

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DA RESISTÊNCIA À *Puccinia
polysora* EM MILHO-PIPOCA ESTIMADA VIA DIALELO
CIRCULANTE ENTRE LINHAGENS TROPICAIS E TEMPERADAS

GABRIELLE SOUSA MAFRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2016

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DA RESISTÊNCIA À *Puccinia polysora* EM MILHO-PIPOCA ESTIMADA VIA DIALELO CIRCULANTE ENTRE LINHAGENS TROPICAIS E TEMPERADAS

GABRIELLE SOUSA MAFRA

“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
FEVEREIRO - 2016

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DA RESISTÊNCIA À *Puccinia polysora* EM MILHO-PIPOCA ESTIMADA VIA DIALELO CIRCULANTE ENTRE LINHAGENS TROPICAIS E TEMPERADAS

GABRIELLE SOUSA MAFRA

”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 23 de fevereiro de 2016.

Comissão Examinadora:

Dr. Roberto dos Santos Trindade (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) –
EMBRAPA

Prof. Silvaldo Felipe da Silveira (D.Sc., Fitopatologia) – UENF

Dr. Fernando Higinio de Lima e Silva (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) –
UENF

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

Ao meu querido e amado Deus, por todas as bênçãos a mim concedidas, mesmo que por muitas vezes eu não as tenha merecido.

À minha adorável mãe, Valneide Sousa (*in memoriam*), por todo amor, incentivo, confiança e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte inesgotável de amor e força, que sempre esteve comigo dando paz e tranquilidade nos momentos de angústia.

À Virgem Maria, rainha do Céu e da Terra.

À minha mãe, Valneide Sousa (*in memoriam*), por ter sido a melhor mãe do mundo, por todo o amor e confiança, apoiando até os meus mais altos sonhos que, muitas vezes, pareciam impossíveis. Minha fonte de inspiração, aquela que me ensinou os princípios do respeito e do amor a Deus e ao próximo, que sempre será o meu eterno amor.

Ao meu pai José Ferreira Mafra e meu irmão Iarley Gustavo Sousa Mafra, os homens da minha vida.

À minha dinda Ana Lúcia Sousa, minha segunda mãe.

À minha família Sousa. Vocês foram essenciais nessa jornada, não há palavra que possa descrever o quão grata eu sou por toda a força, incentivo, amor e carinho que recebi quando mais precisei.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de aprendizado e pelo excelente crescimento profissional e pessoal.

À CAPES, pela concessão da bolsa e auxílio financeiro durante o curso.

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

Ao Professor Marcelo Vivas e Dr. Fernando Higino, pela ajuda e valiosas contribuições.

Aos Professores, Silvaldo Felipe da Silveira e Alexandre Pio Viana, que desde o projeto contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Ao Dr. Roberto dos Santos Trindade, pelas valiosas contribuições.

Aos professores do LMGV, pelos ensinamentos repassados.

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

Aos amigos do milho-pipoca e agregados: Amanda, Adriano, Cássio, Ismael Freitas, Ismael Gerhardt, Ismael Schwantes, Samuel, Valter, Railan, Thiago, Rodrigo, Júlio, Jocarla, Nayara, José Arantes e em especial Juliana e Guilherme. Obrigada pela ajuda no experimento, pela amizade e pelos inúmeros momentos de descontração.

Aos técnicos, Geraldo, Valdinei, Luzimara e Durval, por toda a colaboração e ensinamentos a mim repassados. Também agradeço às estagiárias, Jaqueline, Marta e Márcia pela ajuda no experimento.

Ao Dr. Leandro Hespanhol e aos funcionários da Estação Experimental de Itaocara, pela ajuda na condução do experimento.

À Fernanda Rossi e meu “irmão mais velho” Guilherme Pena, por estarem comigo nos momentos bons e ruins que enfrentei durante essa jornada.

Às amigas da República, Cléo e Milena, pela força, incentivo e momentos de alegria durante nossa morada.

Aos amigos da UFRA (B2-2009/2013), em especial, Rívia, Camila, Lilian, Charles, Carina, Diana, Wander, Raniery e Fábio.

