sarlo Agricultural College, Campos dos Goytacazes - RJ. The experiment was arranged in an incomplete block design (15x15 lattice), with three replicates. For evaluation purposes, the following traits were considered: plant height (PH); Grain yield (GY); Popping expansion (PE) and expanded popcorn volume per hectare (VP). Data

were submitted to analysis of variance by the F test. When significant differences were observed, the treatments were unfolded, in which they demonstrated differentiated responses of the testers, in combinations with the progenies S3, for the different traits evaluated. Estimations of genetic and phenotypic parameters highlight high genotypic variance values, concomitant with heritability estimates, higher than 60% for PE, GY and VP. Regarding the general combining ability (GCA), 14 progenies S3 and the BRS Angela tester presented positive values for GY and PE. In the specific combining ability (SCA), the BRS Angela tester provided superior combinations, highlighting the hybrid obtained with S3 progeny 10, with SCA estimates of 1,274.03 and 4.43, respectively. For the differentiation index (D), proposed by Fasoulas, concomitantly with the classification criteria of the combinatorial abilities of the progenies and the testcross hybrids, the tester BRS Angela presented the most expressive estimations and the best classification of the progenies S3. Notwithstanding, the inbreeding depression of the S3 progenies was elevated for GY and VP, being 73.22% and 77.76%. On the other hand, for PH and PE were of lower magnitudes, due to the predominance of the additive gene effects of these traits. Estimations of relative (RH), functional (FH) and varietal (VH) heteroses allowed a complementation for GCA and SCA estimations and, thus, to select the best S3 progenies and testcrosses hybrids. Also, based on VH, the hybrid BRS Angela vs Progeny S3-10 stood out with the higher percentage for VP (68.01%) and the third higher for GY (78.72%), indicating it as promising. For the progenies S3 with positive values of GCA for GY and PE, it was recommended the continuation of the breeding program, with the advancement of self-pollination generations. It was indicated, the BRS Angela tester as the most suitable to differentiate the superior progenies.

1. INTRODUÇÃO

O milho-pipoca é uma cultura típica do Continente Americano, utilizada exclusivamente para o consumo humano. A partir dos anos 2000, os campos de produção dessa cultura vêm aumentando no país, em decorrência de uma maior demanda pelo produto *in natura* ou na forma de produtos industrializados (Moterle et al., 2006; Von Pinho et al., 2010; Amaral Junior et al., 2016a). Por ser de baixo custo e saborosa, torna-se um produto de grande aceitação popular e de grande rentabilidade para quem produz o grão e para quem vende a pipoca.

As regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro têm sua agricultura baseada, principalmente, no cultivo de cana-de-açúcar e pastagens, com baixa rentabilidade de cultivo (Souza et al., 2009). Esse cenário favorece a incorporação de cultivo agrícola alternativo. Diante disto, o milho-pipoca é uma excelente alternativa de diversificação agrícola, por ter alta rentabilidade e grande aceitação popular e, assim, colaborar com a minimização dos problemas socioeconômicos oriundos do monocultivo da cana-de-açúcar.

A falta de opções de cultivares de milho-pipoca no mercado de sementes é um dos maiores problemas enfrentados pelos agricultores que produzem ou que venham a produzir grãos de milho-pipoca (Seifert et al., 2006; Ematné et al., 2012). Especificamente, para o Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro, têm-se registradas e recomendadas duas cultivares a fim de atender a demanda local por genótipos adaptados (Brasil, 2016), ou seja, genótipos que reúnem boas características agronômicas, associadas com alto índice de capacidade de

expansão. Neste contexto, o Programa de Melhoramento Genético de Milho-pipoca da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem buscando, desde 1998, desenvolver cultivares adaptadas a essas regiões do Estado (Pereira e Amaral Junior, 2001; Amaral Junior et al., 2013).

O desenvolvimento de cultivares híbridas é uma das principais opções para a obtenção de genótipos superiores para a cultura do milho-pipoca. O procedimento inicia-se com a obtenção de linhagens e, por conseguinte, explora-se o vigor híbrido, por meio dos cruzamentos entre aquelas linhagens de melhor potencial. As linhagens são obtidas a partir de autofecundação artificial, tendo como consequência principal a depressão por endogamia. A depressão endogâmica pode ser observada em várias características, principalmente rendimento de grãos. A baixa correlação observada entre o valor *per se* das linhagens e as posteriores combinações híbridas para as características que sofrem de depressão endogâmica, limita a seleção de boas linhagens (Simon et al., 2004; Rodovalho, M. A. et al., 2012). Para tanto, faz-se necessária a avaliação preliminar destas linhagens por meio de sua capacidade de combinação.

A avaliação de linhagens é um dos principais problemas enfrentados pelos melhoristas que trabalham com milho híbrido. Na prática, os dialelos completos limitam o número de linhagens a serem utilizadas, requerendo muito esforço nas polinizações manuais para obtenção de todos os cruzamentos desejados. Para contornar este problema, uma opção tem sido a utilização do método *testcross*, proposto por Davis (1927). Esse método permite avaliar um grande número de linhagens em cruzamentos com testadores. Dessa forma, é possível eliminar aquelas linhagens que apresentam desempenho agrônômico inferior, ou seja, menor produtividade média de grãos. Os resultados desses cruzamentos revelam as linhagens mais promissoras, tornando o procedimento mais eficaz (Bolson et al., 2016).

Isto posto, delineou-se a presente pesquisa, em que foram testadas progênies parcialmente endogâmicas S_3 , por meio de cruzamentos *testcrosses* com quatro testadores, avaliando suas capacidades de combinação por meio dos métodos de Griffing (1956), modificado por Geraldi e Miranda Filho (1988).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a capacidade combinatória de híbridos *testcrosses*, oriundos dos cruzamentos entre progênies parcialmente endogâmicas S_3 de milho-pipoca e de seus respectivos testadores.

2.1. Objetivos Específicos

- ✓ Analisar a capacidade geral e específica de combinação das progênies parcialmente endogâmicas S_3 de milho-pipoca e de quatro testadores;
- ✓ Comparar e avaliar entre si quatro testadores utilizados;
- ✓ Estimar a depressão por endogamia e heterose de caracteres agronômicos de interesse para a cultura do milho-pipoca;
- ✓ Avaliar a efetividade de produzir híbridos superiores de progênies parcialmente endogâmicas S_3 de milho-pipoca para a região Norte do estado do Rio de Janeiro.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Aspectos gerais da cultura

O milho-pipoca, assim como os demais tipos de milho, pertence à espécie *Zea mays* L. var. *everta*, à família Poaceae, sub-família Panicoideae, tribo Maydeae. É uma planta herbácea, anual e monóica. De modo geral, o milho-pipoca apresenta grãos menores, maior prolificidade, porte menor, colmo mais fino e frágil, menor número de folhas, e maior suscetibilidade a doenças, quando comparado ao milho comum. Todavia, a capacidade de expandir seus grãos é a principal diferença entre as duas culturas (Linares, 1987; Larish; Brewbaker, 1999).

O milho é um cereal essencialmente americano, pois é neste continente onde se localiza seu centro de origem e diversidade, bem como seus parentes mais próximos: teosinto e o *Tripsacum* (Hallauer, 1985). Acredita-se que os índios, principalmente das tribos da América do Sul e Central já tinham a prática de aquecer e estourar o milho bem antes da chegada de Colombo ao continente (Zinsly e Machado, 1987).

São várias as teorias que explicam a origem e evolução do milho, mas a comunidade científica aponta três como sendo as prováveis origens do milho. A primeira proposta seria de que o milho, o teosinto e o *Tripsacum spp.* originaram-se de um ancestral comum, sugerida por Weatherwax (1954). A segunda e mais aceita hipótese, defendida por Beadle (1978) e Galinat (1974, 1977), sugere que o

milho teria se originado de forma direta e unicamente do teosinto, por intermédio de intensa seleção praticada pelo homem. E a última teoria sugere o próprio milho como antepassado, em que o teosinto tenha se originado do milho, defendida por Mangelsdorf (1974).

O milho-pipoca tem como característica básica o pipocamento, sendo esta a principal diferença para os outros tipos de milho (Sawazaki, 2001). Segundo Weatherwax (1922) quando o grão de milho-pipoca é submetido a altas temperaturas, ocorre o aquecimento da umidade contida nos grânulos de amido, causando a hidrólise da maioria do amido, perda de umidade e extinção de toda a estrutura celular do endosperma, o que causa a explosão do grão, sendo que o pericarpo atua apenas no confinamento da pressão. Segundo Silva et al. (1993), a película do milho-pipoca funciona como uma parede rígida, que se rompe quando a pressão interna aumenta por causa do calor que é transferido para o interior do grão.

O valor do milho-pipoca é determinado, principalmente, pela capacidade de expansão (CE). Esta é compreendida pela razão entre o volume de pipoca expandida e o volume ou peso inicial dos grãos submetidos ao pipocamento (Lira, 1983; Guadagnin, 1996). Altos índices de capacidade de expansão em milho-pipoca estão correlacionados com a qualidade do grão, sendo o seu conhecimento muito útil no melhoramento, auxiliando a seleção prévia das plantas ou progênies com melhor qualidade da pipoca. Entre elas destacam a quantidade e distribuição do amido farináceo no endosperma, tamanho e formato dos grãos, tamanho da ponta do grão e do germe (Cabral et al., 2013).

A integridade do pericarpo também é um fator importante para qualidade do grão de milho-pipoca, estando diretamente vinculado com a capacidade de expansão. Essa estrutura deve suportar a pressão exercida pelo aumento da temperatura interna quando o grão é aquecido, até o mesmo atingir a pressão ideal para expansão da pipoca. Quando o endosperma sofre algum tipo de dano, trincamento ou rompimento, sua capacidade de expansão é altamente comprometida fazendo com que a pipoca não se expanda totalmente (Matta e Viana, 2001).

De acordo com a Instrução Normativa MAPA 61/2011 publicada em 23/12/2011, é estabelecido a classificação dos grãos de milho-pipoca em 3 tipos de acordo com a capacidade de expansão e os limites máximos de tolerância

para defeitos. Para a capacidade de expansão, uma variedade comercial deve apresentar um valor mínimo de 30 mL.g⁻¹. Abaixo deste índice, a cultivar é classificada como fora de tipo. Já em relação aos limites de tolerâncias estabelecidos para defeitos, são estabelecidos o máximo de: 1% de grãos mofados e ardidos - com total 6% de avariados, 4% quebrados, 0,3% de insetos mortos - com total de 2,5% matérias estranhas e impurezas e 3% carunchados, fora destes padrões o milho pipoca é considerado enquadrado como fora de tipo e desclassificado (Brasil, 2017).

3.2. Importância econômica da cultura

O mercado da cultura do milho-pipoca passou por mudanças importantes no Brasil. A primeira mudança relaciona-se às parcerias formadas entre as empresas empacotadoras e os produtores. Estas passaram a fornecer as sementes e garantir a compra dos grãos, desde que esteja dentro do padrão de qualidade exigido. Outro ponto de destaque foi o aumento do consumo, devido à introdução do milho-pipoca para uso em fornos de microondas, importado dos Estados Unidos da América. Esta maior demanda pelo produto fez com que a cultura viesse a receber uma maior atenção dos produtores e melhoristas (Matta e Viana, 2001; Luz et al., 2005).

Sawazaki et al. (2003) destacaram a diminuição da importação de grãos e aumento da produção nacional de milho-pipoca, devido ao registro de novos híbridos nacionais e norte-americanos e a importação de sementes dos híbridos dos EUA de maior qualidade. Isso causou mudança no cenário nacional de produção de milho-pipoca, que nos anos 90 era considerado modesto, sendo necessário grande volume de importações de grãos, sobretudo dos Estados Unidos da América e da Argentina, para suprir o mercado interno (Galvão et al., 2000).

O Brasil, como grande produtor de grãos, deixou um pouco a desejar na produção de milho-pipoca; porém, essa cultura vem em crescente evolução nos últimos 25 anos. Segundo Galvão et al. (2000), a produção brasileira de milho-pipoca na década de 90 era de cerca de 20 mil toneladas. A partir de 2000 as mudanças no mercado permitiram avanços significativos e uma maior demanda pelo milho-pipoca (Sawazaki, 2003). De acordo com o Anuário Brasileiro do Milho (Kist et al., 2016), em 2014 a produção de milho pipoca no Mato Grosso,

considerado o principal produtor deste grão com 80% da produção do país, registrou o recorde de 255 mil toneladas colhidas. Entretanto, ainda são incipientes dados oficiais sobre o cultivo total de pipoca no Brasil (Amaral Junior et al., 2016a; Kist et al., 2016).

A colheita recorde de milho-pipoca registrada em 2014 foi estimulada pela realização da Copa do Mundo. No entanto, a demanda não foi tão grande quanto a colheita, o que levou à alta dos estoques. E ainda, o excesso de chuvas afetou a produtividade e a qualidade do grão. Em consequência, as áreas destinadas para esta cultura no estado do Mato Grosso registraram queda nos dois últimos anos. A produção para o ano de 2016 foi estimada em 90.180 toneladas, com 55.031 toneladas a menos, em comparação com o resultado de 2015 (Kist et al., 2016).

Apesar dos avanços no mercado do milho-pipoca, ainda há uma grande carência de cultivares com características agronômicas desejáveis, havendo necessidade de intensificar o lançamento de variedades e híbridos comerciais (Rangel et al., 2011; Kist et al., 2016). O potencial econômico do milho-pipoca é superior ao do milho comum, tendo um valor agregado que pode chegar a ser três vezes superior ao milho comum. De acordo com o Agriannual (2015), o preço médio comercializado na CEAGESP por quilo de milho-pipoca foi de R\$ 1,70, sendo que uma saca de 30 kg vendida ao preço de R\$ 51,00. Já o milho comum na mesma época foi comercializado ao preço médio de R\$ 0,40/kg.

As regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro têm na agropecuária sua principal atividade econômica, e é tradicionalmente caracterizada pela economia açucareira. O cultivo do milho-pipoca pode ser incentivado na Região Norte do estado do Rio de Janeiro como alternativa de diversificação das atividades agrícolas, em virtude do elevado valor econômico por área e da possibilidade de se agregar valor ao produto final. Para tanto, se faz necessária a utilização de cultivares adaptadas às referidas regiões.

3.3. Melhoramento de milho-pipoca

Em se tratando do melhoramento de milho-pipoca, merece destaque o conhecimento do controle gênico dos principais caracteres de importância econômica, quais sejam, produtividade de grãos e capacidade de expansão.

Trabalhos evidenciam a primazia dos efeitos gênicos de dominância na expressão da produtividade de grãos, enquanto para capacidade de expansão, predominam os efeitos de aditividade (Larish e Brewbaker, 1999; Pereira e Amaral Junior, 2001).

No melhoramento do milho-pipoca, o aumento conjunto da produtividade e capacidade de expansão dos grãos é um grande desafio para melhoramento do milho-pipoca. Este duplo objetivo é dificultado em razão da correlação negativa entre as características (Daros et al., 2004; Hallauer et al., 2001; Freitas Júnior et al., 2009; Hallauer et al., 2010; Cabral et al., 2016). A obtenção de ganhos para ambas as características requer normalmente o uso de índices de seleção, que permitam sobrepujar o efeito negativo desta correlação (Paterniani e Campos 1999; Miranda et al., 2008).

Mais recentemente, o programa de melhoramento de milho-pipoca da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), introduziu o "supercaráter" volume de pipoca expandida por hectare (VP), o qual é obtido pela multiplicação entre a produtividade média da parcela e a capacidade de expansão, gerando o volume médio de pipoca expandida por hectare de plantio, expresso em $m^3 \cdot ha^{-1}$ (Amaral Júnior et al., 2016b; Lima et al., 2016). Esse supercaráter seria o próprio índice de seleção, já que estaria reunindo as duas principais características do milho-pipoca (Amaral Júnior et al., 2016b). Considerando a possibilidade de sucesso de sua utilização, optou-se por introduzir nesta pesquisa a característica VP e comparar sua eficiência na seleção de genótipos superiores para com as principais características econômicas do milho-pipoca, de modo a oferecer novos subsídios aos melhoristas desta importante cultura.

Em relação ao melhoramento do milho-pipoca, um fator positivo é que, em princípio, os métodos de melhoramento aplicáveis ao milho comum também podem ser empregados ao milho-pipoca (Ziegler e Ashman, 1994). Como exemplos de estratégias de melhoramento para obter ganhos em ambas as características, o uso de seleção recorrente e o uso de linhas puras selecionadas para cruzamentos e obtenção de híbridos simples superiores é recomendado (Sawazaki, 1995; Paterniani e Campos, 1999; Miranda et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009).

No melhoramento voltado para obtenção de híbridos superiores a primeira etapa envolve a escolha de populações-base, a partir das quais serão obtidas as linhagens (Oliboni et al., 2013). Por isso, as linhagens devem ser desenvolvidas a partir de populações-base que possuam características agrônômicas desejáveis, com desempenho testado em ambientes distintos, que acumulem elevada proporção de alelos associados à produtividade superior (Amorim e Souza, 2005), além de outras características de interesse, como a capacidade de expandir, a qual é para o desenvolvimento de cultivares de milho-pipoca. Um bom exemplo a ser citado de população-base que congrega as características anteriormente descritas é a cultivar de milho-pipoca UENF 14, adaptada e recomendada para as regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro (Amaral Junior et al., 2013).

O melhoramento do milho-pipoca por meio de obtenção de híbridos foi priorizado nos Estados Unidos e esse é responsável pelo grande progresso obtido nessa cultura para produtividade e qualidade da pipoca. Este método é utilizado desde a década de 1930 no melhoramento do milho-pipoca (Sawazaki, 2001; Ziegler e Ashman, 1994).

No Brasil, os primeiros trabalhos com melhoramento do milho-pipoca foram iniciados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), culminando com o lançamento da primeira variedade nacional (SAM), derivada de “*South American*”, procedente dos Estados Unidos da América, em 1941. Após esse período interromperam-se os trabalhos de melhoramento no país e só no início dos anos 80 foram retomados, com o lançamento do híbrido simples modificado IAC-112 (Sawazaki et al., 2000; Sawazaki, 2001). Nos anos seguintes, poucos materiais foram melhorados no Brasil, podendo-se destacar, além do IAC-112, o IAC-125 - híbrido *testcross* derivado do IAC-112, registrado em abril de 2006; as variedades de polinização aberta BRS Angela, oriunda de seleção recorrente do composto CMS-43, pouco difundido por apresentar os grãos de coloração branca; RS-20; o UFVM2-Barão de Viçosa; e o híbrido triplo Jade, disponibilizado pela *Pioneer* (Sawazaki, 2001; Rangel et al., 2008).

Atualmente, é reduzido o número de instituições e universidades públicas que desenvolvem trabalhos efetivos com o melhoramento de milho-pipoca, a citar o Instituto Agrônomo de Campinas – IAC; a Universidade Federal de Viçosa – UFV; a Universidade Estadual de Maringá – UEM; a Universidade Estadual de Londrina – UEL; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP

Jaboticabal; a Universidade Federal de Lavras – UFLA; a Universidade Federal do Cariri – UFCA; e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

Os programas de melhoramento atuais têm sido direcionados à pesquisas específicas sobre a cultura com o objetivo de desenvolver genótipos adaptados às condições de cada região. Nesse contexto, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro desenvolve um Programa de Melhoramento de milho-pipoca com as seguintes linhas de atuação: implementação de ciclos de seleção recorrente na população UNB-2U, ora designada UENF 14; utilização de procedimentos biotecnológicos aplicados para a implementação da seleção recorrente genômica; melhoramento por meio de cruzamentos dialélicos e de *testcrosses* entre linhagens e variedades; investigações de eficiência a estresses abióticos – fósforo, nitrogênio e água; investigações sobre resistência a doenças de espigas e grãos; e, estudos relacionados com análise proteômica relacionados a estresses abióticos e resistência a doenças, com o objetivo principal de desenvolver genótipos mais adaptados às condições das regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro e, assim, incentivar o cultivo de milho-pipoca para os agricultores locais.

3.4. *Testcross* e o uso de testadores no melhoramento genético

A metodologia de avaliação por meio de *testcross* foi desenvolvida por Davis (1927). Este procedimento consiste na avaliação de linhagens, em que a prioridade maior é o cruzamento de um grupo de genótipos com um ou mais testadores, tendo por objetivo avaliar a capacidade relativa das linhagens em combinações híbridas, eliminando aquelas de desempenho agrônômico inferior (Vencovsky e Barriga, 1992).

Miranda Filho e Viégas (1987) destacam as etapas de obtenção e avaliação das linhagens em programas de desenvolvimento de híbridos de milho, como sendo as mais onerosas e demoradas. Neste aspecto, é importante a realização de seleção prévia das linhagens, com o intuito de reduzir seu número final, pois é impraticável a avaliação dos híbridos para um grande número de linhagens (Souza Júnior, 2001). Diante deste fato, muitos melhoristas têm optado por usar o *testcross* para testar as linhagens, pois esse procedimento permite a

avaliação de um grande número de linhagens em cruzamentos com testadores, eliminando aquelas de desempenho agrônômico inferior, tornando mais racional e eficiente o programa de obtenção de híbridos (Bolson et al., 2016).

O *testcross* consiste na avaliação de linhagens por meio de sua capacidade de combinação com um testador. Segundo Sprague e Tatum (1942), a capacidade combinatória pode ser definida como o desempenho de linhagens ou cultivares quando usadas em combinações híbridas. Esta capacidade combinatória pode ser aferida em termos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) (Cruz e Vencovsky, 1989).

A capacidade geral de combinação (CGC) diz respeito à medida da resposta das progênies em uma série de cruzamentos que gerem híbridos e está associada aos efeitos aditivos dos alelos e às ações epistáticas do tipo aditiva (Cardoso, 2006). Por sua vez, a capacidade específica de combinação (CEC) representa o desvio, positivo ou negativo, da hibridação com relação à média da CGC dos parentais, por meio dos efeitos de dominância e epistasia envolvendo dominância (Carvalho et al., 1999).

A principal diferença entre a capacidade geral e específica de combinação é atribuída à base genética do testador (base ampla ou estreita). Estes contrastes são basicamente diferenças que ocorrem em virtude das mudanças nas frequências alélicas. Quando se considera o testador de base genética ampla, as frequências alélicas nos diferentes locos assumem valores entre 0 e 1. Já as frequências gênicas para os testadores de base estreita, os valores limitam a 0 ou 1; porém, quando estes testadores são resultantes do cruzamento de duas linhagens homocigotas, como por exemplo na composição de híbridos simples, os valores passam a ser de 0, 0,5 ou 1. Em ambos os casos a seleção pode ocasionar mudança na média da população em função da predominância dos efeitos aditivos quando são utilizados testadores de base ampla ou a predominância dos efeitos de dominância quando são utilizados testadores de base estreita (Hallauer et al., 2010).

Além da base genética do testador (ampla ou estreita), características como sua capacidade de combinação (geral ou específica), produtividade (alta ou baixa), frequência de alelos favoráveis (alta ou baixa), estágio de desenvolvimento do programa, disponibilidade de testadores, tipos de genótipos em teste e tipos de híbridos de interesse, são os principais pontos a serem

avaliados para escolha do testador. Este deve atender aos objetivos da avaliação, oferecendo simplicidade em seu uso, gerando informações que classifiquem corretamente o potencial relativo das linhagens em avaliação e maximizem o ganho genético (Hallauer e Lopes Perez, 1979).

Deste modo, a escolha do testador é o ponto central para o sucesso na metodologia do *testcross*. Um bom testador deve apresentar uma maior eficiência na discriminação dos genótipos de acordo com os fins da seleção, deve ser de fácil manipulação, fornecer informações que classifiquem o mérito relativo de linhagens e maximizem o ganho genético (Hallauer, 1975). Por sua vez, Matzinger (1953) ressalta que um testador desejável é aquele que combina praticidade no uso com o máximo de informação sobre o desempenho esperado das linhagens usadas em outras combinações e que é praticamente impossível encontrar em um só testador todos esses requisitos.

Na avaliação da capacidade de combinação, há vários métodos para estimar os efeitos de CGC e CEC, sendo que o proposto por Griffing (1956) é um dos mais empregados. Este procedimento é fundamentado em modelos estatísticos e apresenta um conjunto máximo de p^2 genótipos. Estes são obtidos a partir de cruzamentos entre p variedades, linhagens ou cultivares, cujos dados são dispostos em uma tabela dialélica ($p \times p$), sendo que X_{ii} representa o valor médio para a linhagem autofecundada de ordem i ; X_{ij} representa o valor médio para a F_1 resultante do cruzamento entre as linhagens i e j ; e X_{ji} representa a F_1 recíproca (Vencovsky, 1970; Cruz et al., 2006). A metodologia de Griffing (1956) é apresentada em quatro métodos: Método 1, em que são avaliadas as p^2 combinações (genitores, F_{1s} e recíprocos); Método 2, em que se avaliam as $p(p+1)/2$ combinações (genitores e F_{1s}); Método 3, em que se avaliam somente as $p(p-1)$ combinações (híbridos e recíprocos); e Método 4, que se avaliam somente as $p(p-1)/2$ combinações (híbridos). Os métodos podem ser analisados como modelo aleatório ou fixo, de acordo com a natureza amostral dos genitores (Ramalho et al., 1993; Cruz et al., 2006).

Pinto et al. (2007) avaliaram a capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens parentais e a capacidade específica de combinação (CEC) das combinações híbridas de dois grupos de seis progênies S_5 de milho-pipoca, com base na metodologia de Griffing intercruzadas em esquema dialélico parcial. A análise dialélica parcial mostrou-se eficiente no estudo dos efeitos da CGC e CEC

estimados em híbridos, obtidos do cruzamento entre progênies de grupos diferentes. Concluiu-se que existem linhagens que podem ser utilizadas na formação de novas populações e combinações híbridas altamente promissoras.

A metodologia de *testcross* vem sendo bastante empregada na avaliação de testadores em milho (Oliboni et al., 2013; Bolson et al., 2016; Marcondes et al., 2016) . Paterniani et al., (2006) avaliando o desempenho de híbridos triplos de milho, obtidos em cruzamentos *testcrosses*, em três locais do Estado de São Paulo, constataram que tanto os efeitos da CGC, quanto os da CEC, foram importantes no dialelo. Constataram ainda, que o rendimento potencial dos híbridos apresentou comportamento diferenciado em cada ambiente. Por isso os autores sugerem que a escolha das linhagens deveria ser realizada de acordo com a capacidade de combinação, dentro de cada local.

Considerando a cultura do milho-pipoca, trabalhos relevantes também têm sido publicados (Scapim et al., 2008; Rodovalho et al., 2012; Pena et al., 2016a; Lima et al., 2016). Scapim et al. (2008), comparando três testadores (híbrido triplo Zélia, híbrido simples modificado IAC 112 e composto CMS 43) para a avaliação da capacidade de combinação de 36 famílias S_2 de milho-pipoca, provenientes de CMS 43, em Iguatemi - PR, identificaram uma capacidade de discriminação das progênies para RG e CE alterada em diferentes época de cultivo. Nesse sentido, o híbrido triplo Zélia destacou-se na safrinha de 2001 e o testador CMS 43 na safra 2001/2002. Para Rodovalho et al. (2012), que compararam três testadores, quais sejam, híbrido simples modificado IAC-112, variedade BRS Angela e linhagem L.8.2 (genótipo norte americano) para discriminar 64 famílias, S_2 derivadas do híbrido simples de milho-pipoca IAC-112, foi possível identificar aquele testador de base genética estreita, a linhagem L.8.2 como melhor testador tanto para RG, quanto para CE.

Considerando a importância da análise de testadores na metodologia *testcross*, Pena et al. (2016a) desenvolveram uma pesquisa correlata a esta, na região Noroeste do estado do Rio de Janeiro. Este trabalho foi realizado avaliando o mesmo grupo de testadores utilizados na presente pesquisa, para a seleção de progênies S_3 também derivadas da variedade UENF-14 de milho-pipoca. Por meio das análises de capacidade combinatória e do índice de diferenciação (D) de Fasoulas (1983), na comparação dos testadores foi possível identificar os

testadores BRS Angela (para RG) e IAC 125 (para CE) como os mais adequados, quando combinados com as melhores famílias S₃ para a produção de híbridos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Genótipos

Foram utilizadas 43 progênies parcialmente endogâmicas S_3 , oriundas da variedade de milho-pipoca UENF 14. Como testadores, foram utilizados quatro genótipos, três de base genética ampla e um de base estreita, respectivamente: as variedades de polinização aberta BRS Angela e UENF 14, o híbrido *testcross* IAC-125 e a linhagem P2. A variedade BRS Angela resulta de seis ciclos de seleção recorrente intrapopulacional no composto de milho-pipoca CMS 43 da Embrapa Milho e Sorgo (Pacheco et al., 2001). A variedade UENF 14 inicialmente denominada UNB-2U, foi derivada do cruzamento entre um composto indígena com uma variedade americana e, após processos de seleção massal, retrocruzamentos e cinco ciclos de seleção recorrente intrapopulacional, foi recomendada para a região Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro (Pereira e Amaral Junior, 2001; Amaral Junior et al., 2013). O IAC 125 é um híbrido *testcross* (híbrido simples *versus* variedade), resultado do cruzamento do híbrido simples modificado IAC 112 com um sintético obtido de um híbrido norte-americano. A linhagem P2, assim denominada pelo Programa de Melhoramento de milho-pipoca da UENF, também referida como PR 024 pelo Programa de Melhoramento da Universidade Estadual de Maringá (UEM), foi obtida após sete ciclos de autofecundações (S_7) do composto CMS-42, pertencente ao Banco de Germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação dos testadores quanto ao tipo do material, origem, base genética e relação com progênies S_3 .

Testador	Tipo	Obtentor	Base Genética	Relação
BRS Angela	Composto	Embrapa	Ampla	Não relacionado
IAC 125	Híbrido <i>testcross</i>	IAC	Ampla	Não relacionado
P2 (PR 024)	Linhagem	UEM	Estreita	Não relacionado
UENF 14	Composto	UENF	Ampla	Relacionado

4.2. Métodos

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira, em 2015, foram realizados os cruzamentos das 43 progênies S_3 com os quatro testadores em esquema de dialelo parcial em que cada progênie foi cruzada com cada testador. Na segunda, em 2015/2016, foi implantado o experimento para avaliação dos híbridos *testcrosses*, juntamente com os quatro testadores e 43 progênies S_3 (Pais) e comparando-os com seis testemunhas, quais sejam, as variedades de polinização aberta UFV-M2 Barão de Viçosa, PARA 172 e BOZM 260 e os híbridos simples L70XP1, L70XP8 e P1XL76, totalizando 225 tratamentos, compondo um látice 15 x 15.

4.3. Progênies S_3

As 43 progênies S_3 utilizadas para produção dos híbridos *testcrosses* foram obtidas por Pena et al. (2016a) segundo metodologia descrita e proposta por Miranda Filho e Viégas (1987).

A obtenção das progênies S_3 foi realizada no Colégio Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes - RJ. Inicialmente, na safra de 2011/2012 foram obtidas as progênies S_1 , pela autofecundação de centenas de plantas da população base UENF 14. No primeiro semestre de 2012, foram abertas linhas a partir das sementes de cada espiga autofecundada das plantas na geração anterior (sementes S_1) e obtidas por autofecundação às progênies S_2 . Na safra de 2012/2013, foram abertas mais uma vez linhas a partir das sementes de cada espiga autofecunda na geração anterior (sementes S_2), e se deu a obtenção das progênies parcialmente endogâmicas S_3 (Pena et al., 2016a).

4.4. Obtenção dos híbridos *testcrosses*

A obtenção dos híbridos foi realizada na safrinha de 2015, no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro. Foram realizados cruzamentos entre os quatro testadores (BRS Angela, IAC-125, P2 e UENF 14) e as 43 progênies S_3 , em esquema de dialelo parcial, onde, cada testador foi cruzado com as 43 progênies S_3 .

Para obtenção dos híbridos *testcrosses* foi utilizada uma proporção de quatro parcelas de progênies S_3 para uma parcela de plantas dos testadores, sendo as parcelas experimentais de 6,00 m de comprimento, espaçadas em 1,00 m, com 15 plantas distanciadas em 0,40 m uma da outra, semeando-se três sementes por cova, à profundidade de 0,05 m, sendo que, aos 21 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova. As adubações de fundação e cobertura foram realizadas de acordo com a recomendação para a cultura na região, como também foi realizado o controle de plantas daninhas e de pragas conforme a necessidade da cultura.

Os cruzamentos foram realizados de forma manual e o seguinte procedimento foi adotado: as progênies S_3 foram consideradas como femininas; portanto, formaram as espigas e os testadores foram considerados masculinos e doaram o pólen. As espigas das progênies foram previamente cobertas antes de liberar os estigmas, utilizando-se sacolas de plástico. Simultaneamente, foram verificados os testadores que estivessem aptos para fazer os cruzamentos. Para realizar os cruzamentos, cobriram-se os pendões com sacola de papel '*Kraft*', sempre no dia anterior ao cruzamento a ser feito, sendo esse cuidado necessário, uma vez que o pólen perde sua viabilidade após oito horas (Goodman e Smith, 1987); assim, qualquer pólen viável que se encontre no saco de papel no dia seguinte só poderá ter sido proveniente do pendão coberto. No outro dia, foram realizados os cruzamentos com um *bulk* de pólen do testador, ou seja, a mistura do pólen de várias plantas do testador, e foi realizada a polinização das progênies aptas; em seguida, a espiga foi coberta com sacola de papel '*Kraft*', a qual ficou devidamente protegida até o ato de sua colheita.

4.5. Avaliação dos híbridos *testcrosses* e das progênies S_3 *per se*

4.5.1. Delineamento experimental

Para a avaliação dos híbridos, o experimento foi arranjado em blocos incompletos (látice 15 x 15), totalizando 225 tratamentos, com três repetições, no Colégio Agrícola Antônio Sarlo, Campos dos Goytacazes - RJ, na safra 2015/2016. No local, foi realizada a avaliação dos híbridos *testcrosses*, juntamente com os quatro testadores e as 43 progênies parcialmente endogâmicas S_3 , *per se* e mais 6 testemunhas, quais sejam, as variedades de polinização aberta UFV-M2 Barão de Viçosa, PARA 172 e BOZM 260 e os híbridos simples L70XP1, L70XP8 e P1XL76.

Cada unidade experimental foi constituída por uma fileira de 4,00 m, com espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,60 m entre fileiras, à profundidade de 0,05 m, contabilizando o estande da parcela de 16 plantas, conforme recomendado para a cultura do milho-pipoca para a região Norte do estado do Rio de Janeiro (Vittorazzi, 2013)

4.5.2. Preparo do solo, semeadura e tratos culturais

A área de plantio foi previamente gradeada e sulcada com o auxílio de um sulcador no espaçamento desejado entre fileiras. Foi realizada uma adubação de fundação de acordo com os resultados da análise de solo e em seguida a semeadura de três sementes por cova de forma manual. Aos 21 dias após a emergência, foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por cova. Também foram realizadas adubações de cobertura nos estádios recomendadas para cultura do milho, e o controle de plantas daninhas e de pragas, conforme a necessidade da cultura.

4.6. Características avaliadas

Para fins de avaliação, foram consideradas as seguintes características: altura média de planta (AP); rendimento de grãos (RG); capacidade de expansão dos grãos (CE); e volume de pipoca expandida por hectare (VP).

Para aferir a altura média de planta (AP) foi usada uma régua de madeira, tomando-se uma amostra de 5 plantas por parcela. A altura da planta foi quantificada em m, após o pendoamento; sendo que, cada planta foi aferida do nível do solo até a inserção da folha bandeira.

A avaliação do rendimento de grãos (RG) foi realizada pela aferição da massa de grãos produzidos em cada parcela após a eliminação do sabugo, sendo expressa em kg.parcela⁻¹ e, posteriormente transformada para kg.ha⁻¹.

Para avaliação da capacidade de expansão (CE) todas as amostras foram encaminhadas para câmara fria seca, para atingir a umidade de equilíbrio de 12%. A capacidade de expansão foi determinada em laboratório pela utilização de forno microondas da marca Electrolux, modelo MEF41 - 31 litros, colocando-se 30 g de sementes em sacola de papel *kraft* especial para o pipocamento, na potência de 1000 W, por dois minutos e vinte segundos, em duas repetições por tratamento e o volume da pipoca expandida foi aferido com o auxílio de uma proveta graduada de 2.000 mL, possibilitando a avaliação quantitativa da expansão do milho por meio da relação volume de pipoca por peso da amostra.

O volume de pipoca expandida por hectare (VP), foi obtido pela multiplicação entre a produtividade média da parcela e a capacidade de expansão, gerando o volume médio de pipoca expandida por hectare de plantio, expresso em m³.ha⁻¹.

4.7. Análise estatística e genética das variáveis

4.7.1. Análise de variância

A análise de variância em blocos incompletos (látice 15x15) foi fundamentada no modelo linear:

$$Y_{ijk} = m + G_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado do tratamento i no bloco k , $k=15$, dentro da repetição j ;

m : constante geral da característica;

G_i : efeito aleatório do tratamento i , $i = 1, 2, \dots, 225$, sendo NID $(0, \sigma^2G)$.;

r_j : efeito fixo da repetição j , $j = 1, 2, 3$;

$b_{k(j)}$: efeito aleatório do bloco incompleto k , $k = 1, 2, \dots, 15$, hierarquizado dentro da repetição j , sendo NID $(0, \sigma^2B)$; e

e_{ijk} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} , sendo NID $(0, \sigma^2)$.

Os componentes de variância foram estimados considerando os efeitos aleatórios com o auxílio do software SAS (*Statistical Analyses System-SAS Institute, 2003*), sendo ainda considerado no desdobramento dos testadores seu efeito como fixo. O esquema da ANOVA e as esperanças dos quadrados médios estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2. Esquema de análise de variância para o delineamento em látice do experimento.

Fontes de variação	Graus de liberdade	QM	E(QM)
Repetição	$(r - 1)$	Q_1	
Bloco/Rep (Não ajustado)	$r(k - 1)$	Q_2	
Genótipo (ajustado)	$(k^2 - 1)$	Q_3	$\sigma^2_e + r\sigma^2 K^2$
Testador	$(t - 1)$	$Q_{3.1}$	$\sigma^2_e + rs\Phi^2 G$
Contraste entre testadores	1	$Q_{3.2}$	$\sigma^2_e + rs\Phi^2 C$
Erro efetivo	$(k - 1)(rk - k - 1)$	Q_4	σ^2_e
Total	$rk^2 - 1$		

4.7.2. Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos e fenotípicos

As estimativas dos componentes genéticos foram obtidas por meio dos quadrados médios da análise de variância dos látices contidas na Tabela 1.

O estimador da variância genotípica dos híbridos *testcrosses* e progênes S_3 *per se* foi expresso por:

$$\sigma_g^2 = \frac{Q_3 - Q_4}{r},$$

em que:

Q_3 = quadrado médio dos genótipos;

Q_4 = quadrado médio do resíduo; e

r = número de repetição.

O estimador da variância fenotípica média entre *testcrosses*: é dado por:

$$\sigma_f^2 = \frac{Q_3}{r},$$

em que:

Q_3 = quadrado médio dos genótipos; e
 r = número de repetição.

A herdabilidade com base na média de progênes foi estimada pela expressão:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

O Coeficiente de variação genético, por:

$$CV_g = \left(\sqrt{\hat{\sigma}_g^2} / \bar{x} \right) 100;$$

O Coeficiente de variação experimental, por:

$$CV_e = (S/\bar{x}) 100;$$

O Índice de variação, por:

$$I_v = (CV_g / CV_e) 100.$$

4.7.3. Análise em dialelo parcial

A análise do dialelo parcial foi realizada a partir das médias dos tratamentos ajustados, utilizando o modelo proposto por Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988), utilizando-se o Programa Genes (Cruz, 2013). Foram avaliadas pq combinações híbridas, sendo p progênes S_3 (Grupo 1) e q testadores (Grupo 2), conforme Tabela 4.

O modelo estatístico adotado foi o seguinte:

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

em que:

Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida entre o i -ésimo testador do grupo 1 e a j -ésima linhagem S_3 do grupo 2;

μ : constante geral da característica;

g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i -ésimo genitor do grupo 1;

g_j : efeito da capacidade geral de combinação do j -ésimo genitor do grupo 2;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação dos híbridos formados, dos grupos 1 e 2, respectivamente; e

ε_{ij} : erro experimental médio.

Tabela 3. Tabela dialélica parcial dos cruzamentos entre p progênes S3 (Grupo 1) e q testadores (Grupo 2).

Grupo ₁	Grupo ₂	
	T ₁	T ₂
1	Y ₁₁	Y ₁₂
2	Y ₂₁	Y ₂₂
...
43 _(p)	Y _{p1}	Y _{p2}

O estudo da capacidade geral e específica de combinação, baseado apenas nos cruzamentos *testcrosses*, foi realizado de acordo com o esquema da análise de variância em dialelo parcial em nível de médias, envolvendo progênes S₃ e testadores. O modelo misto em questão considerou o efeito das progênes como aleatório e o efeito dos testadores como fixo. Na Tabela 4, encontra-se indicado o quadrado médio do resíduo (QMR), já dividido pelo número de observações que deram origem às médias da tabela dialélica, em que M simboliza o número de graus de liberdade associados ao QMR.

Tabela 4. Esquema da Análise de Variância ao nível de médias para o dialelo parcial, segundo o método de Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988).

,FV	GL	QM	F
Genótipos (cruzamentos)	pq+p+q-1		
Grupos	1	QMG	
CGC _(G1)	p-1	QMG ₁	QMG ₁ /QMR
CGC _(G2)	q-1	QMG ₂	QMG ₂ /QMR
CEC	Pq	QMS	QMS/QMR
Resíduo	M	QMR	

4.7.4. Capacidade de discriminação dos *testcrosses*

A eficiência dos testadores foi avaliada pela estimativa do índice de Diferenciação (D), proposto por Fasoulas (1983). O índice D fornece o percentual que as combinações híbridas de um testador em particular superam os demais estatisticamente, com base na diferença mínima significativa (DMS), determinada por teste de médias (Tukey ou Duncan).

O índice é fornecido pela seguinte expressão:

$$D = 200 \frac{\sum mi}{n(n-1)},$$

em que:

D = índice de diferenciação;

m_i = número de médias superadas estatisticamente; e

n = número de cultivares.

4.7.5. Depressão por endogamia

A depressão por endogamia (D) foi estimada nas progênes parcialmente endogâmicas S₃, provenientes da população UENF-14. A estimativa será obtida de acordo com a expressão:

$$D = [(F_1 - S_1) / F_1] * 100,$$

em que:

D = depressão por endogamia;

F_1 = média da população inicial; e

S_1 = média das progênes S₃, oriunda da população UENF14.

4.7.6. Heterose

A estimativa da heterose relativa de cada híbrido *testcross* foi obtida pela expressão:

$$h_{ij} (\%) = \frac{\overline{S}_{ij} - \overline{S}_j}{\overline{S}_j} \cdot 100$$

Em que:

h_{ij} : heterose do cruzamento da j-ésima progênie S₃ com o testador 'i';

\overline{S}_{ij} : média do *testcross* da progênie 'j' com o testador 'i';

\overline{S}_j : média de cada testador *per se*.

Além da heterose com base na média dos testadores, foi estimada para cada característica a heterose funcional com base na linhagem *per se* e a heterose varietal com base na variedade padrão, expressa por:

$$h_{ij}(\%) = \frac{\overline{S}_{ij} - \overline{S}_j}{\overline{S}_j} \cdot 100$$

Em que:

h_{ij} : heterose do cruzamento da j-ésima progênie S_3 com o testador 'i';

\overline{S}_{ij} : média do *testcross* da progênie 'j' com o testador 'i';

\overline{S}_j : média da progênie S_3 'j' *per se* ou da variedade padrão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise de variância

Para a análise de variância, foram consideradas as médias dos 172 híbridos testcrosses (F_1 's), dos quatro testadores e 43 progênies S_3 (Pais) que compuseram o dialelo parcial, como também seis testemunhas, quais sejam as variedades de polinização aberta UFV-M2 Barão de Viçosa, PARA 172 e BOZM 260 e os híbridos simples L70XP1, L70XP8 e P1XL76, totalizando 225 tratamentos que foram dispostos em látice 15 x 15.