À minha amiga Rívia Caroline. Obrigada pela irmandade e por estar comigo em todos os momentos da minha vida.

À Família Ludegards, por tudo o que fizeram por mim durante os anos de convívio.

Aos meus amigos da CEPLAC, Rogério, Rafaella Ferreira (Borrachinha), Ingrid Luz, Frank, Ghaby (Amy), Admil e Edvaldo, pelo companheirismo.

Ao Dr. Paulo Albuquerque, a quem devo meus primeiros passos no mundo científico.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO	5
3.1 Aspectos botânicos, evolutivos e importância socioeconômica do milho-pipoca	5
3.2 Melhoramento do milho-pipoca: histórico e estado da arte na UENF	7
3.3 Métodos de análises dialélicas	11
3.4 Dialelo circulante.....	13
3.5 Ferrugem polissora	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1 População em estudo	16
4.2 Descrição dos cruzamentos para obtenção dos híbridos	17
4.3 Experimentos para avaliação dos híbridos, linhagens genitoras e testemunhas	19
4.3.1 Delineamento experimental e condução.....	19
4.3.2 Avaliação dos caracteres morfoagronômicos	20
4.3.3 Avaliação de severidade de ferrugem polissora na planta inteira e severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga	21
4.4 Análises genéticas e estatísticas	24

4.4.1 Análise de Variância.....	24
4.4.2 Análise Dialélica de Kempthorne e Curnow (1961)	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Análise de variância – 1ª e 2ª época de cultivo	26
5.2 Agrupamento de médias.....	29
5.3 Análise de Variância para Capacidade de Combinação - 1ª época de cultivo.....	40
5.4 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Geral de Combinação - 1ª época de cultivo	43
5.5 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Específica de Combinação - 1ª época de cultivo	46
5.6 Análise de Variância para Capacidade de Combinação - 2ª época de cultivo.....	52
5.7 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Geral de Combinação - 2ª época de cultivo	54
5.8 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Específica de Combinação - 2ª época de cultivo	56
6. CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

RESUMO

MAFRA, Gabrielle Sousa; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro de 2016. CAPACIDADE COMBINATÓRIA DA RESISTÊNCIA À *Puccinia polysora* EM MILHO-PIPOCA ESTIMADA VIA DIALELO CIRCULANTE ENTRE LINHAGENS TROPICAIS E TEMPERADAS. Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Conselheiros: Prof. Dr. Alexandre Pio Viana e Prof. Dr. Silvaldo Felipe da Silveira.

Apesar da importância da cultura do milho-pipoca, há escassez de cultivares que reúnam características agronômicas desejadas disponíveis a pequenos agricultores e empreendedores. Para ilustrar, basta observar que a maioria das cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Agrário (MAPA) foi desenvolvida e é de domínio de grandes empresas empacotadoras, as quais disponibilizam sementes apenas a produtores parceiros. Os programas de melhoramento de milho-pipoca têm por objetivo principal a obtenção de cultivares que possuam características agronômicas superiores, sobretudo, quanto ao rendimento de grãos e à capacidade de expansão, sendo escassas as informações quanto à resistência a doenças. Dentre as doenças foliares incidentes no milho, a ferrugem polissora é considerada como uma das mais agressivas. Neste sentido, o desenvolvimento e uso de híbridos e variedades resistentes tornam-se imperativos para seu controle sustentável. Nesta dissertação avaliaram-se e selecionaram-se híbridos de milho-pipoca superiores para as principais características de importância econômica da cultura – produtividade de grãos e capacidade de expansão, e quanto à resistência à ferrugem. Foram obtidas e avaliadas 40 combinações híbridas oriundas do cruzamento de 16 linhagens de milho-pipoca, em esquema dialélico circulante, com número de cruzamento por linhagem igual a 5 ($S = 5$). O experimento foi implantado em blocos casualizados, com quatro repetições, em dois ambientes: Norte e Noroeste Fluminense, respectivamente, em Campos dos Goytacazes e

em Itaocara, e em duas épocas de avaliação (1ª e 2ª época de cultivo), nos anos agrícolas 2014-2015. Foram avaliadas as seguintes características: altura média de plantas (AP); rendimento de grãos (RG); capacidade de expansão (CE) e volume de pipoca por hectare (VP); severidade de ferrugem polissora na planta inteira (SPI) e severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga (SFPE). Constatou-se significância em 1 % de probabilidade para CE e RG. Para as características de resistência a ferrugem polissora, houve efeito significativo para SPI e SFPE na primeira época de cultivo em Campos dos Goytacazes e apenas para SPI, em Itaocara. Na segunda época, não houve efeito significativo para as características em ambos os locais. Além disso, verificou-se a predominância dos efeitos aditivos para CE e resistência à ferrugem polissora e não-aditivos para RG. Para as características CE e RG de forma simultânea, o híbrido em destaque na época da primeira época de cultivo em Campos dos Goytacazes foi P1xL76 e, para Itaocara, foi P10xL70. Na segunda época, em Campos dos Goytacazes, sobressaiu-se o híbrido L63xL61. Na primeira época de cultivo, as linhagens L54, P3, P6, P10 e L55 apresentaram os melhores valores de CGC para resistência à ferrugem polissora, em Campos dos Goytacazes e, em Itaocara, as linhagens preeminentes foram L80, L70, L76, L63, L77 e L61. Por terem predominância de efeitos gênicos distintos, não foi possível selecionar híbridos que apresentassem valores adequados para RG, CE e resistência à ferrugem polissora.

ABSTRACT

MAFRA, Gabrielle Sousa; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2016. COMBINING ABILITY OF THE *Puccinia polysora* RESISTANCE IN POPCORN ESTIMATED BY CIRCULANT DIALLEL SCHEME BETWEEN TROPICAL AND TEMPERATE LINES. Advisor: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Co-advisor: Prof. Dr. Alexandre Pio Viana and Prof. Dr. Silvaldo Felipe da Silveira.

Despite the importance of the popcorn crop, there are few improved cultivars bringing together desirable agronomic traits available to small growers and entrepreneurs. To illustrate, just observe that most cultivars registered in the Ministry of Agriculture, Livestock and Agricultural Supply (MAPA) has been developed and is the domain of large packers companies, which provide seeds only to partners producers. The popcorn breeding programs have as main objective the development of new genotypes with superior agronomic traits, especially as grain yield and popping expansion, however, are rare the studies related to diseases. Among the maize leaf diseases, southern rust is regarded as the most aggressive. In that direction, the development and use of resistant hybrids for southern rust becomes imperative for the sustainable control of this disease. In the present work we proposed to evaluate and select superior popcorn hybrids to the main traits of economic importance - grain yield, popping expansion, and rust resistance. Thereby, were obtained and evaluated 40 hybrids from the cross of 16 popcorn inbred lines in a partial diallel scheme, with the number of crossing per line equal to 5 ($S = 5$). The experiment was established in a randomized complete block design with four replications in two environments: North and Northwest Fluminense, respectively in Campos dos Goytacazes and Itaocara, in two seasons - years 2014-2015. The following characteristics were evaluated: plant height (PH); grain yield (GY); popping expansion (PE); popping volume per hectare (PV); severity of southern rust on the whole plant (PRSS);

severity of southern rust on leaf of the first ear (ERSS). Significance was detected at 1% probability for PE and GY. For southern rust resistance, there was significant effect for PRSS and ERSS in the first season in Campos dos Goytacazes and only for PRSS in Itaocara. In the second season there was not significant effect for the traits in both locations. Moreover, there is a predominance of the additive effects for PE and southern rust resistance, and non-additives for GY. For the traits PE and GY, simultaneously, the hybrids P1xL76 and P10xL70 were the best in the first season in Campos dos Goytacazes and Itaocara, respectively, while for the second season in Campos dos Goytacazes, stood out the hybrid L63xL61. In the first season the lines L54, P3, P6, P10 e L55 showed the best values of General combination ability - CGC for southern rust resistance In Campos dos Goytacazes, while in Itaocara the best lines were Itaocara L80, L70, L76, L63, L77 e L61. Due the predominance of different genic effects, it was not possible to select hybrids with appropriate values for PE, GY and southern rust resistance.