Houve diferença significativa em 1% de probabilidade pelo teste F entre genótipos para os caracteres avaliados (Tabela 5), evidenciando a ocorrência de variabilidade genética entre progênies S_3 e testadores, o que indica a necessidade de desdobramento dos tratamentos para a inferência dos efeitos dos testadores.

O desdobramento de tratamentos (testadores) evidenciou significância em 5% de probabilidade pelo teste F, para os híbridos oriundos do intercruzamento entre progênies S_3 e o Testador 1 (BRS Angela) para os caracteres RG e VP, bem como com o Testador 3 (P2) para o caractere AP e, por último, com o Testador 4 (UENF 14), para o caractere VP. Já no nível de 1% de probabilidade pelo teste F, houve diferenças significativas entre as combinações híbridas de progênies S_3 com o Testador 1 para o caractere AP e RG; bem como com o Testador 2 para o caractere CE; além do Testador 3 para RG, CE e VP e; do

Testador 4 para os caracteres RG e CE. Estes resultados demonstram respostas diferenciadas dos testadores em combinações com as progênies S₃ para os diferentes caracteres avaliados. Ausência de diferenças significativas pelo teste F foi observada em relação aos híbridos obtidos com o Testador 1 (BRS Angela) para os caracteres CE e VP. Este também é o caso do caractere AP, para com os híbridos advindos dos Testadores 2 (IAC-125) e 4 (UENF 14) (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância de caracteres de importância econômica, com base em estimativas de híbridos *testcrosses* de progênies S₃ oriundas de UENF 14 com quatro testadores.

FV	GL	QM			
		AP	RG	CE	VP
Repetição	2	0,01	1488277,50	171,89	2687,02
Bloco (Repetição)	42	0,05	1267729,90	11,47	1340,24
Tratamento	224	0,08**	2384317,00**	62,64**	2342,06**
Testador 1	42	0,03**	968833,54**	17,53 ^{ns}	972,47 ^{ns}
Testador 2	42	0,04 ^{ns}	904758,11*	28,21**	1127,92*
Testador 3	42	0,02*	1658915,47**	45,18**	1550,56**
Testador 4	42	0,04 ^{ns}	612135,07**	19,41**	722,90*
Testador 1 vs Testador 2	1	0,34*	26825438,28**	8,82 ^{ns}	23279,32**
Testador 1 vs Testador 3	1	0,98**	1720993,48*	1486,90**	24301,48**
Testador 1 vs Testador 4	1	0,03 ^{ns}	15609498,65**	79,95**	11194,21**
Testador 2 vs Testador 3	1	0,19 ^{ns}	14618986,22**	1807,56**	58,09 ^{ns}
Testador 2 vs Testador 4	1	0,17 ^{ns}	1391941,19 ^{ns}	34,16 ^{ns}	2033,54*
Testador 3 vs Testador 4	1	0,73**	6850394,09**	2360,61**	2912,00*
Erro	406	0,01	349199,40	10,84	402,52
CV (%)		4,83	27,32	10,99	30,68
Média		2,04	2162,71	29,96	65,40

FV: Fonte de variação. GL: Graus de liberdade. CV: coeficiente de variação. AP: altura média de plantas; RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão; e VP: volume de pipoca expandida por hectare. **: Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. *: Significativo em nível de 5 % de probabilidade pelo Teste F. ^{ns}: não significativo em 5 % de probabilidade pelo Teste F. Testador 1: BRS Angela; Testador 2: IAC-125; Testador 3: S₇ P2; e Testador 4: UENF 14.

Considerando os contrastes entre os Testadores (Tabela 5), constatou-se que o Testador 1 vs Testador 3 e o Testador 3 vs Testador 4 expressaram significância para todos os caracteres. Dessa forma, é possível inferir que houve distinção dos híbridos produzidos entre os testadores supracitados para essas variáveis avaliadas. Os contrastes entre Testador 1 vs Testador 2 e Testador 1 vs Testador 4 revelaram ausência de diferença significativa em 5 % de probabilidade para os caracteres CE e AP, nesta ordem. Esse também é o caso do contraste Testador 2 vs Testador 3, para os caracteres AP e VP, e do Testador 2 vs

Testador 4, para maioria dos caracteres avaliados, com exceção de VP ($p < 0.05$). A ausência de significância dos contrastes ($p > 0.05$) entre testadores indica que não houve amplitude de médias, obtida pela combinação híbrida com as progêneses S₃, que possibilitasse a distinção entre os testadores para os caracteres citados.

Em programas de melhoramento de milho-pipoca, os caracteres principais da cultura são RG e CE (Pereira e Amaral Júnior, 2001) e por isso a análise da significância do contraste entre testadores é importante, no sentido de direcionar a escolha dos testadores a serem utilizados. Nesse sentido, quando dois ou mais testadores apresentam comportamento similar, não justifica sua utilização, como no caso do Testador 2 (IAC 125) vs Testador 4 (UENF 14), cujas médias não apresentaram diferença significativa.

5.2. Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos e fenotípicos

As estimativas das componentes de variância para os cruzamentos com diferentes testadores foram obtidas a partir dos desdobramentos dos quadrados médios de cada testador, como mostrados na Tabela 5, e são apresentadas na Tabela 6. As estimativas dos componentes das variâncias genéticas do testador de base genética estreita P2, na maioria dos caracteres, com exceção de AP, foi aproximadamente duas vezes maior do que as estimativas de componentes genéticos de variância dos demais testadores (base genética ampla). A diferença observada entre os testadores é decorrente da variância aditiva do testador de base genética estreita ser duas vezes maior que o testador de base ampla. Isto pode ser demonstrado pela seguinte relação: a variância dos cruzamentos é igual à covariância de meios-irmãos ($(1 + F) / 4 \sigma^2_A$), em que F é o coeficiente de endogamia do pai comum, ou seja, a endogamia do testador. Assim, se não houver epistasia, a variância dos cruzamentos com testador de base ampla será igual a $1/4 \sigma^2_A$ e a variância de testador de base estreita $1/2 \sigma^2_A$. Neste sentido, os valores dos demais testadores (BRS Angela, IAC125 e UENF14) podem ser considerados equivalentes aos valores observados para o testador P2.

Tabela 6. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos dos híbridos *testcross*, testadores e progênies S₃ *per se* para altura de planta, rendimento de grãos, capacidade de expansão e volume de pipoca expandido por hectare.

Testador	BRS Angela	IAC125	P2	UENF 14
AP				
QMTestador	0,027	0,035	0,024	0,039
QMR	0,011	0,011	0,018	0,026
σ^2_g	0,005	0,008	0,002	0,004
σ^2_f	0,009	0,012	0,008	0,013
h^2	0,59	0,69	0,27	0,35
CV_g	3,54	4,24	2,12	3,22
CV_e	2,98	2,86	3,52	4,44
I_v	1,19	1,48	0,60	0,73
RG				
QMTestador	968833,54	904758,11	1658915,47	612135,07
QMR	434882,70	476846,12	625323,80	301413,08
σ^2_g	177983,61	142637,33	344530,55	103573,99
σ^2_f	322944,51	301586,03	552971,82	204045,02
h^2	0,55	0,47	0,62	0,51
CV_g	13,40	15,67	20,27	12,48
CV_e	12,10	16,54	15,77	12,29
I_v	1,11	0,95	1,29	1,02
CE				
QMTestador	17,52	28,21	45,18	19,41
QMR	11,29	6,38	13,20	8,68
σ^2_g	2,08	7,28	10,66	3,58
σ^2_f	5,84	9,40	15,06	6,47
h^2	0,36	0,77	0,71	0,55
CV_g	4,58	8,40	12,54	5,81
CV_e	6,16	4,54	8,06	5,23
I_v	0,74	1,85	1,56	1,11
VP				
QMTestador	972,47	1127,92	1550,56	722,90
QMR	642,28	595,51	620,70	410,47
σ^2_g	110,09	177,47	309,95	104,14
σ^2_f	324,16	375,97	516,85	240,97
h^2	0,34	0,47	0,60	0,43
CV_g	10,57	17,06	23,30	12,18
CV_e	14,74	18,05	19,04	13,96
I_v	0,72	0,95	1,22	0,87

QMTestador: desdobramento do quadrado médio tratamento para cada testador; QMR: quadrado médio de resíduo para cada testador; σ^2_g : variância genotípica; σ^2_f : variância fenotípica; h^2 : herdabilidade com base na média das progênies; CV_g : coeficiente de variação genético; CV_e : coeficiente de variação experimental, I_v : índice de variação; AP: altura média de plantas; RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão; e VP: volume de pipoca expandida por hectare.

Analisando o caractere AP, observa-se que os valores obtidos de variância genética não foram muito expressivos, as melhores estimativas foram obtidas pelos testadores de IAC125 e BRS Angela. Tais resultados levaram estes testadores a apresentarem os melhores valores de herdabilidade com magnitudes de 69% e 59%, respectivamente.

Destaca-se o testador P2 com estimativas satisfatórias na predição e identificação de genótipos superiores para os principais caracteres do milho-pipoca. Os elevados valores de variância genotípica (σ_g^2), concomitantes com as estimativas de h^2 superiores a 60%, para as características CE, RG e VP, possibilitam uma avaliação e seleção acurada das progênies em teste.

Os valores dos híbridos obtidos a partir do testador IAC125 apresentaram o maior valor de h^2 para CE e os valores de σ_g^2 para CE e VP foram superiores aos demais testadores de base ampla. Por sua vez, o testador BRS Angela apresentou os maiores valores de σ_g^2 e h^2 para RG. Já com o testador UENF 14, os valores de variância genética não foram tão elevados, fato este decorrente deste testador ser diretamente relacionado com as progênies em teste.

A partir das estimativas do coeficiente de variação genético (CV_g) é possível para o melhorista ter uma noção da grandeza relativa das mudanças que podem ser obtidas por meio de seleção, ao longo de um programa de melhoramento (Cruz et al., 2014). Pode-se observar na Tabela 6 que, de maneira geral, os caracteres apresentaram elevados valores de CV_g , principalmente RG, CE e VP. Este fato suscita boas chances de sucesso na seleção de progênies desta população, para tais características.

O coeficiente de variação experimental (CV_e) para todos os caracteres e entre todos os testadores utilizados, situou-se abaixo de 20%, indicando excelente precisão experimental (Pimentel Gomes, 2009).

De acordo com Cruz et al. (2014) é importante analisar a relação CV_g/CV_e , conhecida como I_v , pois possibilita ter uma compreensão real da situação de cada caractere visando ganhos por seleção com o melhoramento. Os caracteres com situações mais favoráveis ao melhoramento apresentam $I_v \geq 1$. No presente trabalho, os híbridos obtidos a partir dos testadores BRS Angela e IAC125 caractere AP, IAC125, P2 e UENF14 para a caractere CE, BRS Angela, P2 e UENF14 caractere RG e P2 no caractere VP, apresentaram valores $I_v > 1$. Todavia,

para todos os caracteres, todos os testadores podem proporcionar ganhos satisfatórios na seleção das progênes, uma vez que a menor magnitude do I_V (Testador P2, caractere AP, $I_V = 0,60$) suplantou o valor de 0,5. Consideram-se valores de I_V inferiores a 0,5 não promissores para obtenção de ganhos nos processos seletivos.

5.3. Análise em dialelo parcial

Conforme o modelo proposto por Griffing (1956), a análise do dialelo parcial foi realizada a partir das médias dos tratamentos ajustados, conforme o modelo estatístico látice. Foram avaliadas $pq = 172$ combinações híbridas, sendo $p = 43$ progênes S_3 (Grupo 1) e $q = 4$ testadores (Grupo 2).

Houve diferença significativa no nível de 1% de probabilidade no efeito da CGC dentro do conjunto de progênes S_3 (Grupo I) e de Testadores (Grupo II) para todos os caracteres avaliados (Tabela 7). A magnitude da variância aditiva, expressa pelos quadrados médios da CGC dos grupos indica a ocorrência de acentuados efeitos aditivos (Vencovsky e Barriga, 1992). Comparativamente, o grupo II apresentou maior predominância dos efeitos aditivos em relação ao grupo I. A constatação de que o grupo II apresenta elevados valores de quadrado médio para CGC é decorrente do *background* genético amplo dos testadores (Testadores 1, 2 e 4), com predomínio de alelos aditivos.

Tabela 7. Estimativas dos quadrados médios (genitores e F1's) da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) e do resíduo experimental para caracteres de importância econômica avaliados em *testcrosses* de progênes S_3 oriundas de UENF 14 com quatro testadores.

FV	GL	QM			
		AP	RG	CE	VP
Tratamentos	218	0,14**	3521063,07**	57,37**	3394,78**
Grupos	1	6,30**	326535119,62**	212,05**	321530,34**
CGC Grupo I	42	0,35**	2653568,01**	106,58**	2365,92**
CGC Grupo II	3	0,31**	11758717,71**	1321,59**	14543,50**
CEC I x II	172	0,05 ^{ns}	1711224,53**	22,40**	1601,94**
Resíduo	436	0,07	487341,26	10,96	562,35

FV: Fonte de variação. GL: Graus de liberdade. QM: Quadrado médio. CGC: Capacidade geral de combinação. CEC: Capacidade específica de combinação. Grupo I: progênes S_3 . Grupo II: testadores. AP: altura média de plantas; RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão; e VP: volume de pipoca expandida por hectare. **: Significativo no nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. ^{ns}: não significativo em 5% de probabilidade pelo Teste F.

Na análise da CEC (Tabela 7), apenas o caractere AP não exibiu efeito significativo, acusando deste modo, a ausência de ação gênica de dominância. A ausência de significância de CEC para esse caractere indica que os cruzamentos estudados não apresentaram um significativo grau de complementação, em relação às frequências alélicas, nos locos com alguma dominância (Vencovsky e Barriga, 1992). Para os demais caracteres avaliados, foram observados resultados significativos no nível de 1% de probabilidade, para CGC e CEC, indicando a presença de ação gênica de aditividade e de dominância, respectivamente (Tabela 7). A diferença significativa para CEC permite evidenciar diferentes graus de complementação entre os grupos (progênies S₃ e Testadores) avaliados, indicando combinações híbridas com desempenho fenotípico diferente do esperado somente com base nos efeitos da CGC (Pinto et al., 2007).

As estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) das progênies S₃ *per se* (grupo I) e dos Testadores (Grupo II) para cada caractere avaliado (Tabela 8), revelaram que, dentre 43 progênies S₃ avaliadas, 21 expressaram estimativas de valores negativos, indicando redução do porte dos híbridos a partir dessas progênies. Entre os testadores, somente P2 apresentou valores positivos; por sua vez, BRS Angela, IAC-125 e UENF 14, proporcionaram estimativas negativas de CGC para AP, sendo, pois, de interesse para redução na altura das plantas, o que é vantajoso para os cultivos no Norte do estado do Rio de Janeiro, em razão dos fortes ventos que ocorrem na região (Freitas et al., 2013). Segundo Miranda et al. (2007), para que a altura de planta não seja afetada pela incidência de ventos, deve-se preferir plantas com altura inferior a 2 m.

Para o caractere RG, 19 progênies S₃ apresentaram estimativas negativas de CGC, o que é indesejado. Isso significa que estas progênies, quando utilizadas como genitoras em cruzamentos, tenderão a reduzir a produtividade média de grãos. Os valores mais expressivos para o caractere RG ocorreram com as progênies S₃ 8, 14, 17, 22, 3 e 26. Entretanto, quando essas mesmas progênies S₃ foram avaliadas para CE, os valores encontrados foram negativos, o que é explicado pela correlação genética negativa entre RG e CE, observada na cultura (Hallauer, 2001; Pereira e Amaral Junior, 2001; Daros et al., 2004; Rangel et al., 2011). Tal correlação dificulta a obtenção de genótipos superiores, isto é, aqueles que apresentam simultaneamente elevado rendimento de grãos e alta capacidade de expansão (Zinsly e Machado, 1987; Pereira e

Amaral Junior, 2001; Andrade et al., 2002).

Tabela 8. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) associados às progêneses S_3 (Grupo I) e aos Testadores (Grupo II) para os caracteres altura média de planta (AP), rendimento de grãos (RG), capacidade de expansão (CE) e volume de pipoca expandida (VP), avaliados em esquema de dialelo parcial em milho-pipoca.

Efeito da CGC Associado ao Grupo I – Progêneses S_3									
S_3	Caractere				S_3	Caractere			
	AP	RG	CE	VP		AP	RG	CE	VP
1	0,02	80,43	3,19	8,86	23	0,01	-344,94	-3,47	-13,79
2	0,10	233,02	3,71	14,85	24	-0,23	-386,80	0,87	-7,81
3	0,32	347,47	-1,60	6,44	25	-0,01	-563,28	-1,53	-18,76
4	0,02	-429,95	-0,45	-12,13	26	0,13	337,83	-3,06	3,03
5	0,00	147,84	2,90	10,09	27	0,01	-59,02	-0,22	0,02
6	0,03	-144,02	2,29	0,75	28	0,02	-80,50	1,97	1,77
7	0,15	24,50	0,20	-0,49	29	0,43	136,72	0,10	4,16
8	-0,05	661,17	-2,53	14,03	30	-0,04	257,09	-5,06	-0,47
9	-0,02	282,65	0,45	7,01	31	0,06	-282,91	1,57	-7,00
10	0,07	204,13	-2,88	3,27	32	-0,15	-168,83	-4,10	-11,05
11	-0,07	287,83	2,34	13,67	33	0,09	219,32	0,66	7,96
12	0,00	-179,20	-0,10	-3,53	34	0,05	-709,94	-0,19	-21,80
13	0,06	-496,98	-0,60	-16,77	35	-0,14	102,65	-0,25	0,23
14	-0,09	634,87	-1,15	16,06	36	-0,02	32,09	0,92	0,65
15	-0,14	44,13	-0,34	0,87	37	-0,01	138,57	0,31	5,33
16	0,01	-205,31	1,81	-4,25	38	-0,17	-70,87	2,03	1,92
17	-0,05	586,35	-1,14	11,44	39	-0,09	-239,95	-0,83	-9,62
18	-0,06	253,76	0,67	10,46	40	0,00	145,43	0,09	5,39
19	-0,11	-337,35	-3,76	-14,89	41	-0,16	-336,98	3,39	-5,63
20	-0,06	-44,02	1,62	0,97	42	-0,04	10,61	3,01	6,14
21	-0,07	-672,54	0,16	-20,17	43	0,17	159,32	0,35	3,36
22	0,03	425,61	-1,35	9,42					
\hat{G}_i	0,05	140,83	0,67	4,78					
Efeito da CGC Associado ao Grupo II – Testador									
Testador	Caractere				Testador	Caractere			
	AP	RG	CE	VP		AP	RG	CE	VP
T1	-0,04	350,21	1,04	13,60	T3	0,06	88,52	-4,55	-9,32
T2	0,01	-327,68	1,50	-5,90	T4	-0,03	-111,04	2,01	1,62
\hat{G}_i	0,02	50,91	0,24	1,72					

CGC: Capacidade geral de combinação. AP: altura média de plantas; RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão; e VP: volume de pipoca expandida por hectare; (\hat{G}_i): Erro padrão. T1: BRS Angela; T2: IAC-125; T3: P2; T4: UENF 14.

A característica CE proporcionou 23 progêneses S_3 com estimativas positivas (Tabela 8) com destaque para S_3 2, 41, 1, 42 e 5, com valores respectivos de 3,71; 3,39; 3,19; 3,01; e 2,90, indicando tratar-se de híbridos com

maior concentração de alelos favoráveis para uma característica com predominância da ação efeitos gênicos aditivos (Larish e Brewbaker, 1999; Pereira e Amaral Junior, 2001). Já em relação aos testadores, de modo geral, estes apresentaram bom desempenho, sendo que apenas a linhagem P2 exibiu estimativa negativa. A CGC negativa presente nesse Testador pode ser devido à sua estreita base genética e, conseqüentemente, à menor frequência de efeitos aditivos (Pena et al., 2016b). Considerando simultaneamente os caracteres RG e CE, pode-se destacar as progênies S₃ 2 e 11, bem como o Testador BRS Angela, com valores positivos e superiores de CGC. Isto posto, por meio do cruzamento entre BRS Angela com as progênies S₃ 2 e 11, poder-se-ão produzir híbridos *testcrosses* promissores, que apresentem elevados valores de produtividade e altos índices de capacidade de expansão.

Considerando a dificuldade de obter, concomitantemente, híbridos com elevadas estimativas de RG e CE, em razão da correlação genética negativa entre esses caracteres (Zinsly e Machado, 1987; Daros et al., 2004; Rangel et al., 2011), o Programa de Melhoramento de Milho-pipoca da UENF tem proposto o uso da característica VP, considerada um supercaráter (Amaral Junior et al., 2016b). VP é oriunda do produto entre CE e RG, e seu uso vem possibilitando ganhos simultâneos nas principais características de importância econômica para a cultura. As estimativas de CGC para VP discriminaram 27 progênies S₃ e os testadores BRS Angela e UENF14 com valores positivos. Dentre essas progênies S₃, dez expressaram isoladamente, valores negativos para a CE. As estimativas positivas e elevadas de VP são explicadas pela maior contundência da expressão de RG alcançadas por tais progênies S₃. Todavia, elevados valores de VP sendo influenciados majoritariamente por RG, devem ser interpretados com precaução. Faz-se necessário, dessa forma, uma comparação de VP com os valores individuais de RG e CE de cada genótipo, principalmente quando a média geral de CE do genótipo estiver abaixo de 30 mL.g⁻¹, valor mínimo recomendado para recomendação de cultivar de milho-pipoca. Isto porque, sendo RG e CE os caracteres de maior importância econômica no melhoramento do milho-pipoca, não se deve alijar um ou outro, quando da seleção de progênies superiores.