1. INTRODUÇÃO

A pipoca é um alimento muito apreciado no Brasil (Andrade et al., 2002). A produção de milho-pipoca em 2010 e 2011 foi, respectivamente, de 43.403 e 44.475 toneladas (GCEA/IBGE, 2013). Entretanto, acredita-se que esta produção possa ser acrescida, uma vez que há carência de cultivares com boas características agronômicas. Cita-se, ainda, a ocorrência de doenças, como fator que contribui para a redução da produtividade (Vieira et al., 2009). Neste sentido, a utilização de genótipos com maior nível de resistência é a medida mais vantajosa para o controle dos principais patógenos que causam danos ao milho-pipoca.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem desenvolvendo, desde 2001, um Programa de Melhoramento Genético de Milho-Pipoca, que culminou com o lançamento da cultivar UENF 14 (Amaral Junior et al., 2013). Dentre as ações desenvolvidas, também está a introdução de genótipos provenientes de diferentes regiões/instituições, tais como Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), EMBRAPA/CNPMS (Freitas Júnior, 2005) e *International Maize and Wheat Improvement Center* (CIMMYT). Tais introduções visam enriquecer o Banco de Germoplasma de Milho-Pipoca da UENF.

As avaliações *per se* de alguns desses acessos que compõem o Banco de Germoplasma da UENF foram realizadas por Kurosawa (2015), quanto a características morfoagronômicas e visando resistência a doenças, tais como

ferrugem polissora, helmintosporiose e mancha de *Bipolaris maydis*. No entanto, há ainda a necessidade de avaliar o desempenho desses genótipos quando combinados, visando à constituição de novos híbridos, que tenham suficiente nível de resistência (Bernini et al., 2013), sendo esta a maneira mais econômica e sustentável de lançamento de cultivares resistentes para os produtores do Norte e Noroeste Fluminense.

Nesse sentido, os cruzamentos dialélicos são delineamentos genéticos que podem auxiliar na escolha dos melhores híbridos disponíveis no mercado, para geração de populações, vez que fornecem estimativas genéticas e fenotípicas que permitem a predição de médias e um conhecimento adequado sobre a capacidade de combinação de genótipos em cruzamento (Hallauer et al., 1988; Pinto et al., 2007). Os cruzamentos dialélicos são amplamente utilizados em programas de melhoramento de diversas culturas (Cruz et al., 2012), mais intensamente na cultura do milho.

Os procedimentos de análise dialélica têm por finalidade a estimativa de parâmetros úteis na seleção de genitores e na compreensão dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Entre os métodos mais utilizados, destaca-se o proposto por Griffing (1956). A principal restrição da análise dialélica relaciona-se com sua exequibilidade quando se tem um grande número de genitores envolvidos, e, conseqüentemente, o número de combinações híbridas a serem obtidas e avaliadas se torna elevado demais e os experimentos atingem dimensões inviáveis.

Uma opção que pode dar maior flexibilidade aos cruzamentos dialélicos, com relação ao número de pais envolvidos, é o uso de um esquema de cruzamento por meio de dialelo circulante que, embora tenham sido propostos há algumas décadas por Kempthorne e Curnow (1961), tem sido pouco empregado devido à falta de informação a seu respeito (Veiga et al., 2000). Veiga et al. (2000) constataram que os dialelos circulantes possuem eficiência comparável à dos completos, tanto na classificação dos pais, quanto na capacidade geral e específica de combinação, bem como na magnitude das estimativas desses parâmetros.

Mais recentemente, Vivas et al. (2014) avaliaram, para variáveis de resistência a doenças fúngicas foliares na cultura do mamoeiro, os componentes das capacidades geral e específica de combinação em uma tabela circulante, com

diferentes números de cruzamentos por genitor, utilizando a metodologia de modelos lineares mistos. Os autores observaram eficiência na classificação dos genitores em sua capacidade combinatória pelos dialelos circulantes quando comparado aos dialelos completos. Os autores concluíram, ainda, que três cruzamentos por genitor é suficiente para a obtenção de uma boa concordância (correlação acima de 0,8) entre as estimativas de capacidade combinatória.