BRS Angela proporcionou combinações híbridas superiores com as progênies S₃ para RG e CE, destacando-se a combinação oriunda da progênie S₃ 10, com estimativas de CEC de 1.274,03 e 4,43, respectivamente (Tabela 9).

Esse mesmo híbrido sobressaiu-se com a estimativa mais elevada de CEC para VP, o que é consonante com os resultados individuais de RG e CE, ratificando o uso de VP como uma adequada alternativa para a seleção de genótipos superiores, concomitantemente, para as principais características econômicas da cultura. De forma análoga, também foram promissoras as progênies S₃ 8 e 14 com o Testador BRS Angela para as características RG e CE, isoladamente - com estimativas de CEC de 1.202,18 e 910,46 para RG, e de 0,30 e 0,66 para CE, respectivamente - e para VP, ao expressar, nesta ordem, o segundo e terceiro valores mais expressivos de CEC.

Tabela 9. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) entre as progênies S₃ (Grupo I) e quatro Testadores (Grupo II) para os caracteres AP, RG, CE e VP, avaliados testcrosses com milho-pipoca em esquema de dialelo parcial.

Efeito da CEC									
S ₃	BRS Angela				S ₃	IAC-125			
	AP	RG	CE	VP		AP	RG	CE	VP
1	0,02	-160,79	0,14	-1,87	1	-0,02	-81,41	1,51	1,06
2	0,14	720,70	-3,73	13,23	2	0,17	646,00	0,54	25,64
3	-0,25	-253,01	3,48	2,73	3	-0,28	229,33	0,85	8,90
4	0,10	-263,75	2,33	-6,02	4	0,05	-134,01	-1,14	-9,04
5	-0,04	11,81	-0,30	2,96	5	-0,02	97,10	-0,15	1,95
6	0,14	505,15	2,59	27,74	6	0,06	6,74	0,91	4,13
7	-0,16	1095,14	-3,77	21,07	7	0,01	211,55	0,66	9,91
8	0,10	1202,18	0,30	34,41	8	0,05	843,03	0,94	27,05
9	0,14	172,66	-2,59	1,34	9	0,05	1587,58	-3,21	28,12
10	0,12	1274,03	4,43	48,97	10	-0,06	553,40	1,69	18,06
11	-0,02	405,15	2,60	27,98	11	0,11	540,80	-1,87	17,32
12	0,17	95,88	1,93	5,59	12	0,01	98,22	2,57	6,43
13	0,08	567,74	-0,91	13,20	13	0,03	-656,60	-5,49	-27,35
14	-0,05	910,46	0,66	32,83	14	0,01	-152,26	-2,96	-16,25
15	0,04	658,69	-1,52	10,60	15	-0,04	-53,37	0,17	0,89
16	0,10	133,85	0,63	9,38	16	0,05	38,40	3,44	10,62
17	0,11	835,52	-3,14	15,75	17	-0,03	1012,66	-1,11	29,57
18	0,03	436,25	0,38	15,56	18	-0,02	157,11	0,25	3,79
19	-0,05	-314,86	0,81	-13,16	19	-0,04	-114,01	0,01	-8,26
20	-0,01	-45,22	-1,51	-3,74	20	0,03	410,44	0,97	16,94
21	0,01	-124,85	-1,00	-6,75	21	0,06	-694,38	-4,19	-28,14
22	0,07	68,85	1,04	6,21	22	-0,01	-79,93	1,09	-0,48
23	0,04	-209,49	-0,81	-14,32	23	-0,02	361,74	2,62	13,06
24	0,21	170,14	5,46	19,04	24	-0,03	-55,68	3,38	0,78
25	0,08	-373,38	0,91	-11,83	25	0,07	301,55	0,57	7,10
26	-0,07	11,44	-1,94	-5,66	26	-0,05	-1180,31	-4,53	-41,42

Tabela 9. Cont.

Efeito da CEC									
S ₃	BRS Angela				S ₃	IAC-125			
	AP	RG	CE	VP		AP	RG	CE	VP
27	-0,01	378,66	2,05	16,37	27	-0,03	-158,26	1,59	-4,53
28	-0,01	142,37	-2,32	4,98	28	-0,06	73,59	0,06	3,12
29	-0,40	46,63	1,73	7,67	29	-0,34	-282,89	-2,73	-15,33
30	0,09	370,70	1,72	7,41	30	-0,01	310,80	2,09	9,21
31	-0,05	-286,33	-2,96	-14,35	31	0,00	-129,93	1,58	-1,09
32	0,09	144,77	2,99	7,21	32	0,06	200,44	-0,03	1,94
33	0,02	155,65	1,47	9,31	33	0,00	284,03	-0,94	6,85
34	0,03	-593,17	-2,13	-16,10	34	0,01	-991,16	0,80	-29,65
35	-0,03	-242,26	-0,14	-6,10	35	0,02	272,66	-2,17	4,33
36	0,08	179,41	-7,09	-13,59	36	-0,05	-47,89	1,83	4,77
37	0,01	106,99	-1,32	-1,69	37	0,06	580,44	4,55	30,02
38	-0,06	-237,63	0,80	-4,02	38	0,05	530,63	-1,23	13,14
39	-0,01	455,88	-2,95	2,46	39	0,15	-315,12	-2,92	-15,25
40	0,04	909,03	0,74	30,95	40	0,00	-264,93	-0,18	-9,61
41	-0,06	-469,30	1,99	-7,43	41	0,04	-499,56	0,70	-15,68
42	0,08	501,63	0,21	20,97	42	-0,08	880,26	-0,70	28,53
43	0,02	41,80	-1,08	0,28	43	0,08	648,59	-2,93	13,55
S ₃	P2				S ₃	UENF 14			
	AP	RG	CE	VP		AP	RG	CE	VP
1	0,00	-307,98	5,03	4,53	1	0,04	288,61	-0,89	6,23
2	0,03	-26,94	0,91	3,66	2	0,02	194,24	6,43	27,42
3	-0,20	710,90	0,63	15,40	3	-0,21	486,76	-4,39	-1,22
4	-0,02	-520,58	1,92	-9,97	4	-0,03	369,35	0,47	12,53
5	0,00	-416,87	3,18	-4,44	5	0,00	-163,98	2,06	1,95
6	0,04	45,35	1,96	7,28	6	-0,04	-72,13	-1,93	-6,84
7	-0,05	527,21	-0,07	14,31	7	0,00	-1157,69	2,04	-32,15
8	-0,03	213,50	1,23	4,71	8	0,01	-256,57	-2,51	-16,74
9	0,05	133,80	0,29	9,29	9	-0,02	505,14	1,16	24,03
10	0,03	-185,76	-1,37	-15,89	10	0,13	55,27	0,23	-3,07
11	0,17	1161,64	-1,53	26,79	11	-0,08	-543,98	0,01	-15,74
12	-0,05	-392,06	2,79	-6,70	12	0,12	142,32	1,50	5,38
13	-0,02	-394,28	-2,43	-11,94	13	0,07	-126,58	2,17	-1,20
14	0,02	457,48	3,56	26,34	14	-0,04	704,98	-0,82	9,89
15	-0,04	-270,65	-0,87	-10,42	15	0,04	165,26	3,92	13,37
16	-0,11	109,61	-9,23	-18,18	16	0,38	529,91	2,55	27,06
17	0,10	1014,23	-3,33	10,24	17	-0,05	-199,54	0,55	-1,73
18	0,06	579,43	5,86	32,18	18	0,13	331,57	-1,27	6,94
19	0,03	-1267,98	-5,67	-36,57	19	-0,07	463,43	1,44	13,23
20	0,08	-562,80	-0,65	-15,26	20	0,03	943,42	-1,61	27,45
21	-0,01	-556,51	-0,74	-14,23	21	-0,03	99,35	3,41	8,47
22	0,05	683,13	-0,40	12,65	22	0,02	-21,02	1,81	5,81
23	-0,01	-691,50	-4,67	-26,68	23	-0,09	75,46	4,26	7,10
24	0,03	-245,21	3,05	-0,43	24	0,01	243,24	-2,25	-1,49
25	0,12	-683,54	1,00	-16,48	25	-0,01	-42,50	-3,67	-10,64
26	-0,07	-677,99	2,26	-10,43	26	-0,07	96,39	0,13	2,57

Tabela 9. Cont.

Efeito da CEC									
S ₃	BRS Angela				S ₃	IAC-125			
	AP	RG	CE	VP		AP	RG	CE	VP
27	0,04	1169,23	1,69	35,75	27	0,00	-69,72	1,51	-0,72
28	0,07	-30,02	2,23	5,01	28	0,04	-457,13	1,10	-11,01
29	-0,42	-195,39	6,20	5,27	29	-0,25	561,20	-2,20	9,89
30	0,16	1364,24	-1,08	15,27	30	0,02	473,43	1,75	13,49
31	0,00	-389,10	-1,82	-11,62	31	-0,01	100,83	-0,21	4,23
32	-0,04	442,02	0,63	6,53	32	0,05	-309,53	-3,61	-19,66
33	0,16	-36,60	-0,25	-2,09	33	0,04	341,28	0,98	12,36
34	0,04	-215,49	0,72	-7,40	34	0,06	107,13	-1,74	-1,28
35	0,07	955,72	-3,67	12,08	35	0,06	47,13	0,49	5,52
36	0,11	786,27	1,11	30,03	36	0,15	114,72	-1,57	2,66
37	0,05	131,64	-0,11	3,23	37	0,04	-474,72	-3,35	-19,70
38	-0,02	868,49	3,05	34,95	38	0,11	-108,24	1,98	1,31
39	0,06	-112,06	-1,66	-5,68	39	0,09	638,61	2,46	27,18
40	0,08	662,57	1,33	20,16	40	-0,06	7,32	1,31	2,11
41	0,11	162,76	-2,14	3,30	41	0,02	18,61	1,07	4,68
42	0,13	86,27	2,91	12,15	42	0,03	-136,39	0,34	-2,55
43	-0,04	884,24	0,40	25,67	43	-0,03	-157,68	-1,67	-6,92

CGC: Capacidade geral de combinação. AP: altura média de plantas; RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão VP: volume de pipoca expandida por hectare.

No que se refere ao Testador de base genética estreita - linhagem P2 -, sua concentração alélica favorável, consequenciou em elevada complementação gênica para RG, com destaque para as combinações oriundas de cruzamentos com as progêneses S₃ 11, 17, 27 e 30 (Tabela 9), cujas estimativas de CEC foram superiores a 1.000. Destes híbridos, sobressaiu-se o par entre a progênie S₃ 27 x P2, com sua elevada estimativa para RG, de magnitude 1169,27 e, concomitantemente, com expressiva estimativa de CE, de 1,69. Não por acaso, esta foi a combinação com maior estimativa de CEC de VP, com valor expresso de 35,75.

Para o Testador IAC-125, não houve concordância entre as estimativas de CEC de RG e CE, em que os híbridos que expressaram as mais elevadas magnitudes positivas de CEC para RG, exibiram valores negativos de CEC para CE. Como exemplo, dentre todas as combinações avaliadas, o híbrido entre a progênie S₃ 9 e o Testador IAC-125, foi o que exibiu a mais expressiva estimativa de RG, com valor de 1587,58; todavia, o valor de CEC desta combinação para CE foi negativa, com estimativa de -3,31 (Tabela 9). Vale ressaltar que tanto o Testador IAC-125 quanto a progênie S₃ que originou o híbrido 9, não

apresentaram estimativas elevadas de CGC para RG. A elevada estimativa de CEC do híbrido S₃ 9 x IAC-125 indica ocorrência de alta complementaridade entre seus genitores para o caractere RG.

Estimativas pouco expressivas de CEC para RG ocorreram nos híbridos entre UENF 14 e progênies S₃, o que era esperado, vez que estas combinações possuem genealogia comum, por conseguinte, com heterose pouco expressiva, resultante de cruzamentos entre genitores com reduzidas distâncias genéticas. De forma análoga, as estimativas de CEC para VP também foram inexpressivas (Tabela 9), denotando, uma vez mais, a preponderância de RG na expressão de VP. A maior influência de RG sobre VP é melhor compreendida quando se analisam as quatro maiores estimativas da CEC para VP (Tabela 4) - S₃ 20, S₃ 2, S₃ 39 e S₃ 16, nesta ordem -, para as quais houve coincidência na hierarquização do primeiro e quarto mais expressivos valores - com magnitudes respectivas de 943,42 e 638,61 para os híbridos S₃ 20 e S₃ 16 -, além do que a quarta hierarquização de CEC para VP, referiu-se à quinta ordem hierárquica de CEC para RG, com estimativas de 27,06 e 529,91 para o híbrido de ordem 16. Ademais, dentre as estimativas de CEC positivas para VP, 35 foram também positivas para RG, enquanto para CEC, esse quantum foi de 27 estimativas positivas (Tabela 4).

Contrariando os baixos valores de CEC para RG, o híbrido obtido entre progênie S₃ 2 x UENF-14 apresentou o valor mais elevado de CEC para o caractere CE, com estimativa de 6,43. Isso ocorreu devido a ação dos efeitos aditivos predominantes para a capacidade de expansão (Larish e Brewbaker, 1999; Pereira e Amaral Junior, 2001). Vale resaltar que a cultivar UENF 14 advém de ciclos de seleção recorrente intrapopulacional, tendo sido lançada como nova cultivar no quinto ciclo (Amaral Junior et al., 2013), o que proporcionou acúmulo de alelos favoráveis na população melhorada (Hallauer et al., 2010).

5.4. Capacidade de discriminação dos *testcrosses*

O índice de diferenciação de Fasoulas (1983) (D %) discriminou os Testadores P2 e BRS Angela como superiores para RG, com estimativas de 12,00% e 11,81% (Tabela 10), respectivamente, o que é consonante com as estimativas de CGC, que proporcionou valores positivos apenas para esses dois Testadores (Tabela 8). Já os testadores IAC-125 e UENF 14 expressaram valores

comparativamente inferiores, com estimativas de D (%) de 3,02% e 3,79%, respectivamente.

Tabela 10. Capacidade de discriminação dos testadores, de acordo com o índice de diferenciação de Fasoulas (1983) dos híbridos *testcrosses*, fundamentado no teste de Duncan (0,05) de comparações entre médias.

Testadores	RG (%)	CE (%)	VP (%)
BRS Angela	11,83	11,95	12,60
IAC-125	3,02	14,02	4,98
P2	12,00	3,93	4,72
UENF 14	3,79	15,34	5,47

RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão VP: volume de pipoca expandida por hectare.

Para CE, o estimador de Fasoulas (D %) discriminou como superiores os Testadores UENF 14, IAC-125 e BRS Angela, nesta ordem, com estimativas de 15,34%, 14,02% e 11,95%, enquanto P2 proporcionou o percentual menos acentuado, com estimativa de 3,93% (Tabela 10). Isto posto, o índice de Fasoulas diferenciou o Testador P2 como o menos interessante na discriminação de progênies oriundas de cruzamentos com S_3 . Para o caractere VP, o Testador BRS Angela se destacou com a maior estimativa (D = 12,60%), indicando tratar-se do melhor testador na discriminação das progênies S_3 para o super-caráter que reúne valoração para rendimento de grãos e capacidade de expansão. O Testador BRS Angela também foi o único a apresentar elevada estimativa de CGC para VP (Tabela 8). Os demais testadores - UENF 14, IAC-125 e P2 -, expressaram estimativas inferiores e similares de D (%), em ordem hierárquica de 5,47%, 4,98% e 4,72% (Tabela 10).

Considerando em conjunto os principais caracteres de importância econômica para a cultura do milho-pipoca - RG CE e VP - o Testador BRS Angela se destacou ao revelar as mais expressivas estimativas do índice de diferenciação, indicando ser o mais adequado na discriminação das progênies S_3 . Adicionalmente, podem-se destacar os Testadores IAC-125 e UENF 14, por revelarem valores similares para os três caracteres, o que está em consonância com a análise de variância dos contrastes entre estes testadores, em que a maioria dos caracteres aqui considerados não apresentou significância em 5% pelo Teste F (Tabela 5).

Na identificação do melhor Testador para diferenciar as progêneses S_3 superiores, utilizou-se como critério adicional a coincidência da ordem de seus *testcrosses* com a classificação da capacidade combinatória das progêneses testadas (Scapim et al., 2008). Considerando o caractere RG (Tabela 11), o Testador BRS Angela foi o de maior destaque, por permitir classificar as três primeiras progêneses S_3 - 8, 14 e 17 -, dentre suas seis melhores combinações, ranqueadas em segunda, quarta e sexta ordenação. O Testador IAC-125 por sua vez identificou duas combinações superiores, dentre estas, a progênie S_3 8 na quarta colocação e a progênie S_3 17, na segunda ordenação, ao passo que para os Testadores P2 e UENF 14, apenas uma progênie de cada um desses genitores foi identificada como superiora, quais sejam, progênie 17 na quarta colocação e progênie 14 na segunda colocação, respectivamente.

Tabela 11. Ordem classificatória das progêneses S_3 com relação aos valores de capacidade geral de combinação (CGC) e de seus cruzamentos *testcrosses* com quatro testadores.

S_3	RG				CE					VP					
	CGC	T1	T2	T3	T4	CGC	T1	T2	T3	T4	CGC	T1	T2	T3	T4
1						3°			3°		9°				
2		7°	6°			1°				1°	2°		6°		2°
3	5°			9°	7°		3°							9°	
4					10°		7°								9°
5						5°			5°	8°	7°				
6		10°				7°	6°					6°			
7		3°								9°		7°			
8	1°	2°	4°								3°	2°	5°		
9	8°		1°		6°								4°		5°
10		1°	8°				2°	8°				1°	7°		
11	7°		9°	3°		6°	5°				4°	5°	8°	5°	
12							10°	5°	9°						
13		9°								7°					
14	2°	4°			2°				4°		1°	3°		6°	
15		8°													7°
16					5°	10°		2°		5°					4°
17	3°	6°	2°	4°							5°		2°		
18	10°								2°		6°			3°	
19					9°										8°
20					1°							9°			1°
21										4°					
22	4°			10°							8°				

Tabela 11. Cont.

S ₃	RG					CE					VP				
	CGC	T1	T2	T3	T4	CGC	T1	T2	T3	T4	CGC	T1	T2	T3	T4
23								4°		2°					
24							1°	3°	7°			9°			
25															
26	6°									10°					
27				2°			8°	9°				10°		1°	
28						9°									
29					4°				1°						
30	9°			1°	8°			6°						10°	6°
31								10°							
32							4°								
33											10°				10°
34															
35				5°											
36				8°				7°							4°
37				7°				1°				1°			
38			10°	7°		8°			6°	10°				2°	
39					3°					6°					3°
40		5°										4°		8°	
41						2°	9°								
42			3°			4°			8°			8°	3°		
43			5°	6°									10°	7°	

CGC: Capacidade geral de combinação. T1: BRS Angela; T2: IAC-125; T3: P2; T4: UENF 14. RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão; e VP: volume de pipoca expandida por hectare.

Em relação a CE, nenhum testador proporcionou boa similaridade em relação à classificação dos melhores híbridos. Scapim et al. (2008) ao compararem três testadores de bases genéticas distintas na discriminação de 36 famílias S₂ de milho-pipoca, encontraram resultados semelhantes, em que os testadores não apresentaram boa classificação para as famílias que expressaram as melhores capacidades de combinação. Deve-se salientar que das oito melhores combinações híbridas entre as progêneses S₃ e o testador P2, sete apresentaram as progêneses S₃ genitoras com CGC positiva para CE. De fato, como o Testador P2 apresentou CGC negativa (Tabela 8) para CE, os valores positivos dos seus híbridos são decorrentes, na sua maior porção, das capacidades combinatórias das progêneses S₃. Ainda considerando todas as combinações híbridas dos Testadores em que as progêneses S₃ expressaram valores positivos tanto para CGC (Tabela 8), quanto para CEC (Tabela 9), foi possível identificar treze progêneses S₃ em combinação híbrida com os Testadores

BRS Angela, P2 e UENF 14, enquanto o Testador IAC-125 expressou onze combinações.

Dentre as cinco melhores progênies S_3 com relação à CGC para VP - 14, 2, 8, 11, 17, nesta ordem -, as genealogias 14, 8 e 17 se destacaram por apresentarem as maiores estimativas de CGC também para RG (Tabela 8). Adicionalmente, a progênie 2 deteve a maior estimativa de CGC para CE e a progênie 11 expressou boa classificação quanto à CGC parental para ambos os caracteres - RG e CE. Para VP, mais uma vez o Testador BRS Angela se destacou ao classificar três das cinco melhores progênies, 14, 8 e 11 dentre as suas melhores combinações, além do que as combinações 2 e 11 também apresentaram valores elevados quando cruzadas com esse mesmo Testador. Com relação ao Testador IAC-125, boas classificações para VP foram identificadas (Tabela 11), no entanto, limitou-se a identificar a progênie 14, de melhor estimativa de CGC, a qual apresentou estimativa de CEC negativa, com valor de -16,25. P2 e UENF 14, por sua vez, não foram bons testadores ao classificarem apenas uma das cinco melhores progênies S_3 para CGC dentre suas melhores combinações híbridas (Tabela 9).

Com base no Índice de Diferenciação (D%) de Fasoulas (1983), concomitantemente com os critérios de classificação utilizando as capacidades combinatórias das progênies e dos híbridos *testcrosses*, conclui-se pela discriminação do Testador BRS Angela, por expressar, nas combinações com as progênies S_3 , elevadas estimativas para RG e CE.

5.5. Endogamia

A homozigose não é o estado natural das espécies alógamas como o milho. Todavia, essa é a premissa básica para viabilizar o programa de produção de híbridos. Normalmente, as populações de melhoramento possuem uma alta frequência de alelos favoráveis para os diversos caracteres de interesse e uma pequena carga genética, ou seja, baixa frequência de alelos deletérios, apresentando condições mais favoráveis para obtenção de linhagens vigorosas (Vencovsky e Barriga, 1992). Para que se possa ter uma clarividência sobre o potencial da população como fonte de linhagens, é importante a estimação das suas depressões quando submetida à autofecundação.