Freitas Júnior et al. (2006), avaliando a capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca por meio de dialelo circulante, concluíram que a análise por esse tipo de dialelo, em um conjunto de ambientes, provê resultados mais adequados do que a avaliação em um único ambiente.

Em trabalho realizado por Cabral et al. (2015), os autores relatam a importância do uso de dialelo completo na cultura de milho-pipoca para obtenção de linhagens com elevada capacidade geral de combinação e de híbridos com altos valores de capacidade específica de combinação para as características capacidade de expansão e rendimento de grãos.

Ainda é incipiente o número de trabalhos que relatam o uso de dialelo circulante para avaliação de capacidade combinatória de linhagens e híbridos de milho-pipoca, tanto para características morfoagronômicas quanto para resistência a doenças, dentre estas, ferrugem polissora.

Em decorrência da necessidade de se avançar nas pesquisas para o programa de melhoramento de milho-pipoca da UENF que alie informações morfoagronômicas e de resistência a ferrugem polissora, delineou-se a presente pesquisa, visando, futuramente, a disponibilização de cultivares de milho-pipoca para os produtores das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral: gerar informações sobre a cultura do milho-pipoca na expectativa de contribuir para a futura recomendação de híbridos simples que reúnam potencial superior para caracteres morfoagronômicos e resistência a ferrugem polissora, para os produtores do Norte e Noroeste Fluminense.

2.2 Específico: averiguar a capacidade combinatória de 16 genitores de milho-pipoca, em um esquema de dialelo circulante, por meio da metodologia de Kempthorn e Curnow (1961), em dois locais e em duas épocas de cultivo, para características morfoagronômicas e de resistência a ferrugem polissora.

3. REVISÃO

3.1 Aspectos botânicos, evolutivos e importância socioeconômica do milho-pipoca

O milho-pipoca pertence à espécie *Zea mays* L. ssp., família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae. Em alguns trabalhos tem sido classificado como *Zea mays* L. var. *everta* (Sturtev) L.H. Bailey. Contudo, Graner e Godoy Junior (1959) relatam que o gênero *Zea* é monotípico.

O milho é uma espécie anual, monoica e alotetraploide ($2n=4x=20$) (Gaut et al., 2000; Tenailon et al., 2004). É de origem americana, mais precisamente do centro sul do México (Deobley, 1990). Das várias hipóteses levantadas quanto à origem genética do milho-pipoca, três são relevantes: a) o teosinto atual é o ancestral silvestre do milho; b) um teosinto primitivo é o ancestral silvestre, tanto do milho comum quanto do teosinto atual; e c) uma forma extinta de milho tunicado foi o ancestral do milho, sendo o teosinto uma forma mutante do tipo tunicado (Galinat, 1977). Segundo Goodman e Smith (1987), evidências genéticas e citológicas tornaram admissíveis inferências de que o milho comum e o milho-pipoca compartilham o mesmo parentesco que o teosinto, isso porque apresentam a mesma ploidia e homologia, assim como a compatibilidade em cruzamentos, dando origem a descendentes férteis. Entretanto, Erwin (1949) assegura que o milho-pipoca surgiu de uma mutação do milho comum (tipo 'flint'), sendo, então, cultivado e consumido pelo homem. Porém, esta hipótese é pouco aceitável, pois segundo evidências arqueológicas, há indícios de que a evolução

deve ter ocorrido em sentido contrário, devido ao milho-pipoca estar entre os tipos mais antigos de milho encontrados.

As plantas de milho-pipoca apresentam grãos menores quando comparados ao milho comum, maior suscetibilidade ao acamamento e ao quebramento do colmo, a pragas e doenças, menor vigor; e, por conseguinte, menor produtividade. Além disso, as plantas de milho-pipoca normalmente possuem colmo mais fraco e fino, menor número de folhas e maior número de espigas por planta (Zinsly e Machado, 1987). No geral, as plantas de milho-pipoca apresentam sistema radicular fasciculado e superficial, o que as torna pouco tolerante à seca (Goodman e Smith, 1987). Porém, a maior diferença é sua capacidade de expansão dos grãos aquecidos (Kantety et al., 1995; Larish e Brewbaker, 1999; Sawazaki, 2001).