Na avaliação das progênies S₃ provenientes da variedade UENF-14, a menor estimativa de depressão por endogamia (Tabela 12) foi observada para o caractere altura de planta, de 9,63%. Esse resultado implica que a contribuição dos locos em homozigose (efeito aditivo) foi maior do que a contribuição dos locos em heterozigose. Do ponto de vista dos efeitos genéticos, as estimativas da depressão por endogamia para AP os efeitos gênicos de dominância são menos importantes (Scapim et al., 2006).

Tabela 12. Estimativa de depressão por endogamia.

População	Características Avaliadas			
	AP	PG	CE	VP
UENF 14	1,97	2475,06	33,64	85,09
Progênies S3	1,78	662,90	28,82	18,93
Depressão	9,63	73,22	14,34	77,76

AP: altura de planta; RG: rendimento de grãos; CE: capacidade de expansão; e VP: volume de pipoca expandida por hectare.

Elevadas estimativas de depressão por endogamia foram obtidas para os caracteres rendimento de grãos e volume de pipoca expandido por hectare, na ordem de 73,22% e 77,76%. Tais características destacam-se pelo predomínio dos efeitos genéticos de dominância. Nessas características há uma grande contribuição dos locos em heterozigose (desvios devidos à dominância).

A magnitude de depressão por endogamia para CE foi de 14,34%, bem inferior em relação ao valor observado para o rendimento de grãos. Tal fato é decorrente da menor complexidade genética da característica, na qual predomina os efeitos gênicos aditivos. Scapim et al. (2006) destacam a maior contribuição dos locos em homozigose (efeitos aditivos) em relação a contribuição dos locos em heterozigose (desvios devidos à dominância) para o caractere.

5.6. Heterose

A heterose pode ser entendida como a diferença da expressão genética desenvolvida entre híbridos e seus respectivos parentais (Paterniani, 2001). Neste sentido, a manifestação da heterose em um cruzamento, é controlada pela existência de genes com grau parcial a completo de dominância controlando o

caráter e da diversidade genética entre os progenitores (Falconer e Mackay, 1996; Hallauer et al., 2010).

Para as heteroses do caractere AP (Tabela 13), os percentuais foram baixos, visto que os valores positivos e negativos mantiveram-se próximos. Este fato é decorrente de dois pontos principais: a não significância da CEC (tabela 9) e o baixo percentual de depressão por endogamia (9,63%) (Tabela 12) do caractere. Ainda assim, foi possível identificar diferenças importantes de heteroses entre os testadores e as progênies S₃ para a característica.

Tabela 13. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos *testcross*, para o caractere altura de planta.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		AP	HT	AP	HT	AP	HT	AP	HT
1	1,87	2,08	10,21	2,09	-1,63	2,17	2,07	2,12	7,62
2	1,87	2,28	20,67	2,36	10,95	2,27	6,38	2,19	11,11
3	1,97	2,12	12,37	2,13	0,22	2,27	6,54	2,17	10,06
4	1,84	2,16	14,31	2,16	1,51	2,15	1,13	2,19	11,11
5	1,90	2,01	6,47	2,08	-1,91	2,15	0,75	2,06	4,57
6	1,81	2,21	17,14	2,18	2,60	2,22	4,04	2,11	7,28
7	2,26	2,04	8,09	2,26	6,46	2,24	5,32	2,21	12,13
8	1,69	2,09	10,88	2,09	-1,82	2,07	-2,63	2,02	2,57
9	1,71	2,01	6,75	2,21	3,92	2,18	2,10	2,09	6,37
10	1,90	2,24	18,73	2,24	5,43	2,25	5,38	2,26	14,84
11	1,63	2,09	10,71	2,13	0,25	2,25	5,60	1,91	-2,85
12	1,73	2,22	17,63	2,10	-1,35	2,10	-1,60	2,18	10,54
13	1,90	2,19	16,29	2,19	3,17	2,18	2,50	2,19	11,52
14	1,70	1,96	3,96	2,02	-5,05	2,02	-5,23	1,91	-2,95
15	1,59	1,87	-0,67	2,00	-5,74	2,05	-3,94	1,88	-4,30
16	1,68	2,16	14,38	2,16	1,85	2,18	2,44	2,05	4,23
17	1,70	2,10	11,55	2,02	-5,08	2,20	3,41	1,96	-0,37
18	1,63	2,01	6,57	2,01	-5,33	2,15	0,78	2,12	7,69
19	1,71	1,89	0,42	1,95	-8,38	2,07	-3,07	1,88	-4,30
20	1,68	1,98	4,95	2,07	-2,60	2,17	2,07	2,03	3,15
21	1,71	1,99	5,72	2,09	-1,47	2,07	-2,78	1,96	-0,24
22	1,86	2,15	13,85	2,12	-0,31	2,23	4,76	2,11	7,15
23	1,91	2,09	10,74	2,08	-1,88	2,15	0,94	1,98	0,75
24	1,29	2,03	7,67	1,83	-14,06	2,08	-2,28	1,84	-6,33
25	1,77	2,11	11,94	2,15	1,32	2,26	6,07	2,03	3,39
26	2,25	2,11	12,01	2,17	2,26	2,21	3,88	2,12	7,83
27	1,94	2,04	8,37	2,03	-4,68	2,20	3,38	2,06	4,67
28	1,89	2,06	9,43	2,07	-2,76	2,24	5,04	2,12	7,79
29	1,89	2,08	10,42	2,18	2,64	2,16	1,22	2,24	13,79
30	1,65	2,10	11,27	2,05	-3,51	2,27	6,76	2,04	3,83
31	2,00	2,05	8,76	2,15	1,10	2,21	3,94	2,10	6,84
32	1,47	1,98	5,19	2,00	-5,84	1,97	-7,73	1,96	-0,24

Tabela 13. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		AP	HT	AP	HT	AP	HT	AP	HT
33	1,92	2,13	13,11	2,34	10,13	2,28	6,85	2,30	16,87
34	1,90	2,11	11,66	2,19	3,07	2,23	4,51	2,17	10,33
35	1,52	1,88	-0,49	1,97	-7,44	2,08	-2,25	1,98	0,61
36	1,67	2,11	11,63	2,02	-5,02	2,24	5,16	2,19	11,11
37	1,75	2,04	8,37	2,14	0,53	2,19	2,91	2,08	5,93
38	1,47	1,95	3,18	1,97	-7,47	2,09	-1,85	2,00	1,66
39	1,60	1,95	3,32	2,15	1,32	2,12	-0,28	2,06	4,67
40	1,82	2,08	10,46	2,09	-1,85	2,23	4,60	1,99	1,19
41	1,55	1,83	-2,90	1,97	-7,47	2,10	-1,25	1,92	-2,64
42	1,70	2,09	10,81	1,98	-6,65	2,24	4,97	2,05	4,40
43	2,19	2,24	18,94	2,35	10,79	2,28	7,01	2,20	11,96
Média			9,65		-0,93		2,04		5,24
Test. <i>per se</i>			1,89		2,12		2,13		1,97
S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		AP	HF	AP	HF	AP	HF	AP	HF
1	1,87	2,08	11,19	2,09	11,76	2,17	16,29	2,12	13,26
2	1,87	2,28	21,96	2,36	26,29	2,27	21,43	2,19	17,14
3	1,97	2,12	7,65	2,13	8,12	2,27	15,27	2,17	9,99
4	1,84	2,16	17,13	2,16	17,13	2,15	17,02	2,19	18,75
5	1,90	2,01	5,91	2,08	9,88	2,15	13,18	2,06	8,51
6	1,81	2,21	22,23	2,18	20,58	2,22	22,60	2,11	16,78
7	2,26	2,04	-9,76	2,26	0,09	2,24	-0,71	2,21	-2,36
8	1,69	2,09	23,59	2,09	23,24	2,07	22,57	2,02	19,26
9	1,71	2,01	17,73	2,21	29,07	2,18	27,16	2,09	22,37
10	1,90	2,24	18,06	2,24	18,06	2,25	18,34	2,26	19,11
11	1,63	2,09	27,83	2,13	30,35	2,25	37,70	1,91	17,01
12	1,73	2,22	28,04	2,10	20,92	2,10	20,96	2,18	25,50
13	1,90	2,19	15,47	2,19	15,37	2,18	14,95	2,19	15,51
14	1,70	1,96	15,37	2,02	18,67	2,02	18,78	1,91	12,35
15	1,59	1,87	17,86	2,00	25,95	2,05	28,72	1,88	18,45
16	1,68	2,16	28,45	2,16	28,81	2,18	29,92	2,05	22,10
17	1,70	2,10	23,76	2,02	18,58	2,20	29,56	1,96	15,29
18	1,63	2,01	23,51	2,01	23,55	2,15	31,90	2,12	30,18
19	1,71	1,89	11,06	1,95	14,11	2,07	21,06	1,88	10,39
20	1,68	1,98	18,09	2,07	23,42	2,17	29,70	2,03	21,07
21	1,71	1,99	16,65	2,09	22,42	2,07	21,13	1,96	14,81
22	1,86	2,15	15,48	2,12	13,87	2,23	20,00	2,11	13,37
23	1,91	2,09	9,20	2,08	8,95	2,15	12,40	1,98	3,62
24	1,29	2,03	57,06	1,83	41,19	2,08	60,98	1,84	42,53
25	1,77	2,11	19,46	2,15	21,76	2,26	27,83	2,03	15,08
26	2,25	2,11	-5,88	2,17	-3,24	2,21	-1,43	2,12	-5,49
27	1,94	2,04	5,36	2,03	4,36	2,20	13,50	2,06	6,15
28	1,89	2,06	9,40	2,07	9,47	2,24	18,58	2,12	12,40
29	1,89	2,08	10,23	2,18	15,38	2,16	14,11	2,24	18,48
30	1,65	2,10	27,44	2,05	24,44	2,27	38,08	2,04	24,04
31	2,00	2,05	2,77	2,15	7,58	2,21	10,92	2,10	5,31

Tabela 13. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		AP	HF	AP	HF	AP	HF	AP	HF
33	1,92	2,13	13,11	2,34	10,13	2,28	6,85	2,30	16,87
34	1,90	2,11	11,66	2,19	3,07	2,23	4,51	2,17	10,33
35	1,52	1,88	-0,49	1,97	-7,44	2,08	-2,25	1,98	0,61
36	1,67	2,11	11,63	2,02	-5,02	2,24	5,16	2,19	11,11
37	1,75	2,04	8,37	2,14	0,53	2,19	2,91	2,08	5,93
38	1,47	1,95	3,18	1,97	-7,47	2,09	-1,85	2,00	1,66
39	1,60	1,95	3,32	2,15	1,32	2,12	-0,28	2,06	4,67
39	1,60	1,95	21,78	2,15	34,49	2,12	32,74	2,06	28,70
40	1,82	2,08	14,67	2,09	14,75	2,23	22,63	1,99	9,57
41	1,55	1,83	18,45	1,97	27,11	2,10	36,03	1,92	23,88
42	1,70	2,09	22,69	1,98	16,39	2,24	31,26	2,05	20,58
43	2,19	2,24	2,31	2,35	7,33	2,28	3,95	2,20	0,46
Média		17,40		19,30		23,44		17,41	
Test. <i>per se</i>		1,89		2,12		2,13		1,97	
S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		AP	HV	AP	HV	AP	HV	AP	HV
1	1,87	2,09	0,22	2,08	-0,29	2,17	4,28	2,12	1,57
2	1,87	2,36	13,04	2,28	9,18	2,27	8,70	2,19	4,86
3	1,97	2,13	2,11	2,12	1,66	2,27	8,86	2,17	3,87
4	1,84	2,16	3,42	2,16	3,42	2,15	3,32	2,19	4,86
5	1,90	2,08	-0,06	2,01	-3,68	2,15	2,94	2,06	-1,31
6	1,81	2,18	4,54	2,21	5,98	2,22	6,30	2,11	1,25
7	2,26	2,26	8,47	2,04	-2,21	2,24	7,61	2,21	5,82
8	1,69	2,09	0,03	2,09	0,32	2,07	-0,51	2,02	-3,20
9	1,71	2,21	5,88	2,01	-3,42	2,18	4,32	2,09	0,38
10	1,90	2,24	7,42	2,24	7,42	2,25	7,67	2,26	8,38
11	1,63	2,13	2,14	2,09	0,16	2,25	7,90	1,91	-8,31
12	1,73	2,10	0,51	2,22	6,43	2,10	0,54	2,18	4,32
13	1,90	2,19	5,12	2,19	5,21	2,18	4,73	2,19	5,24
14	1,70	2,02	-3,26	1,96	-5,95	2,02	-3,16	1,91	-8,41
15	1,59	2,00	-3,96	1,87	-10,13	2,05	-1,85	1,88	-9,69
16	1,68	2,16	3,77	2,16	3,48	2,18	4,67	2,05	-1,63
17	1,70	2,02	-3,29	2,10	0,93	2,20	5,66	1,96	-5,98
18	1,63	2,01	-3,55	2,01	-3,58	2,15	2,97	2,12	1,63
19	1,71	1,95	-6,65	1,89	-9,14	2,07	-0,96	1,88	-9,69
20	1,68	2,07	-0,77	1,98	-5,05	2,17	4,28	2,03	-2,65
21	1,71	2,09	0,38	1,99	-4,35	2,07	-0,67	1,96	-5,85
22	1,86	2,12	1,57	2,15	3,01	2,23	7,03	2,11	1,12
23	1,91	2,08	-0,03	2,09	0,19	2,15	3,13	1,98	-4,92
24	1,29	1,83	-12,44	2,03	-2,59	2,08	-0,16	1,84	-11,60
25	1,77	2,15	3,23	2,11	1,28	2,26	8,38	2,03	-2,43
26	2,25	2,17	4,19	2,11	1,34	2,21	6,14	2,12	1,76
27	1,94	2,03	-2,88	2,04	-1,95	2,20	5,63	2,06	-1,21
28	1,89	2,07	-0,93	2,06	-0,99	2,24	7,32	2,12	1,73
29	1,89	2,18	4,57	2,08	-0,10	2,16	3,42	2,24	7,38
30	1,65	2,05	-1,69	2,10	0,67	2,27	9,08	2,04	-2,01

Tabela 13. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		AP	HV	AP	HV	AP	HV	AP	HV
31	2,00	2,15	3,01	2,05	-1,60	2,21	6,20	2,10	0,83
32	1,47	2,00	-4,06	1,98	-4,83	1,97	-5,72	1,96	-5,85
33	1,92	2,34	12,21	2,13	2,33	2,28	9,18	2,30	10,29
34	1,90	2,19	5,02	2,11	1,02	2,23	6,78	2,17	4,12
35	1,52	1,97	-5,69	1,88	-9,97	2,08	-0,13	1,98	-5,05
36	1,67	2,02	-3,23	2,11	0,99	2,24	7,45	2,19	4,86
37	1,75	2,14	2,43	2,04	-1,95	2,19	5,15	2,08	-0,03
38	1,47	1,97	-5,72	1,95	-6,65	2,09	0,29	2,00	-4,06
39	1,60	2,15	3,23	1,95	-6,52	2,12	1,89	2,06	-1,21
40	1,82	2,09	0,00	2,08	-0,06	2,23	6,87	1,99	-4,51
41	1,55	1,97	-5,72	1,83	-12,15	2,10	0,90	1,92	-8,12
42	1,70	1,98	-4,89	2,09	0,26	2,24	7,26	2,05	-1,47
43	2,19	2,35	12,88	2,24	7,61	2,28	9,34	2,20	5,66
Média		0,94		-0,80		4,26		-0,68	
Test. <i>per se</i>		1,89		2,12		2,13		1,97	
L70XP8		2,09							

AP: Altura de Planta; HT: heterose relativa com base na média dos testadores; HF: heterose funcional com base nas médias das progêneses S₃ e; HV: heterose varietal com base na média da testemunha, o híbrido simples L70XP8.

O Testador IAC125 foi o que apresentou os valores de HT mais negativos, proporcionando a redução do porte das plantas dos seus híbridos. Em contrapartida, o Testador BRS Angela apresentou os maiores valores de HT para a característica AP, sendo os cruzamentos com as progêneses 2, 43, 10, 12 e 6 os valores mais elevados, levando a inferir que este testador proporcionou nestes casos um aumento na altura dos híbridos. Estes resultados são compatíveis com a média geral dos testadores para HT, em que a variedade BRS Angela apresentou média superior ao híbrido IAC125. Já os percentuais de HT dos cruzamentos com as progêneses S₃ 2, 33 e 43 sempre os valores de heterose para todos os testadores foram elevados.

Analisando a heterose funcional para AP, baseada na média das famílias S₃ *per se*, valores contraditórios podem ser observados. Neste tipo de heterose, progêneses que apresentam baixo valor genético para a CGC (Tabela 8) como também valores negativos para os demais tipos de heteroses calculadas, apresentaram valores de HF elevados. Este fato é decorrente do baixo valor médio da progênie *per se*, causando uma maior distanciação da média dos híbridos e assim um maior percentual heterótico. Como exemplo, a Progênie 24 com o maior valor de HF média (50,44%), contrariando as estimativas de CGC

(Tabela 8), HT e HV que foram negativos, com magnitudes de -0,23, -3,75 e -6,70, respectivamente. Segundo Pena (2015), neste tipo de heterose é importante observar o desempenho *per se* das progênies e a interpretação dos resultados deve ser feita de maneira atenciosa para evitar que progênies de baixo valor genético chamem a atenção pela grande heterose manifestada em seus *testcrosses*.

A heterose varietal (HV) permite ao melhorista ter uma visão real do desempenho dos genótipos em avaliação, comparando-os com cultivares de desempenho elevado para a região em estudo. Para tanto, a HV foi estimada com base na média da testemunha L70XP8, híbrido simples pertencente ao Programa de Melhoramento de Milho-pipoca da UENF e recomendado para as regiões Norte e Noroeste Do estado do Rio de Janeiro. O híbrido L70XP8 entre as seis testemunhas avaliadas foi o que apresentou as melhores médias para as principais características do milho-pipoca (AP = 2,09 m, RG = 2.325,73 Kg/ha, CE = 34,00 mL/g e VP = 81m³/ha).

Nas análises da HV para o caractere AP, o Testador BRS Angela apresentou 22 cruzamentos com valores negativos, IAC125 19, P2 8 e UENF 14 23 cruzamentos com percentuais negativos, apresentando porte mais baixo que a cultivar padrão. Estes resultados revelaram a tendência do testador P2 em aumentar o porte dos híbridos *testcrosses* se comparado à testemunha.

Nas heteroses para o caractere rendimento de grãos (Tabela 14), estimativas promissoras foram observadas. Para HT, o Testador de base estreita P2 apresentou a melhor complementaridade com as progênies S₃, obtendo percentuais positivos em 100% dos seus híbridos, uma maior média geral (436,96 %) e ainda em 36 das suas 43 combinações, os valores de HT foram superiores a qualquer outro híbrido dos demais testadores. Similarmente, o testador BRS Angela também apresentou valores promissores, com 100% das estimativas positivas e média geral de 159,39%. Em contrapartida, para o testador UENF 14, os percentuais foram baixos e em muitos casos negativos, apresentando uma média geral de -2,75%. Em tese, os baixos valores de heterose da UENF 14 eram esperados, dada a elevada relação parental entre as progênies S₃ para esse testador.

Tabela 14. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos *testcross*, para o caractere rendimento de grãos.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		RG	HT	RG	HT	RG	HT	RG	HT
1	1183,6	2701,8	129,3	2143,2	92,8	2320,2	361,0	2690,8	8,7
2	630,5	3667,0	211,3	2964,5	166,7	2931,4	482,4	2538,7	2,6
3	1012,2	2865,0	143,2	2682,5	141,3	3520,4	599,5	3124,9	26,3
4	365,0	2129,4	80,8	1617,8	45,5	1645,4	226,9	2289,8	-7,5
5	1407,6	2925,8	148,4	2372,7	113,4	2281,5	353,3	2331,3	-5,8
6	416,2	3113,9	164,3	2016,0	81,3	2440,5	384,9	2144,6	-13,4
7	641,6	3821,8	224,4	2364,4	112,7	3047,5	505,5	1288,7	-47,9
8	1211,3	4516,0	283,3	3548,1	219,2	3348,9	565,4	2724,0	10,1
9	319,4	3512,1	198,1	2569,1	131,1	4278,1	750,0	2735,0	10,5
10	500,5	4156,4	252,8	2851,2	156,5	2549,7	406,6	2588,4	4,6
11	719,0	3423,6	190,6	2917,5	162,4	3885,4	672,0	2107,3	-14,9
12	602,9	2699,1	129,1	2068,5	86,1	1999,4	297,3	2311,9	-6,6
13	268,3	2842,9	141,3	1067,5	-4,0	1700,7	237,9	1764,4	-28,7
14	1200,2	3227,3	173,9	3163,7	184,6	3783,1	651,7	3788,6	53,1
15	760,5	2768,2	135,0	2339,6	110,5	3188,5	533,5	2134,9	-13,7
16	149,3	2710,1	130,1	1988,4	78,9	2443,3	385,4	2649,3	7,0
17	763,3	4103,9	248,4	3636,5	227,1	4026,5	700,0	2707,4	9,4
18	683,1	3420,8	190,4	2527,6	127,4	3310,2	557,7	2892,6	16,9
19	857,3	2168,1	84,0	1722,9	55,0	1034,3	105,5	2464,0	-0,5
20	481,2	2693,5	128,6	2486,1	123,6	1966,2	290,7	3185,8	28,7
21	251,7	2032,6	72,5	868,4	-21,9	1385,5	175,3	1811,4	-26,8
22	1402,1	3238,3	174,9	2466,8	121,9	3567,4	608,8	2724,0	10,1
23	484,0	2259,4	91,8	2159,8	94,3	1565,2	211,0	2094,8	-15,4
24	136,9	2574,6	118,5	1731,2	55,7	1942,7	286,0	2212,4	-10,6
25	232,3	1902,6	61,5	1899,9	70,9	1368,9	172,0	1780,9	-28,0
26	2358,9	3102,8	163,4	1357,8	22,1	2215,1	340,1	2751,6	11,2
27	185,3	3075,2	161,0	1941,3	74,6	3568,8	609,1	2226,2	-10,1
28	887,7	2834,6	140,6	2137,7	92,3	2429,4	382,7	1844,5	-25,5
29	1106,2	2948,0	150,2	2007,7	80,6	2477,8	392,3	2997,7	21,1
30	215,7	3362,8	185,5	2674,2	140,6	4045,8	703,9	3028,2	22,4
31	712,1	2245,5	90,6	1758,8	58,2	1905,4	278,6	2176,4	-12,1
32	373,3	2754,4	133,8	2173,6	95,5	2787,6	453,9	1899,9	-23,2
33	973,4	3246,6	175,6	2314,7	108,2	3055,8	507,1	2696,3	8,9
34	376,1	1189,1	0,9	1280,4	15,2	1316,4	161,5	1783,7	-27,9
35	620,8	2646,5	124,7	2494,4	124,4	3520,4	599,5	2486,1	0,5
36	489,5	2974,2	152,5	2129,4	91,5	3296,4	555,0	2483,4	0,3
37	1009,4	3006,0	155,2	2815,2	153,2	2784,8	453,3	2032,6	-17,9
38	287,6	2488,9	111,3	2573,2	131,5	3277,0	551,1	2179,2	-12,0
39	152,1	2978,4	152,8	1626,1	46,3	2204,1	337,9	2718,4	9,8
40	569,7	3761,0	219,3	2032,6	82,8	3286,7	553,0	2488,9	0,6

Tabela 14. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		RG	HT	RG	HT	RG	HT	RG	HT
41	649,9	2024,3	71,8	1363,4	22,6	2370,0	370,9	2049,2	-17,2
42	309,7	3254,9	176,3	2975,6	167,7	2623,0	421,2	2228,9	-9,9
43	547,6	2964,5	151,6	2898,2	160,7	3506,6	596,7	2347,9	-5,1
Média		2938,0	149,4	2249,5	102,4	2702,4	436,9	2407,1	-2,8
Test. <i>per se</i>		1178,1		1111,7		503,3		2475,1	
S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		RG	HF	RG	HF	RG	HF	RG	HF
1	1183,6	2701,8	128,3	2143,2	81,1	2320,2	96,0	2690,8	127,3
2	630,5	3667,0	481,6	2964,5	370,2	2931,4	364,9	2538,7	302,6
3	1012,2	2865,0	183,1	2682,5	165,0	3520,4	247,8	3124,9	208,7
4	365,0	2129,4	483,3	1617,8	343,2	1645,4	350,8	2289,8	527,3
5	1407,6	2925,8	107,9	2372,7	68,6	2281,5	62,1	2331,3	65,6
6	416,2	3113,9	648,2	2016,0	384,4	2440,5	486,4	2144,6	415,3
7	641,6	3821,8	495,7	2364,4	268,5	3047,5	375,0	1288,7	100,9
8	1211,3	4516,0	272,8	3548,1	192,9	3348,9	176,5	2724,0	124,9
9	319,4	3512,1	999,6	2569,1	704,3	4278,1	1239,4	2735,0	756,3
10	500,5	4156,4	730,4	2851,2	469,6	2549,7	409,4	2588,4	417,1
11	719,0	3423,6	376,2	2917,5	305,8	3885,4	440,4	2107,3	193,1
12	602,9	2699,1	347,7	2068,5	243,1	1999,4	231,7	2311,9	283,5
13	268,3	2842,9	959,8	1067,5	297,9	1700,7	534,0	1764,4	557,7
14	1200,2	3227,3	168,9	3163,7	163,6	3783,1	215,2	3788,6	215,7
15	760,5	2768,2	264,0	2339,6	207,6	3188,5	319,3	2134,9	180,7
16	149,3	2710,1	1714,8	1988,4	1231,5	2443,3	1536,1	2649,3	1674,1
17	763,3	4103,9	437,7	3636,5	376,5	4026,5	427,5	2707,4	254,7
18	683,1	3420,8	400,8	2527,6	270,0	3310,2	384,6	2892,6	323,5
19	857,3	2168,1	152,9	1722,9	101,0	1034,3	20,7	2464,0	187,4
20	481,2	2693,5	459,8	2486,1	416,7	1966,2	308,6	3185,8	562,1
21	251,7	2032,6	707,7	868,4	245,1	1385,5	450,6	1811,4	619,8
22	1402,1	3238,3	131,0	2466,8	75,9	3567,4	154,4	2724,0	94,3
23	484,0	2259,4	366,9	2159,8	346,3	1565,2	223,4	2094,8	332,9
24	136,9	2574,6	1780,8	1731,2	1164,7	1942,7	1319,2	2212,4	1516,2
25	232,3	1902,6	719,1	1899,9	717,9	1368,9	489,3	1780,9	666,7
26	2358,9	3102,8	31,5	1357,8	-42,4	2215,1	-6,1	2751,6	16,7
27	185,3	3075,2	1559,7	1941,3	947,8	3568,8	1826,1	2226,2	1101,5
28	887,7	2834,6	219,3	2137,7	140,8	2429,4	173,7	1844,5	107,8
29	1106,2	2948,0	166,5	2007,7	81,5	2477,8	124,0	2997,7	171,0
30	215,7	3362,8	1459,0	2674,2	1139,7	4045,8	1775,6	3028,2	1303,9
31	712,1	2245,5	215,3	1758,8	147,0	1905,4	167,6	2176,4	205,6
32	373,3	2754,4	637,8	2173,6	482,2	2787,6	646,7	1899,9	408,9
33	973,4	3246,6	233,5	2314,7	137,8	3055,8	213,9	2696,3	177,0
34	376,1	1189,1	216,2	1280,4	240,4	1316,4	250,0	1783,7	374,3
35	620,8	2646,5	326,3	2494,4	301,8	3520,4	467,0	2486,1	300,5
36	489,5	2974,2	507,6	2129,4	335,0	3296,4	573,5	2483,4	407,3
37	1009,4	3006,0	197,8	2815,2	178,9	2784,8	175,9	2032,6	101,4
38	287,6	2488,9	765,4	2573,2	794,7	3277,0	1039,4	2179,2	657,7
39	152,1	2978,4	1858,2	1626,1	969,1	2204,1	1349,1	2718,4	1687,3

Tabela 14. Cont.

S3	Média	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
	<i>per se</i>	RG	HF	RG	HF	RG	HF	RG	HF
40	569,7	3761,0	560,2	2032,6	256,8	3286,7	476,9	2488,9	336,9
41	649,9	2024,3	211,5	1363,4	109,8	2370,0	264,7	2049,2	215,3
42	309,7	3254,9	950,9	2975,6	860,7	2623,0	746,9	2228,9	619,6
43	547,6	2964,5	441,4	2898,2	429,3	3506,6	540,4	2347,9	328,8
Média		2938,0	559,9	2249,5	388,9	2702,4	503,9	2407,1	447,2
Test. <i>per se</i>		1178,1		1111,7		503,3		2475,1	
S3	Média	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
	<i>per se</i>	RG	HV	RG	HV	RG	HV	RG	HV
1	1183,6	2701,8	16,2	2143,2	-7,9	2320,2	-0,2	2690,8	15,7
2	630,5	3667,0	57,7	2964,5	27,5	2931,4	26,0	2538,7	9,2
3	1012,2	2865,0	23,2	2682,5	15,3	3520,4	51,4	3124,9	34,4
4	365,0	2129,4	-8,4	1617,8	-30,4	1645,4	-29,3	2289,8	-1,6
5	1407,6	2925,8	25,8	2372,7	2,0	2281,5	-1,9	2331,3	0,2
6	416,2	3113,9	33,9	2016,0	-13,3	2440,5	4,9	2144,6	-7,8
7	641,6	3821,8	64,3	2364,4	1,7	3047,5	31,0	1288,7	-44,6
8	1211,3	4516,0	94,2	3548,1	52,6	3348,9	44,0	2724,0	17,1
9	319,4	3512,1	51,0	2569,1	10,5	4278,1	84,0	2735,0	17,6
10	500,5	4156,4	78,7	2851,2	22,6	2549,7	9,6	2588,4	11,3
11	719,0	3423,6	47,2	2917,5	25,5	3885,4	67,1	2107,3	-9,4
12	602,9	2699,1	16,1	2068,5	-11,1	1999,4	-14,0	2311,9	-0,6
13	268,3	2842,9	22,2	1067,5	-54,1	1700,7	-26,9	1764,4	-24,1
14	1200,2	3227,3	38,8	3163,7	36,0	3783,1	62,7	3788,6	62,9
15	760,5	2768,2	19,0	2339,6	0,6	3188,5	37,1	2134,9	-8,2
16	149,3	2710,1	16,5	1988,4	-14,5	2443,3	5,1	2649,3	13,9
17	763,3	4103,9	76,5	3636,5	56,4	4026,5	73,1	2707,4	16,4
18	683,1	3420,8	47,1	2527,6	8,7	3310,2	42,3	2892,6	24,4
19	857,3	2168,1	-6,8	1722,9	-25,9	1034,3	-55,5	2464,0	6,0
20	481,2	2693,5	15,8	2486,1	6,9	1966,2	-15,5	3185,8	37,0
21	251,7	2032,6	-12,6	868,4	-62,7	1385,5	-40,4	1811,4	-22,1
22	1402,1	3238,3	39,2	2466,8	6,1	3567,4	53,4	2724,0	17,1
23	484,0	2259,4	-2,9	2159,8	-7,1	1565,2	-32,7	2094,8	-9,9
24	136,9	2574,6	10,7	1731,2	-25,6	1942,7	-16,5	2212,4	-4,9
25	232,3	1902,6	-18,2	1899,9	-18,3	1368,9	-41,1	1780,9	-23,4
26	2358,9	3102,8	33,4	1357,8	-41,6	2215,1	-4,8	2751,6	18,3
27	185,3	3075,2	32,2	1941,3	-16,5	3568,8	53,5	2226,2	-4,3
28	887,7	2834,6	21,9	2137,7	-8,1	2429,4	4,5	1844,5	-20,7
29	1106,2	2948,0	26,8	2007,7	-13,7	2477,8	6,5	2997,7	28,9
30	215,7	3362,8	44,6	2674,2	15,0	4045,8	74,0	3028,2	30,2
31	712,1	2245,5	-3,5	1758,8	-24,4	1905,4	-18,1	2176,4	-6,4
32	373,3	2754,4	18,4	2173,6	-6,5	2787,6	19,9	1899,9	-18,3
33	973,4	3246,6	39,6	2314,7	-0,5	3055,8	31,4	2696,3	15,9
34	376,1	1189,1	-48,9	1280,4	-45,0	1316,4	-43,4	1783,7	-23,3
35	620,8	2646,5	13,8	2494,4	7,3	3520,4	51,4	2486,1	6,9
36	489,5	2974,2	27,9	2129,4	-8,4	3296,4	41,7	2483,4	6,8
37	1009,4	3006,0	29,3	2815,2	21,1	2784,8	19,7	2032,6	-12,6
38	287,6	2488,9	7,0	2573,2	10,6	3277,0	40,9	2179,2	-6,3

Tabela 14. Cont.

S ₃	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		RG	HV	RG	HV	RG	HV	RG	HV
39	152,1	2978,4	28,1	1626,1	-30,1	2204,1	-5,2	2718,4	16,9
40	569,7	3761,0	61,7	2032,6	-12,6	3286,7	41,3	2488,9	7,0
41	649,9	2024,3	-13,0	1363,4	-41,4	2370,0	1,9	2049,2	-11,9
42	309,7	3254,9	40,0	2975,6	27,9	2623,0	12,8	2228,9	-4,2
43	547,6	2964,5	27,5	2898,2	24,6	3506,6	50,8	2347,9	1,0
Média		2938,0	26,3	2249,5	-3,3	2702,4	16,2	2407,1	3,5
Test. <i>per se</i>		1178,1		1111,7		503,3		2475,1	
L70XP8		2325,7							

RG: rendimento de grãos; HT: heterose de relativa com base na média dos testadores; HF: heterose funcional com base nas médias das progênies S₃ e; HV: heterose varietal com base na média da testemunha, o híbrido simples L70XP8.

Considerando os valores de HF, para o caractere RG, em conformidade com o resultado de HT, os Testadores BRS Angela e P2 obtiveram os híbridos de maiores valores heteróticos. Contatam-se as progênies S₃ 24, 30 e 39 com as maiores estimativas de HF para a característica. A progênie 30 também apresentou valores promissores nos *testcrosses* com todos os testadores para HT. Em relação ao Testador IAC125, os valores dos híbridos obtidos foram inferiores aos obtidos pela UENF 14. Este fato demonstra uma baixa divergência genética entre este testador e as progênies S_e para a característica.

Tomando como base os percentuais da HV, a variedade BRS Angela se destacou. Este testador apresentou 33 híbridos que superaram a cultivar padrão L70XP8, além da maior média geral para HV (26,32%). Em contrapartida, o percentual médio de HV do testador IAC125 ficaram mais uma vez abaixo da variedade UENF14 (-3,28% e 3,50% respectivamente). Somados a este fato, apenas 20 combinações com IAC125 superaram a cultivar padrão. Tais resultados estão de acordo com as estimativas de CGC (-327,68) (Tabela 8) para o híbrido IAC125, menor valor entre todos os testadores. Este fato ressalta a baixa complementaridade deste testador com as progênies S₃ para RG.

Nos estudos de heterose mais uma vez se destaca a primazia dos efeitos genéticos de aditividade no controle da capacidade de expansão no milho-pipoca (Tabela 15). Analisando HT, é notória a superioridade do Testador P2, em que 79 % de suas combinações (34 *testcrosses*), apresentaram heterose maior que qualquer outro híbrido dos demais testadores. Contrapondo estes resultados, na HF e HV este mesmo testador em geral apresentou os menores valores de

heterose. Ainda, as estimativas CGC foram de -4,55 evidenciando o baixo valor genético da linhagem P2 para CE. A explicação para esses resultados é a aditividade do caractere CE, pois os valores híbridos serão aproximados a média dos pais. Neste sentido, quanto mais distante é a média entre o testador e as progênes S_3 , maior será a amplitude entre a média do testador e do seu respectivo híbrido. Tal fato leva uma superestimação da heterose com base na média do Testador P2.

Os valores de HT do Testador P2 são de modo geral, compatíveis com as capacidades combinatórias de cada progênie S_3 *per se*. Se comparado os percentuais de HT de cada *testcross* da linhagem P2, com o valor da CGC do seu respectivo progenitor S_3 , é notória a tendência deste híbrido ter maior ou menor heterose em decorrência dos valores positivos ou negativos de CGC da progênie S_3 . Neste aspecto, o Testador P2 expôs com eficácia o potencial genético das progênes S_3 para a característica CE.

Ainda considerando a HT para o caractere CE, além do destaque do Testador P2, os demais testadores também apresentaram entre seus híbridos de maiores percentuais heterótico, progênes que obtiveram CGC elevadas (Tabela 8). Em destaque, as progênes 1, 2, 5 e 41 entre as cinco de maior CGC que também apresentaram elevados percentuais de Heterose para todos os testadores.

Com relação aos valores HF, merece destaque a identificação dos testadores com maior capacidade combinatória para a característica CE, na ordem, UENF 14, IAC125 e BRS Angela. Porém, as análises dos valores de heterose para as progênes merecem certa cautela, pois genótipos de baixo desempenho *per se* apresentaram valores elevados de HF. A título de exemplo, tem-se a progênie S_3 30 de pior CGC (-5,06), que apresentou os melhores valores de HF para todos os testadores utilizados. Tal resultado é similar ao apresentado pelo Testador P2 na HT; porém, nesta situação a exposição de uma progênie de baixo valor genético poderá acarretar em uma identificação inadequada dos genótipos para seleção.

Tabela 15. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos *testcross*, para o caractere capacidade de expansão.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		CE	HT	CE	HT	CE	HT	CE	HT
1	32,56	34,78	6,83	36,61	19,82	34,08	80,97	34,72	3,20
2	34,44	31,44	-3,41	36,17	18,36	36,00	91,15	37,06	10,14
3	25,61	33,33	2,39	31,17	2,00	24,89	32,15	26,44	-21,40
4	26,39	33,33	2,39	30,33	-0,73	27,33	45,13	32,44	-3,57
5	32,50	34,06	4,61	34,67	13,45	31,94	69,62	37,39	11,13
6	31,89	36,33	11,60	35,11	14,91	30,11	59,88	32,78	-2,58
7	30,06	27,89	-14,33	32,78	7,27	26,00	38,05	34,67	3,04
8	24,06	29,22	-10,24	30,33	-0,73	24,56	30,38	27,39	-18,59
9	32,17	33,06	1,54	29,78	-2,55	23,11	22,71	33,17	-1,42
10	20,83	33,00	1,37	30,72	0,55	21,61	14,75	29,78	-11,49
11	34,17	36,39	11,77	32,39	6,00	26,67	41,59	34,78	3,37
12	24,50	33,28	2,22	34,39	12,55	28,56	51,62	33,83	0,56
13	31,22	29,94	-8,02	25,83	-15,45	22,83	21,24	34,00	1,06
14	26,56	27,33	-16,04	34,33	12,36	23,89	26,84	31,94	-5,05
15	27,56	31,28	-3,92	35,50	16,18	24,00	27,43	31,22	-7,20
16	34,00	33,89	4,10	37,17	21,64	18,44	-2,06	36,78	9,31
17	30,33	27,17	-16,55	29,67	-2,91	21,39	13,57	31,83	-5,38
18	27,83	32,50	-0,17	32,83	7,45	32,39	71,98	31,83	-5,38
19	23,28	28,50	-12,46	28,17	-7,82	16,44	-12,68	30,11	-10,50
20	33,72	31,56	-3,07	34,50	12,91	26,83	42,48	32,44	-3,57
21	30,67	30,61	-5,97	27,89	-8,73	25,28	34,22	36,00	7,00
22	24,61	31,14	-4,33	31,67	3,64	24,11	28,02	32,89	-2,25
23	21,44	27,17	-16,55	31,06	1,64	17,72	-5,90	33,22	-1,25
24	26,00	37,78	16,04	36,17	18,36	29,78	58,11	31,06	-7,69
25	26,61	30,83	-5,29	30,94	1,27	25,33	34,51	27,22	-19,09
26	25,00	26,44	-18,77	24,33	-20,36	25,06	33,04	29,50	-12,32
27	25,22	33,28	2,22	33,28	8,91	27,33	45,13	33,72	0,23
28	32,50	31,11	-4,44	33,94	11,09	30,06	59,59	35,50	5,52
29	27,78	33,28	2,22	29,28	-4,18	32,17	70,80	30,33	-9,84
30	16,72	28,11	-13,65	28,94	-5,27	19,72	4,72	29,11	-13,47
31	33,92	30,06	-7,68	35,06	14,73	25,61	35,99	33,78	0,40
32	20,89	30,33	-6,83	27,78	-9,09	22,39	18,88	24,72	-26,52
33	29,78	31,17	-4,27	32,33	5,82	27,50	46,02	34,56	2,71
34	29,89	32,06	-1,54	32,44	6,18	23,56	25,07	30,50	-9,35
35	31,33	31,06	-4,61	29,50	-3,45	21,94	16,52	32,67	-2,91
36	33,78	25,28	-22,35	34,67	13,45	27,89	48,08	31,78	-5,55
37	29,83	30,44	-6,48	36,78	20,36	26,06	38,35	29,39	-12,65
38	30,83	34,28	5,29	32,72	7,09	30,94	64,31	36,44	8,32
39	29,97	27,67	-15,02	28,17	-7,82	23,37	24,07	34,06	1,22
40	27,67	32,28	-0,85	31,83	4,18	27,28	44,84	33,83	0,56
41	35,06	36,83	13,14	36,00	17,82	27,11	43,95	36,89	9,64
42	33,72	34,67	6,48	34,22	12,00	31,78	68,73	35,78	6,34
43	32,42	30,72	-5,63	29,33	-4,00	26,61	41,30	31,11	-7,53
Média		31,51	-3,22	32,11	5,09	26,04	38,26	32,53	-3,32
Test. <i>per se</i>		32,56		30,56		18,83		33,64	