Os grãos variam quanto ao tamanho (de 0,5 a 1,0 cm), formato (redondo, chato ou pontiagudo) e coloração (branca, amarela, alaranjada, rosa, creme, vermelha, roxa, preta ou azul), sendo as cores branca e amarela, as mais comuns (Zinsly e Machado, 1978). Os grãos de formato arredondado do tipo pérola, com endosperma amarelo alaranjado, são os que possuem maior aceitação comercial (Ziegler e Ashman, 1994).

Dentre as principais características desejáveis em uma boa cultivar de milho-pipoca está sua elevada capacidade de expansão dos grãos, desejada pelos consumidores, e a produtividade de grãos, desejada pelos produtores (Amaral Junior et al., 2010). Quando os grãos são submetidos a temperaturas acima de 180°C, ocorre sua expansão. Nestas temperaturas, a pressão interna do grão atinge 930,8 Kpa (Silva et al., 1993). Em temperaturas inferiores a 177°C, a proporção de grãos que se expande diminui acentuadamente (Ruffato et al., 2000).

O milho-pipoca é considerado uma cultura de elevada rentabilidade entre os denominados “milhos especiais” com grande aceitação nos mercados consumidores, garantindo elevados ganhos econômicos nos mais diversos ramos da cadeia produtiva (Rangel et al., 2011).

O grão de milho-pipoca possui em sua composição uma fração rica em lipídios e amido. Além de proteínas, fibras e vitaminas do complexo B, tem grande potencial calórico sendo, portanto, rico em açúcares e gorduras (Sawazaki et al., 1986). Seu consumo é crescente no país, entretanto, sua principal

comercialização é realizada por grandes empresas empacotadoras, que em sua maioria são detentoras das cultivares registradas.

Nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, o cultivo do milho-pipoca implica inclusão de empresas beneficiadoras de grãos, o que incrementa a cadeia produtiva da cultura e aumenta as oportunidades de emprego, além de possibilitar incremento de renda para as famílias com a comercialização dos grãos (Ribeiro, 2015).

Apenas 75 cultivares estão registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e cerca de 81% destas foi desenvolvida por empresas empacotadoras de milho-pipoca (MAPA, 2016), que estabelecem acesso restrito de uso com os produtores parceiros. Tal fato dificulta seu uso por pequenos produtores, sendo necessário, assim, o desenvolvimento de novas cultivares por instituições públicas.

No Brasil, o plantio comercial de milho-pipoca era considerado modesto, durante a década de 90, sendo necessária grande quantidade de importações, principalmente de países como Estados Unidos e Argentina (Galvão et al., 2000).

Apesar do aumento no número de cultivares disponíveis no país, atualmente, sua área de plantio comercial é insuficiente para atender o mercado nacional (Vittorazzi et al., 2013). O Estado do Mato Grosso, hoje, produz 60% da produção nacional de milho-pipoca, segundo informações disponíveis no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014).

De acordo com informações do Agriannual (2015), em 2012, o preço médio de milho-pipoca era de R\$ 1,70 /kg. Se comparado ao milho comum, cujo valor do quilo àquele ano era de R\$ 0,40, o milho-pipoca possui valoração superior.

Ainda que incipiente, o número de estatísticas atuais a respeito de produção e comercialização do produto, a cultura é de grande importância na economia do país, havendo a necessidade de produção de novos compostos híbridos que reúnam características agronômicas desejáveis ao produtor e ao consumidor, uma vez que a demanda é crescente.

3.2 Melhoramento do milho-pipoca: histórico e estado da arte na UENF

Somente na segunda metade do século XIX o desenvolvimento da indústria do milho-pipoca teve início nos EUA (Willier e Brunson, 1927). O desenvolvimento

do milho híbrido foi responsável pelo grande avanço obtido nessa cultura nos Estados Unidos. Este método é utilizado desde a década de 1930 no melhoramento do milho-pipoca (Ziegler e Ashman, 1994). No Brasil, embora o primeiro programa de milho híbrido tenha-se iniciado em 1932, no Instituto Agrônomo (Krug et al., 1943), sua utilização no melhoramento do milho-pipoca é recente (Sawazaki et al., 2000). Pena (2015) afirma que entre as instituições que atuam no melhoramento da cultura do milho-pipoca no Brasil estão a Embrapa - Milho e Sorgo, Fepagro, UFV, UEM, IAC, UEL, UENF e UFCA.

Para o lançamento de novas cultivares para plantio comercial, há necessidade de estudos que tenham como objetivo o desenvolvimento de genótipos adaptados para cada região de cultivo. Isto posto, no intento de disponibilizar aos produtores das regiões Norte e Noroeste Fluminense, genótipos com características desejáveis, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro desenvolve um Programa de Melhoramento de Milho-Pipoca iniciado com o professor Joachim Friedrich Wilhelm von Bülow, pela seleção de um composto indígena doado à Universidade de Brasília pela ESALQ/USP (Pena, 2015).

Após ciclos de seleção recorrente na população UNB-2U, ora designada UENF-14, em 2013 foi lançada a cultivar com esse nome para os produtores do Norte Fluminense (Amaral Junior et al., 2013). Atualmente, diferentes linhas de pesquisa estão sendo desenvolvidas no programa de melhoramento em questão, tais como: utilização de procedimentos biotecnológicos aplicados à execução da seleção recorrente genômica; melhoramento por meio de cruzamentos dialélicos e de *testcrosses* entre linhagens e variedades; e investigações da eficiência no uso de fósforo, nitrogênio, e água (tolerância ao déficit hídrico), além de resistência a doenças.

Verificando a existência de variabilidade genética satisfatória para capacidade de expansão (CE) e rendimento de grãos (RG), Pereira e Amaral Júnior (2001) concluíram que a herança para capacidade de expansão foi caracteristicamente aditiva, por conseguinte, aumento de ganho para esta característica seria possível com a utilização de métodos intrapopulacionais de seleção recorrente. Desta forma, Daros et al. (2002) deram início ao primeiro ciclo de seleção recorrente com famílias de irmãos-completos da população UNB-2U. Daros et al. (2004) também implementaram o segundo ciclo, porém, fazendo uso

de famílias endogâmicas S_1 e seleção das famílias superiores pelo índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), obtendo ganho predito de 17,8% e estimativas médias de 16,30 mL.g⁻¹ para CE, e ganho de 26,95% e estimativas médias de para RG. Santos et al. (2007) deram continuidade ao trabalho obtendo o terceiro ciclo por meio de famílias de meios-irmãos, com ganhos genéticos de 7,16% para CE e de 10,00% para RG, por meio do índice de Mulamba e Mock (1978). O quarto ciclo foi obtido por Freitas Júnior et al. (2009), fazendo uso de famílias de irmãos-completos, chegando a ganhos preditos de 8,50% para RG e de 10,55% para CE. Já no quinto ciclo, Rangel et al. (2011), utilizando o índice de Mulamba e Mock (1978), obtiveram maiores ganhos preditos, de 6,01% para capacidade de expansão e 8,53% para rendimento de grãos, com estimativas das médias de 29,30 mL.g⁻¹ para CE e 2.920,93 para RG. No sexto ciclo, conduzido por Ribeiro et al. (2012), os autores obtiveram resultados satisfatórios, com base no índice de Mulamba e Mock (1978), utilizando famílias de irmãos-completos, com estimativas de 31,13 mL.g⁻¹ para CE e de 2.987,84 kg.ha⁻¹ para RG, e ganho de 56,51% para a capacidade de expansão e 85,00% para rendimento de grãos do ciclo C0 ao C6. No sétimo ciclo, Freitas et al. (2014), utilizando famílias de irmãos-completos, obtiveram estimativas médias de ganhos preditos de 35,73 mL.g⁻¹ para CE e de 3.503,20 kg.ha⁻¹ para RG, sendo os ganhos percentuais de e 5,11% e 7,78%.