Tabela 15. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		CE	HF	CE	HF	CE	HF	CE	HF
1	32,56	34,78	6,83	36,61	12,46	34,08	4,69	34,72	6,66
2	34,44	31,44	-8,71	36,17	5,00	36,00	4,52	37,06	7,58
3	25,61	33,33	30,15	31,17	21,69	24,89	-2,82	26,44	3,25
4	26,39	33,33	26,32	30,33	14,95	27,33	3,58	32,44	22,95
5	32,50	34,06	4,79	34,67	6,67	31,94	-1,71	37,39	15,04
6	31,89	36,33	13,94	35,11	10,10	30,11	-5,57	32,78	2,79
7	30,06	27,89	-7,21	32,78	9,06	26,00	-13,49	34,67	15,34
8	24,06	29,22	21,48	30,33	26,10	24,56	2,08	27,39	13,86
9	32,17	33,06	2,76	29,78	-7,43	23,11	-28,15	33,17	3,11
10	20,83	33,00	58,40	30,72	47,47	21,61	3,73	29,78	42,93
11	34,17	36,39	6,50	32,39	-5,20	26,67	-21,95	34,78	1,79
12	24,50	33,28	35,83	34,39	40,36	28,56	16,55	33,83	38,10
13	31,22	29,94	-4,09	25,83	-17,26	22,83	-26,87	34,00	8,90
14	26,56	27,33	2,93	34,33	29,29	23,89	-10,04	31,94	20,29
15	27,56	31,28	13,51	35,50	28,83	24,00	-12,90	31,22	13,31
16	34,00	33,89	-0,33	37,17	9,31	18,44	-45,75	36,78	8,17
17	30,33	27,17	-10,44	29,67	-2,20	21,39	-29,49	31,83	4,95
18	27,83	32,50	16,77	32,83	17,96	32,39	16,37	31,83	14,37
19	23,28	28,50	22,43	28,17	21,00	16,44	-29,36	30,11	29,36
20	33,72	31,56	-6,43	34,50	2,31	26,83	-20,43	32,44	-3,79
21	30,67	30,61	-0,18	27,89	-9,06	25,28	-17,57	36,00	17,39
22	24,61	31,14	26,55	31,67	28,67	24,11	-2,03	32,89	33,63
23	21,44	27,17	26,68	31,06	44,82	17,72	-17,36	33,22	54,92
24	26,00	37,78	45,30	36,17	39,10	29,78	14,53	31,06	19,44
25	26,61	30,83	15,87	30,94	16,28	25,33	-4,80	27,22	2,30
26	25,00	26,44	5,78	24,33	-2,67	25,06	0,22	29,50	18,00
27	25,22	33,28	31,94	33,28	31,94	27,33	8,37	33,72	33,70
28	32,50	31,11	-4,27	33,94	4,44	30,06	-7,52	35,50	9,23
29	27,78	33,28	19,80	29,28	5,40	32,17	15,80	30,33	9,20
30	16,72	28,11	68,11	28,94	73,09	19,72	17,94	29,11	74,09
31	33,92	30,06	-11,38	35,06	3,36	25,61	-24,49	33,78	-0,41
32	20,89	30,33	45,21	27,78	32,98	22,39	7,18	24,72	18,35
33	29,78	31,17	4,66	32,33	8,58	27,50	-7,65	34,56	16,04
34	29,89	32,06	7,25	32,44	8,55	23,56	-21,19	30,50	2,04
35	31,33	31,06	-0,89	29,50	-5,85	21,94	-29,96	32,67	4,26
36	33,78	25,28	-25,16	34,67	2,63	27,89	-17,43	31,78	-5,92
37	29,83	30,44	2,05	36,78	23,28	26,06	-12,66	29,39	-1,49
38	30,83	34,28	11,17	32,72	6,13	30,94	0,36	36,44	18,20
39	29,97	27,67	-7,69	28,17	-6,02	23,37	-22,04	34,06	13,62
40	27,67	32,28	16,67	31,83	15,06	27,28	-1,41	33,83	22,29
41	35,06	36,83	5,07	36,00	2,69	27,11	-22,66	36,89	5,23
42	33,72	34,67	2,80	34,22	1,48	31,78	-5,77	35,78	6,10

Tabela 15. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		CE	HF	CE	HF	CE	HF	CE	HF
43	32,42	30,72	-5,23	29,33	-9,51	26,61	-17,91	31,11	-4,03
Média		31,51	11,76	32,11	13,62	26,04	-8,49	32,53	14,77
Test. per se		32,56		30,56		18,83		33,64	
S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		CE	HV	CE	HV	CE	HV	CE	HV
1	32,56	34,78	2,29	36,61	7,68	34,08	0,25	34,72	2,12
2	34,44	31,44	-7,52	36,17	6,37	36,00	5,88	37,06	8,99
3	25,61	33,33	-1,96	31,17	-8,33	24,89	-26,80	26,44	-22,22
4	26,39	33,33	-1,96	30,33	-10,78	27,33	-19,61	32,44	-4,58
5	32,50	34,06	0,16	34,67	1,96	31,94	-6,05	37,39	9,97
6	31,89	36,33	6,86	35,11	3,27	30,11	-11,44	32,78	-3,59
7	30,06	27,89	-17,97	32,78	-3,59	26,00	-23,53	34,67	1,96
8	24,06	29,22	-14,05	30,33	-10,78	24,56	-27,78	27,39	-19,44
9	32,17	33,06	-2,78	29,78	-12,42	23,11	-32,03	33,17	-2,45
10	20,83	33,00	-2,94	30,72	-9,64	21,61	-36,44	29,78	-12,42
11	34,17	36,39	7,03	32,39	-4,74	26,67	-21,57	34,78	2,29
12	24,50	33,28	-2,12	34,39	1,14	28,56	-16,01	33,83	-0,49
13	31,22	29,94	-11,93	25,83	-24,02	22,83	-32,84	34,00	0,00
14	26,56	27,33	-19,61	34,33	0,98	23,89	-29,74	31,94	-6,05
15	27,56	31,28	-8,01	35,50	4,41	24,00	-29,41	31,22	-8,17
16	34,00	33,89	-0,33	37,17	9,31	18,44	-45,75	36,78	8,17
17	30,33	27,17	-20,10	29,67	-12,75	21,39	-37,09	31,83	-6,37
18	27,83	32,50	-4,41	32,83	-3,43	32,39	-4,74	31,83	-6,37
19	23,28	28,50	-16,18	28,17	-17,16	16,44	-51,63	30,11	-11,44
20	33,72	31,56	-7,19	34,50	1,47	26,83	-21,08	32,44	-4,58
21	30,67	30,61	-9,97	27,89	-17,97	25,28	-25,65	36,00	5,88
22	24,61	31,14	-8,40	31,67	-6,86	24,11	-29,08	32,89	-3,27
23	21,44	27,17	-20,10	31,06	-8,66	17,72	-47,88	33,22	-2,29
24	26,00	37,78	11,11	36,17	6,37	29,78	-12,42	31,06	-8,66
25	26,61	30,83	-9,31	30,94	-8,99	25,33	-25,49	27,22	-19,93
26	25,00	26,44	-22,22	24,33	-28,43	25,06	-26,31	29,50	-13,24
27	25,22	33,28	-2,12	33,28	-2,12	27,33	-19,61	33,72	-0,82
28	32,50	31,11	-8,50	33,94	-0,16	30,06	-11,60	35,50	4,41
29	27,78	33,28	-2,12	29,28	-13,89	32,17	-5,39	30,33	-10,78
30	16,72	28,11	-17,32	28,94	-14,87	19,72	-41,99	29,11	-14,38
31	33,92	30,06	-11,60	35,06	3,10	25,61	-24,67	33,78	-0,65
32	20,89	30,33	-10,78	27,78	-18,30	22,39	-34,15	24,72	-27,29
33	29,78	31,17	-8,33	32,33	-4,90	27,50	-19,12	34,56	1,63
34	29,89	32,06	-5,72	32,44	-4,58	23,56	-30,72	30,50	-10,29
35	31,33	31,06	-8,66	29,50	-13,24	21,94	-35,46	32,67	-3,92
36	33,78	25,28	-25,65	34,67	1,96	27,89	-17,97	31,78	-6,54
37	29,83	30,44	-10,46	36,78	8,17	26,06	-23,37	29,39	-13,56
38	30,83	34,28	0,82	32,72	-3,76	30,94	-8,99	36,44	7,19
39	29,97	27,67	-18,63	28,17	-17,16	23,37	-31,27	34,06	0,16
40	27,67	32,28	-5,07	31,83	-6,37	27,28	-19,77	33,83	-0,49
41	35,06	36,83	8,33	36,00	5,88	27,11	-20,26	36,89	8,50

Tabela 15. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		CE	HV	CE	HV	CE	HV	CE	HV
42	33,72	34,67	1,96	34,22	0,65	31,78	-6,54	35,78	5,23
43	32,42	30,72	-9,64	29,33	-13,73	26,61	-21,73	31,11	-8,50
Média		31,51	-7,33	32,11	-5,56	26,04	-23,42	32,53	-4,33
Test. <i>per se</i>		32,56		30,56		18,83		33,64	
L70XP8		34,00							

CE: capacidade de expansão; HT: heterose de relativa com base na média dos testadores; HF: heterose funcional com base nas médias das progênie S₃ e; HV: heterose varietal com base na média da testemunha, o híbrido simples L70XP8.

Similar aos resultados da HF para CE, a heterose varietal destacou as melhores combinações *testcrosses*, sendo que neste caso apenas os híbridos com as médias mais elevadas se destacaram. Para esse tipo de heterose, os Testadores IAC125 e UENF 14 foram os que apresentaram os maiores números de híbridos que superaram a testemunha L70XP8, com 15 e 14, respectivamente. Já o testador BRS Angela obteve 8 híbridos com heterose superior, além da maior porcentagem de HV quando em combinação com a progênie 24 (11,11%). Em detrimento do baixo valor de CGC do Testador P2 para CE, os híbridos desse testador apresentaram em geral valores negativos, sendo que apenas nas combinações com as progênie 1 e 2 os percentuais foram positivos.

A conjuntura do caractere VP permitiu uma análise bem mais aprimorada dos *testcrosses* de milho-pipoca, permitindo correlacionar as duas principais características (RG e CE). Evidenciou mais uma vez a maior influência de RG, como observado nas estimativas de CGC e CEC. Os resultados observados para a HT e HV foram similaridades em relação à VP (Tabela 16). Em ambas as heteroses para todos os testadores, os valores mais elevados e mais baixos estiveram em consonância com as estimativas de CGC para a característica. Quando comparado aos menores valores para HT e HV de cada testador, a mesma ordem das progênie S₃ entre as cinco de pior desempenho foi observada. Já comparado os resultados de HT e HV com os valores de CGC (Tabela 8), os testadores IAC 125 e UENF 14 classificaram 3 e os testadores BRS Angela e P2 todas entre as 5 progênie de menor valor genético.

Tabela 16. Valores da heterose relativa ao testador, funcional e varietal dos 172 híbridos *testcross*, para o caractere volume de pipoca expandido por hectare.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		VP	HT	VP	HT	VP	HT	VP	HT
1	38,4	94,0	149,81	78,5	128,12	78,6	697,68	90,4	6,19
2	21,6	113,7	202,10	107,1	211,01	105,5	971,34	93,6	9,95
3	26,5	96,0	155,18	83,6	142,81	86,5	777,70	81,2	-4,63
4	9,7	70,5	87,46	49,5	43,82	45,5	361,39	76,7	-9,91
5	44,2	99,7	164,85	80,5	133,86	71,3	624,29	87,5	2,85
6	12,8	114,1	203,13	73,8	114,46	73,6	646,85	70,6	-17,04
7	19,5	106,7	183,53	78,1	126,76	79,0	701,71	45,8	-46,16
8	29,6	132,7	252,63	107,6	212,60	83,6	748,39	73,8	-13,33
9	10,3	116,4	209,46	77,1	123,85	98,9	903,64	91,5	7,53
10	10,2	136,2	262,05	89,2	159,04	54,3	451,21	76,5	-10,13
11	25,7	126,3	235,77	98,2	185,26	103,8	954,09	74,4	-12,63
12	14,9	89,4	137,58	72,0	109,08	56,5	473,87	78,0	-8,33
13	7,9	84,1	123,58	28,1	-18,41	39,3	298,69	59,5	-30,06
14	31,8	87,3	131,97	108,8	216,19	90,3	816,57	121,9	43,27
15	21,4	89,1	136,84	82,6	139,82	76,8	679,50	67,4	-20,84
16	5,1	92,3	145,17	75,2	118,48	45,1	358,14	97,6	14,66
17	22,7	112,8	199,90	107,5	212,40	86,3	776,13	85,3	0,29
18	18,7	111,8	197,01	82,6	139,85	105,9	974,88	92,5	8,73
19	19,6	61,3	62,87	47,7	38,45	18,0	83,11	74,7	-12,18
20	16,5	84,9	125,61	86,0	149,79	52,7	435,41	102,8	20,82
21	7,8	62,3	65,67	24,2	-29,77	34,0	244,76	65,4	-23,19
22	32,8	102,1	171,23	77,6	125,44	86,7	779,87	90,5	6,34
23	10,5	61,2	62,74	68,6	99,23	28,3	187,33	70,0	-17,70
24	3,6	97,9	160,30	62,7	82,16	58,4	492,71	67,6	-20,56
25	6,3	58,9	56,58	58,4	69,58	33,2	236,74	48,8	-42,62
26	57,8	85,0	125,96	33,4	-2,88	59,2	500,61	81,5	-4,22
27	4,7	102,8	173,10	65,1	89,00	99,4	909,64	75,6	-11,12
28	28,8	93,8	149,20	73,8	114,48	72,4	634,99	67,7	-20,49
29	30,8	98,5	161,80	58,8	70,94	74,9	660,15	89,4	5,05
30	4,4	94,0	149,69	77,4	124,92	79,9	711,00	88,4	3,93
31	24,1	67,5	79,50	61,7	79,27	48,7	394,31	73,7	-13,40
32	7,7	83,9	122,95	60,8	76,52	61,9	527,99	47,6	-44,04
33	29,0	101,3	169,18	74,7	117,14	85,0	763,29	92,4	8,59
34	11,2	39,4	4,83	42,0	22,04	30,7	211,56	54,7	-35,67
35	19,5	82,0	117,89	73,5	113,55	77,6	687,33	81,6	-4,06
36	16,6	75,4	100,36	74,3	115,89	94,7	861,43	79,4	-6,73
37	30,9	90,9	141,49	102,3	197,08	74,1	651,86	62,9	-26,12
38	8,9	85,5	127,24	83,3	142,06	100,5	920,15	79,3	-6,82
39	4,5	80,8	114,70	46,1	33,78	51,8	425,84	92,7	8,90
40	16,2	121,4	222,60	65,3	89,77	89,9	812,87	83,3	-2,13
41	23,1	75,3	100,08	49,4	43,43	63,9	548,71	75,4	-11,39

Tabela 16. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		VP	HT	VP	HT	VP	HT	VP	HT
42	10,4	112,8	199,69	101,6	195,23	83,1	743,99	79,6	-6,42
43	17,6	90,9	141,48	85,0	147,07	93,2	845,87	73,0	-14,26
Média		92,6	146,16	72,9	111,70	70,5	615,99	78,2	-8,12
Test, <i>per se</i>		37,63		34,42		9,85		85,09	
S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		VP	HF	VP	HF	VP	HF	VP	HF
1	38,4	94,0	144,87	78,5	104,56	78,6	104,68	90,4	135,41
2	21,6	113,7	427,08	107,1	396,39	105,5	389,29	93,6	333,82
3	26,5	96,0	262,70	83,6	215,72	86,5	226,56	81,2	206,57
4	9,7	70,5	629,06	49,5	411,69	45,5	369,73	76,7	692,34
5	44,2	99,7	125,46	80,5	82,12	71,3	61,40	87,5	98,01
6	12,8	114,1	790,34	73,8	476,27	73,6	474,23	70,6	451,09
7	19,5	106,7	448,59	78,1	301,38	79,0	306,06	45,8	135,60
8	29,6	132,7	348,11	107,6	263,41	83,6	182,21	73,8	149,07
9	10,3	116,4	1033,30	77,1	649,96	98,9	862,15	91,5	790,59
10	10,2	136,2	1240,17	89,2	777,21	54,3	434,12	76,5	652,30
11	25,7	126,3	391,46	98,2	281,97	103,8	303,87	74,4	189,21
12	14,9	89,4	499,34	72,0	382,51	56,5	278,96	78,0	422,98
13	7,9	84,1	963,28	28,1	254,99	39,3	396,33	59,5	652,20
14	31,8	87,3	174,32	108,8	242,07	90,3	183,73	121,9	283,16
15	21,4	89,1	316,82	82,6	286,11	76,8	259,11	67,4	215,08
16	5,1	92,3	1716,88	75,2	1381,16	45,1	788,74	97,6	1821,72
17	22,7	112,8	396,65	107,5	373,28	86,3	279,80	85,3	275,59
18	18,7	111,8	496,59	82,6	340,74	105,9	465,18	92,5	393,93
19	19,6	61,3	212,89	47,7	143,33	18,0	-7,92	74,7	281,54
20	16,5	84,9	415,87	86,0	422,52	52,7	220,48	102,8	524,79
21	7,8	62,3	698,81	24,2	209,80	34,0	335,15	65,4	737,56
22	32,8	102,1	211,37	77,6	136,76	86,7	164,41	90,5	176,07
23	10,5	61,2	484,47	68,6	554,59	28,3	170,14	70,0	568,50
24	3,6	97,9	2651,90	62,7	1661,72	58,4	1540,27	67,6	1799,33
25	6,3	58,9	830,81	58,4	822,22	33,2	424,01	48,8	671,46
26	57,8	85,0	47,11	33,4	-42,15	59,2	2,36	81,5	41,03
27	4,7	102,8	2109,18	65,1	1298,63	99,4	2037,93	75,6	1525,89
28	28,8	93,8	225,41	73,8	156,22	72,4	151,24	67,7	134,80
29	30,8	98,5	220,36	58,8	91,35	74,9	143,49	89,4	190,70
30	4,4	94,0	2016,94	77,4	1644,47	79,9	1699,88	88,4	1892,65
31	24,1	67,5	180,51	61,7	156,29	48,7	102,21	73,7	206,07
32	7,7	83,9	985,30	60,8	686,12	61,9	700,25	47,6	516,08
33	29,0	101,3	249,21	74,7	157,71	85,0	193,18	92,4	218,60
34	11,2	39,4	252,60	42,0	275,53	30,7	174,33	54,7	389,37
35	19,5	82,0	319,90	73,5	276,47	77,6	297,18	81,6	318,14
36	16,6	75,4	355,29	74,3	348,79	94,7	471,89	79,4	379,29
37	30,9	90,9	194,01	102,3	230,88	74,1	139,62	62,9	103,43
38	8,9	85,5	861,60	83,3	837,05	100,5	1030,03	79,3	791,77
39	4,5	80,8	1706,16	46,1	929,55	51,8	1058,00	92,7	1971,83
40	16,2	121,4	649,24	65,3	303,20	89,9	455,00	83,3	414,05

Tabela 16. Cont.

S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		VP	HF	VP	HF	VP	HF	VP	HF
41	23,1	75,3	226,60	49,4	114,18	63,9	177,19	75,4	227,09
42	10,4	112,8	987,37	101,6	879,96	83,1	701,60	79,6	667,88
43	17,6	90,9	417,53	85,0	384,42	93,2	430,66	73,0	315,58
Média		92,6	649,20	72,9	462,82	70,5	446,02	78,2	534,00
Test. per se		37,63		34,42		9,85		85,09	
S3	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		VP	HV	VP	HV	VP	HV	VP	HV
1	38,4	94,0	15,93	78,5	-3,16	78,6	-3,10	90,4	11,45
2	21,6	113,7	40,19	107,1	32,03	105,5	30,14	93,6	15,39
3	26,5	96,0	18,42	83,6	3,08	86,5	6,62	81,2	0,09
4	9,7	70,5	-13,01	49,5	-38,94	45,5	-43,95	76,7	-5,46
5	44,2	99,7	22,91	80,5	-0,72	71,3	-12,01	87,5	7,94
6	12,8	114,1	40,67	73,8	-8,95	73,6	-9,27	70,6	-12,93
7	19,5	106,7	31,57	78,1	-3,73	79,0	-2,61	45,8	-43,49
8	29,6	132,7	63,64	107,6	32,71	83,6	3,06	73,8	-9,04
9	10,3	116,4	43,61	77,1	-4,97	98,9	21,92	91,5	12,85
10	10,2	136,2	68,01	89,2	9,97	54,3	-33,04	76,5	-5,69
11	25,7	126,3	55,82	98,2	21,10	103,8	28,05	74,4	-8,31
12	14,9	89,4	10,25	72,0	-11,24	56,5	-30,29	78,0	-3,80
13	7,9	84,1	3,76	28,1	-65,36	39,3	-51,57	59,5	-26,60
14	31,8	87,3	7,65	108,8	34,24	90,3	11,34	121,9	50,36
15	21,4	89,1	9,91	82,6	1,81	76,8	-5,31	67,4	-16,92
16	5,1	92,3	13,77	75,2	-7,25	45,1	-44,35	97,6	20,34
17	22,7	112,8	39,17	107,5	32,62	86,3	6,43	85,3	5,25
18	18,7	111,8	37,83	82,6	1,82	105,9	30,57	92,5	14,11
19	19,6	61,3	-24,42	47,7	-41,22	18,0	-77,76	74,7	-7,84
20	16,5	84,9	4,69	86,0	6,04	52,7	-34,96	102,8	26,80
21	7,8	62,3	-23,12	24,2	-70,18	34,0	-58,12	65,4	-19,39
22	32,8	102,1	25,87	77,6	-4,29	86,7	6,88	90,5	11,60
23	10,5	61,2	-24,48	68,6	-15,42	28,3	-65,10	70,0	-13,62
24	3,6	97,9	20,80	62,7	-22,67	58,4	-28,00	67,6	-16,63
25	6,3	58,9	-27,34	58,4	-28,01	33,2	-59,09	48,8	-39,78
26	57,8	85,0	4,86	33,4	-58,77	59,2	-27,04	81,5	0,52
27	4,7	102,8	26,74	65,1	-19,76	99,4	22,65	75,6	-6,73
28	28,8	93,8	15,64	73,8	-8,95	72,4	-10,71	67,7	-16,56
29	30,8	98,5	21,49	58,8	-27,43	74,9	-7,66	89,4	10,25
30	4,4	94,0	15,87	77,4	-4,51	79,9	-1,48	88,4	9,07
31	24,1	67,5	-16,70	61,7	-23,89	48,7	-39,95	73,7	-9,11
32	7,7	83,9	3,46	60,8	-25,06	61,9	-23,71	47,6	-41,27
33	29,0	101,3	24,91	74,7	-7,82	85,0	4,87	92,4	13,96
34	11,2	39,4	-51,35	42,0	-48,19	30,7	-62,15	54,7	-32,49
35	19,5	82,0	1,12	73,5	-9,34	77,6	-4,36	81,6	0,69
36	16,6	75,4	-7,02	74,3	-8,35	94,7	16,79	79,4	-2,12
37	30,9	90,9	12,07	102,3	26,12	74,1	-8,67	62,9	-22,46
38	8,9	85,5	5,45	83,3	2,76	100,5	23,92	79,3	-2,20
39	4,5	80,8	-0,37	46,1	-43,21	51,8	-36,12	92,7	14,29

Tabela 16. Cont.

S ₃	Média <i>per se</i>	BRS Angela		IAC125		P2		UENF 14	
		VP	HV	VP	HV	VP	HV	VP	HV
40	16,2	121,4	49,71	65,3	-19,44	89,9	10,89	83,3	2,71
41	23,1	75,3	-7,15	49,4	-39,11	63,9	-21,20	75,4	-7,01
42	10,4	112,8	39,08	101,6	25,34	83,1	2,53	79,6	-1,79
43	17,6	90,9	12,06	85,0	4,89	93,2	14,90	73,0	-10,02
Média		92,6	14,23	72,9	-10,13	70,5	-13,02	78,2	-3,57
Test. <i>per se</i>		37,63		34,42		9,85		85,09	
L70XP8		81,08							

VP: volume de pipoca expandida por hectare; HT: heterose de relativa com base na média dos testadores; HF: heterose funcional com base nas médias das progênes S₃ e; HV: heterose varietal com base na média da testemunha, o híbrido simples L70XP8.

Por meio dos valores de HT e HV destacam-se os Testadores BRS Angela e P2, como os mais eficientes na discriminação as progênes S₃ para VP. As progênes 14, 2, 8 e 11, por seus valores elevados para as duas heteroses, aliadas às maiores estimativas de CGC (Tabela 8), se destacaram para esta característica. Entretanto, as progênes 34, 21, 25, 13, 19 e 23 não foram promissoras, revelando baixo valor genético para a característica.

Para volume de pipoca expandido por hectare (VP), a HF de forma peculiar foi a única característica em que a ordem dos testadores se mantiveram inalteradas, quando comparada com HT. Porém, quando avaliado o desempenho das progênes S₃, resultados similares às demais características foram observados, em que grande parte dos *testcrosses* de maiores e menores índices advieram de progênes com CGC (Tabela 6) negativas e positivas, respectivamente. Tais resultados são caracterizados pelas médias destas progênes *per se*, em que quanto mais baixa em relação aos seus híbridos maior será a heterose. Em contrapartida, aquelas S₃ *per se* com médias mais elevadas tendem a ficarem mais próximas das médias dos híbridos e assim diminuir as estimativas de heterose.

Em última análise, é importante avaliar os valores de heterose para a exploração dos *testcrosses*, sobretudo em relação à variedade padrão, para assim ter-se um parâmetro real de desempenho dos híbridos *testcrosses* na região do Norte do estado do Rio de Janeiro. Analisando o híbrido BRS Angela X Progênie S₃-10 - de melhor desempenho CEC para os principais caracteres no milho-pipoca -, constatou-se também sê-lo promissor para a HV. Este híbrido apresentou o maior percentual para VP, com magnitude de 68,01%, além do

terceiro maior valor para RG (78,72%), porém para a CE, os valores foram negativos (-2,94). Entretanto, quando analisado os valores *per se* do híbrido BRS Angela X Progênie S₃ 10 deteve média de 33,00 mL/g e a cultivar padrão, 34,00 mL/g, cujos valores são considerados próximos entre e acima do recomendado para a característica (30,00 mL/g). Tais resultados de HV podem ser considerados como complementares aos resultados apresentados de CEC.

Outro *testcross* promissor com base nos valores HV foi o híbrido BRS Angela X Progênie S₃ 11, com percentuais elevados para os caracteres RG (47,21%), CE (7,03%) e VP (55,82%). Embora, os híbridos BRS Angela X Progênie S₃ 8 e P2 X Progênie S₃ 9 se destacaram com os maiores percentuais de HV para RG, respectivamente, 94,17% e 83,95% e com uma produtividade média de 4.516,00 kg/ha e 4.278,00 kg/ha, nesta ordem. Porém, quando analisados os valores desse tipo de heterose para o caractere CE, os índices foram negativamente elevados, com média abaixo do recomendado para a cultura o que as desconsideraram como opções de cultivo para a região Norte do estado do Rio de Janeiro.

Diante do exposto, deduz-se que mais uma vez o Testador BRS Angela se destacou, pela maior capacidade combinatória com as progênies S₃ em consonância com os valores observados de CEC (Tabela 8). Neste sentido, as combinações BRS Angela X Progênie S₃ 10 e BRS Angela X Progênie S₃ 8 são promissoras para a região Norte do estado do Rio de Janeiro. Ainda considera-se conveniente a obtenção de híbridos simples a partir do cruzamento entre gerações endogâmicas mais avançadas das progênies S₃ com linhagens obtidas da variedade BRS Angela. Por fim, os três tipos heterose calculados permitiram uma complementação para as estimativas de CGC e CEC, e assim selecionar as melhores progênies S₃ e híbridos *testcrosses*. E ainda pode servir como um parâmetro adicional na identificação do testador mais adequado.

6. CONCLUSÕES

O *testcross* foi eficiente na discriminação *per se* das progênies S_3 e dos testadores de milho-pipoca, bem como dos efeitos da CEC nos híbridos.

Para as progênies S_3 com valores positivos de CGC para RG e CE, recomenda-se a continuação no programa de melhoramento, avançando as gerações de autofecundação.

Com base nos resultados de CEC e Heterose varietal destaca-se o híbrido BRS Angela vs progênie S_3 10 que sobressaiu-se para as condições do Norte do estado do Rio de Janeiro, tanto para rendimento de grãos, quanto para capacidade de expansão.

Com base no Índice de Diferenciação (D%) de Fasoulas (1983), e nos critérios de classificação utilizando as capacidades combinatórias das progênies e dos híbridos *testcrosses*, o testador BRS Angela foi o mais adequado para discriminar as melhores progênies S_3 .

Os valores de depressão endogâmica das progênies S_3 foram elevadas para RG e VP, e por outro lado para AP e CE foram bem inferiores, decorrente predomínio dos efeitos gênicos aditivos destes caracteres.

Os valores heterose foram complementares às estimativas de CGC e CEC ainda pode servir como um parâmetro adicional na identificação do testador mais adequado.

Recomenda-se a utilização da característica VP na identificação de genótipos superiores de milho pipoca.

Diante dos resultados, recomenda-se a obtenção de híbridos a partir do cruzamento de linhagens do testador BRS Angela com linhagens das progênies S_3 derivadas da variedade UENF 14, para a região Norte do Rio de Janeiro, pelos elevados valores de capacidade combinatória entre estes dois grupos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriannual (2015) Anuário da Agricultura Brasileira. FNP consultoria & comércio, M&S Mendes & Scotini. Editora FNP, 521p.
- Amaral Júnior, A. T., Dos Santos, A., Gerhardt, I. F., Kurosawa, R. N., Moreira, N. F., Pereira, M. G., Gravina G. A. & Silva L, S. F. (2016b). Proposal of a super trait for the optimum selection of popcorn progenies based on path analysis. *Genetics and molecular research: GMR*, 15(4).
- Amaral Júnior, A. T., Ribeiro, R. M., Santos, P. H., Poltronieri, T. P., Vivas, J. M., Gerhardt, I. F., Carvalho, B.M., Freitas, C.S., & Miranda, S. B. (2016a). Genetic variability affecting *Exserohilum turcicum* resistance in popcorn lines grown under high and low phosphorus conditions. *Genetics and molecular research: GMR*, 15(4).
- Amaral Júnior, A.T., Goncalves, L.S.A., Freitas Júnior, S.P., Candido, L.S., Vitorazzi, C., Pena, G.F., Ribeiro, R.M., Silva, T.R.C., Pereira, M.G., Scapim, C.A., Viana, A.P., Carvalho, G.F. (2013) UENF 14: a new popcorn cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 13:218.
- Amorim, E. P., Souza, J. C. (2005). Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S₀ de híbridos simples comerciais. *Bragantia*, 64(3):561-567.

- Andrade, R. A., Cruz, C. D., Scapim, C. A., Silverio, L., Pinto, R. J. B., & Tonet, A. (2002). Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum.Agronomy*, 24(5):1197-1204.
- Beadle, G. W. (1978) Teosinte and the origin of maize. *In*: Walden, D.B. (ed.) *Maize breeding and genetics*. 8. New York, Jhon Wiley & Sons, p. 113-141.
- Bolson, E., Scapim, C. A., Clovis, L. R., Amaral Junior, A. T., & Freitas, I. L. J. (2016). Capacidade combinatória de linhagens de milho avaliada por meio de testadores adaptados à safrinha. *Revista Ceres*, 63(4), 492-501.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 61/2011, publicada em 23/12/2011. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=263800632>>. Acesso em: 17 de Jan/2017.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares - RNC. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 06 de out/2016.
- Cabral, P. D. S., Amaral Júnior, A. T. D., Vieira, H. D., Santos, J. S., Freitas, I. L. D. J., & Pereira, M. G. (2013). Genetic effects on seed quality in diallel crosses of popcorn. *Ciência e Agrotecnologia*, 37(6), 502-511.
- Cabral, P. D., Amaral Júnior, T., Freitas, I. L. J., Ribeiro, R. M., & Silva, T. R. C. (2016). Relação de causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milho-pipoca. *Revista Ciência Agronômica*. 47: 108-117.
- Cardoso, A. I. I. (2006) Dialelo entre linhagens de uma população de pepino do tipo 'Caipira'. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 24(2):259-263.
- Carvalho, A. C. P. P., Leal, N. R., Rodrigues, R., & Costa, F. A. (1999) Capacidade de combinação para oito caracteres agronômicos em cultivares rasteiras de feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 17(2):102-105.

- Cruz, C. D. (2013). GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35: 271-276.
- Cruz, C. D., Carneiro P. C. S. (2006). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. Ed. Viçosa: UFV, 585p.
- Cruz, C. D., Carneiro P. C. S., Regazzi, A. J. (2014). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. Vol. / 3. Ed. Viçosa: UFV, 668p.
- Cruz, C. D.; Venconsky, R. (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialélica, *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 12(2):425-436.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Santos, F. S.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P.; Daher, R. F.; Ávila, M. R. (2004). Correlações entre caracteres agronômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho-pipoca. *Ciência Rural*. 34:1389-1394.
- Davis, R. L. (1927) Report of the plant breeder, Annual Report Agricultural Experiment Station University of Porto Rico, Rio Piedras, p.14-15.
- Ematné, H. J., Souza, J. C. D., Biudes, G. B., Nunes, J. A. R., & Guedes, F. L. (2012). Genetic progress of phenotypic recurrent selection in popcorn. *Ciência e Agrotecnologia*, 36: 25-30.
- Falconer, D. S., Mackay, T. F. C. (1996) Introduction to quantitative genetics, Ed. 4. Long mans Green, *Harlow, Essex, UK*, 464p.
- Fantin, G. M.; Sawazaki, E.; Barros, B. C. (1991) Avaliação de genótipos de milho-pipoca quanto a resistência a doenças e qualidade da pipoca. *Summa Phytopathologica*, 17(2):91-104.
- Fasoulas, A. C. (1983) Rating cultivars and trials in applied plant breeding. *Euphytica*, Dordrecht, 32(3):939-943.
- Freitas Júnior, S. P., Amaral Júnior, A. T., Rangel, R.M., Viana, A. P., (2009). Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9: 1-7.

- Freitas, I. L. J., Amaral Junior, A. T. do., Viana, A. P., Pena, G. F., Cabral, P. S., Vittorazzi, C., Silva, T. R. C. (2013) Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(11):1464-1471.
- Galinat, W. C. (1974) Intergenomic mapping of maize, teosinte and *Tripsacum*. *Evolution*, 27:644-55.
- Galinat, W. C. (1977) The origin of corn. In: Sprague, G.F. (ed.) *Corn and corn improvement*. New York: Academic Press, 48p.
- Galvão, J. C. C., Sawazaki E., Miranda, G. V. (2000) Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, (270):201-218.
- Geraldi, I. O.; Miranda Filho, J. B. (1988) Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. *Brazilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, 2:419-430.
- Goodnam, M. M., Smith, J. S. C. (1987) Botânica. In: Paterniani, E. e Viegas, G.P. (eds). *Melhoramento e Produção de Milho*. 1. ed. Campinas: Fundação Cargil, p. 41-78.
- Griffing, A. R. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Science*, Victoria, 9:463-493.
- Guadagnin, J. P. (1996). *Milho pipoca*. EMBRAPA/FEPAGRO. Porto Alegre, RS. 11p.
- Hallauer AR. (2001). Specialty corns. CRC Press, 496p.
- Hallauer, A. R, Miranda Filho, J. B.; Carena, M. J. (2010) Quantitative genetics in maize breeding. Springer, new york, 663p.
- Hallauer, A. R. (1975) Relation of gene action and type of tester in maize breeding procedures. *Annu. Corn Sorghum Res. Conf. Proc.* 30:150–65.

- Hallauer, A. R. (1985) Compendium of recurrent selection methods and their application. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 3:01-33.
- Hallauer, A. R., Lopes Perez, E. (1979) Comparisons among testers for valuating lines of corn. *Proceeding of the Annual Hybrid Corn Industry Research Conference*, Washington, D.C., 34:57-75.
- Kist, B. B.; Santos C. E. e Beling, R. R. (2016). Anuário brasileiro do milho Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz LTDA., 2016. 96 p.
- Larish, L. B., Brewbaker, J. L. (1999) Diallel analyses of temperate and tropical popcorn, *Maydica*, *Maydica*, 44:279-284.
- Lima, V. J., do Amaral, J. A., Kamphorst, S. H., Pena, G. F., Leite, J. T., Schmitt, K. F., Vittorazzi, C., & Mora, F. (2016). Combining ability of S3 progenies for key agronomic traits in popcorn: comparison of testers in topcrosses. *Genetics and molecular research: GMR*, 15(4).
- Linares, E. (1987) *Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho-pipoca (Zeamays L.)*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 78p.
- Lira, M. A. (1983) *Seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho-pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Lavras - MG, Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, 62p.
- Luz, M. L. S.; Dalpasquale, V. A.; Scapim, C. A.; Braccini, A. de L. e; Royer, M. R.; Freddy, M. (2005) Influência da umidade das sementes na capacidade de expansão de três genótipos de milho-pipoca (*Zea mays L.*). *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 27(3):549-553.
- Mangesldorf, P.C. (1974) *Corn its origin, evolution and improvement*. Cambridge: Harvard University Press, 262p.
- Marcondes, M. M., Faria, M. V., Mendes, M. C., Gabriel, A., Neiverth, V., & Zocche, J. C. (2016). Breeding potential of S₄ maize lines in topcrosses for agronomic and forage traits. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38(3), 307-315.

- Matta, P. P.; Viana, J. M. S. (2001) Testes de capacidade de expansão em programas de melhoramento de milho-pipoca. *Scientia Agricola*, 58(4):845-851.
- Matzinger, D. F. 1953. Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. *Agronomy Journal*, 45(10), 493-495.
- Miranda Filho, J. B., Viégas, G. P. (1987) Milho híbrido. *In*: Parteniani, E., Viégas, G. P. (eds.). *Melhoramento e produção de milho*. 1. ed. Campinas: Fundação Cargill, p. 275-340.
- Miranda, G. V.; Souza, L. V.; Galvão, J. C. C.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V.; Santos, I. C. (2008) Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica*, 159:123-132.
- Moterle, L. M., Lopes, P. D. C., Braccini, A. D. L., & Scapim, C. A. (2006). Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(3), 169-176.
- Oliboni, R., Faria, M. V., Neumann, M., Resende, J. T. V., Battistelli, G. M., Tegoni, R. G., & Oliboni, D. F. (2013). Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. *Ciências Agrárias*, 34: 7-18.
- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. G. G.; Parentoni, S. N.; Santos, M. X.; Lopes, M. A.; Ferreira, A. S.; Fernandes, F. T.; Guimarães, P. E. O; Correa, L. A.; Meirelles, W. F.; Feldman, R. O; Magnavaca, R. (2001) BRS Angela – variedade de milho-pipoca. Sete Lagoas: EMBRAPA - Milho e Sorgo, 6p.
- Paterniani, E.; Campos, M.S. (1999). Melhoramento de milho. Borém, A. (Org). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, p.4429-485.
- Paterniani, M. E. A. G. Z. (2001). Use of heterosis in mayze breeding: history, methods and perspectives – a review. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 1(2) 159-178.

- Paterniani, M. E. A. G. Z., Lüders, R. R., Duarte, A. P., Gallo, P. B., & Sawazaki, E. (2006). Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de top crosses em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 65(4), 597-605.
- Pena G. F. (2015) *Progênies parcialmente endogâmicas no melhoramento do milho-pipoca: análise biométrica de testcrosses e divergência genética funcional por marcadores SSR-EST*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 114p.
- Pena, G. F., Amaral Júnior, A. T. D., Gonçalves, L. S. A., Vivas, M., Ribeiro, R. M., Mafra, G. S., Dos Santos, A. & Scapim, C. A. (2016a). Comparison of testers in the selection of S3 families obtained from the UENF-14 variety of popcorn. *Bragantia*, 75(2), 135-144.
- Pena, G. F., do Amaral Jr, A. T., Ribeiro, R. M., Ramos, H. C., Boechat, M. S., Santos, J. S., Mafra, G. S., Kamphorst, S. H., Lima, V. J., Vivas, M., Souza Filho, G. A. (2016b). Inference of genetic diversity in popcorn S₃ progenies. *Genetics and molecular research: GMR*, 15.
- Pimentel Gomes, F. Curso de estatística experimental. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.
- Pereira, M. G., Amaral Júnior, A. T. (2001) Estimation of Genetic Components in Popcorn Based on the Nested Design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina - PR - Brasil, 1(1):3-10.
- Pinto, R. J. B., Kvitschal, M. V., Scapim, C. A., Fracaro, M. A. R. C. E. L. O., Bignotto, L. S., & Souza-Neto, I. L. (2007). Análise dialélica parcial de linhagens de milho-pipoca. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 6: 325-337.
- Ramalho, M. A. P., Santos, J. B. e Zimmermann, M. J. O. (1993). Genética quantitativa em plantas autógamas. UFG, Goiânia, 271p.
- Rangel R. M.; Amaral Junior. A. T.; Scapim C. A.; Freitas Júnior S. P.; Pereira M.G. (2008) Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. *Genetics and Molecular Research* Oct 7;7 (4): 1020-1030.

- Rangel, R. M., Amaral Júnior, A.T., Freitas Junior, S.P., (2011). Associação entre características agronômicas e capacidade de expansão em população de milho pipoca sob seleção recorrente. *Ciência e Agrotecnologia*, 35: 225-233.
- Rodvalho, M. A., Scapim, C. A., Pinto, R. J. B., Barreto, R. R., Ferreira, F. R. A., & Clóvis, L. R. (2012). Comparação de testadores em famílias S₂ obtidas do híbrido simples de milho-pipoca IAC-112: Comparison of testers in S₂ families obtained from the popcorn single hybrid 'IAC-112'. *Bioscience Journal*, 28(2).
- SAS Institute Inc. (2003) Statistical Analysis System user's guide. Version 9.1. Ed. Cary, NC, USA.
- Sawazaki, E. (1995) Melhoramento do milho-pipoca. Campinas: Instituto Agrônomo, 21p.
- Sawazaki, E. (2001). A cultura do milho-pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, Campinas, 53 (2):11–13.
- Sawazaki, E., Castro, J. D., Gallo, P. B., Paterniani, M. E. A. G. Z., Silva, R. D., & Luders, R. R. (2003). Potencial de híbridos temperados de milho-pipoca em cruzamentos com o testador semitropical IAC 12. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2(2), 61-70.
- Sawazaki, E., Paterniani, M.E.A.G.Z., Castro, J.L. de, Gallo, P.B., Galvão, J.C.C., Saes, L.A. (2000) Potencial de linhagens de populações locais de milho-pipoca para síntese de híbridos. *Bragantia*, 59:143-151.
- Scapim, C. A., Braccini A. L., Pinto, R. J. B., Amaral Júnior, A. T., Rodvalho, M. A., Silva, R. M., Moterle, L.M. (2006). Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. *Ciência Rural*, (36)1.
- Scapim, C. A., Royer, M. R., Pinto, R. J. B., & Moterle, M. (2008). Comparação de testadores na avaliação da capacidade de combinação de famílias S₂ de milho-pipoca. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 7(1), 83-91.

- Seifert, A. L., Carpentieri-Pípolo, V., Ferreira, J. M., & Gerage, A. C. (2006). Análise combinatória de populações de milho-pipoca em testcrosses. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (5), 771-778.
- Silva, W. J., Vidal, B. C. , Pereira, A. C. , Zerberto, M.; Vargas, H. (1993) What makes popcorn pop? *Nature*. 362:417-421.
- Simon, G. A., Scapim, C. A., Pacheco, C. A. P., Pinto, R. J. B., Braccini, A. L., Tonet, A. (2004). Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. *Bragantia*, 63(1), 55-62.
- Souza Junior, C.L. (2001) Melhoramento de espécies alógamas. *In: NASS, L.L., Valois, A.C.C., Melo, I.S. de, Valadares-Inglis, M.C. Recursos genéticos e melhoramento*. Rondonópolis: Fundação MT, p.159-199.
- Souza, P. M.; Ponciano, N. J.; Mata, H. T. C.; Brito, M. N.; Golinski, J. (2009) Padrão de desenvolvimento tecnológico dos municípios das Regiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 47 (4): 945-969.
- Sprague, G. F.; Tatum, L. A. (1942) General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*, Geneva, 34(10):923-932.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1980) *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw-Hill Book Company, 633p.
- Vencovsky, R. (1970). Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades. 1970. 59p. *Livre Docência-Escola Superior de Agricultura" Luiz de Queiroz"-USP, Piracicaba*.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992). *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética. 496 p.
- Vittorazzi, C. (2013) *Influência do espaçamento entre linhas e da população de plantas em caracteres agronômicos de cultivares de milho pipoca na Região Norte Fluminense*. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Campos

dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 46p.

Von pinho, R. G., Brugnera, A., Pacheco, C. A. P., & Gomes, M. D. S. (2010). Estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes ambientes, no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*,2(01).

Weatherwax, P. (1922). Popping of corn. Indian Academy Science Proceedings, pp.199-253.

Weatherwax, P. (1954). Indian corn in old America. New York, USA: The MacMilan Co, 253p.

Ziegler, K. E.; Ashman, B. (1994) Popcorn. In: Hallauer, A. ed. Specialty corns. Iowa: CRC Press, cap 7, 189-223.

Zinsly, J. R., Machado, J. A. (1987) Milho-pipoca. In: Paterniani, E., Viégas, G. P. (eds.) *Melhoramento e Produção do Milho*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill. p.413-421.