De acordo com Brunson (1937), destaca-se no germoplasma da América do Sul com bom potencial para o melhoramento de híbridos de milho-pipoca a variedade *South American Mushroom*, cuja origem é a variedade *South American*, que foi introduzida nos Estados Unidos na década de 1920. Segundo Sawazaki (1996), evidencia-se também a variedade Guarani, avaliada em cruzamento dialélico em 1983/84, que apresentou maior potencial genético dentre as variedades locais estudadas, por apresentar sua maior capacidade geral de combinação para produção, prolificidade e resistência a helmintosporiose. Ainda segundo estes autores, a avaliação de linhagens com base na sua resposta em combinações híbridas é uma das etapas mais importantes e dispendiosas do programa de híbridos.

Na concepção de Ziegler e Ashman (1994), a base genética do milho-pipoca norte americano é estreita, o que é sustentado por Kantety et al. (1995), ao preconizar que o milho-pipoca é oriundo de um único tipo de milho comum, o *flint*.

Por conseguinte, autores têm propalado a importância da ampliação da base genética da espécie. Neste aspecto, Miranda et al. (2008) sustentaram que em programas de melhoramento com a cultura visando ganhos no rendimento de grãos, a utilização de germoplasma tropical pode ser eficiente. Todavia, para capacidade de expansão dos grãos, sustentam a importância da introdução de germoplasma temperado.

A escolha adequada do germoplasma é essencial para aumentar a diversidade genética e desenvolver novas cultivares (Hallauer et al., 2010). As metodologias de análises dialélicas para a investigação da capacidade combinatória se constituem em opções bastante viáveis na seleção de progenitores para a constituição de população-base com ampla variabilidade a ser explorada em sucessivos ciclos de seleção (Cruz et al., 2012). A metodologia de análise dialélica circulante apresenta-se como opção viável, pois permite o estudo da capacidade combinatória geral e específica, por meio da amostra de todos os possíveis cruzamentos entre os genitores (Cruz et al., 2012).

Em se tratando de dialelo intervarietal, Freitas Júnior et al. (2006) avaliaram a capacidade combinatória de dez genitores em esquema de dialelo circulante, em dois ambientes: Itaocara e Campos dos Goytacazes. Os autores concluíram que os híbridos PR Ervália x BRS ANGELA e UNB2U-C1 x BRS ANGELA são de interesse para obtenção de segregantes superiores e que a análise de dialelo circulante em um conjunto de ambientes fornece resultados mais adequados do que a avaliação em um único ambiente.

Rangel et al. (2008) avaliaram os genótipos do dialelo de Freitas Júnior et al. (2006), com a incorporação de dois cultivos em 2002/2003 e 2003/2004 e confirmaram que o híbrido UNB 2U-C1 x BRS ANGELA tem o potencial para utilização em caráter experimental pelos produtores do Norte e Noroeste Fluminense.

Silva et al. (2011), avaliando as parametrizações de cruzamentos heteróticos entre linhagens tropicais e temperadas de milho-pipoca em dois locais (Campos dos Goytacazes e Itaocara), puderam concluir que as linhas puras não têm valor *per se* para capacidade de expansão e que os híbridos P1 (PR 023) x P3 (PR 036) e P4 (UEM J1) x P2 (PR 024) apresentaram os melhores desempenhos para o rendimento de grãos e capacidade de expansão.

Cabral et al. (2015) avaliaram a capacidade de combinação de 45 híbridos simples e de seus 45 recíprocos resultantes de um sistema de cruzamento dialélico completo entre dez linhagens de pipoca, visando à obtenção de híbridos e identificação de pais com maior potencial para a qualidade das sementes e as características agrônômicas em duas épocas de cultivo. Os autores observaram que as linhagens L54 e L70 apresentaram os melhores valores para capacidade geral de combinação e para aumento de capacidade de expansão e rendimento de grãos na primeira época de cultivo, sendo L70 também responsável pelos melhores valores na segunda época de cultivo. Além disso, os autores concluíram que os melhores híbridos para capacidade de expansão e rendimento de grãos durante a primeira colheita foram P1xL70, P1xL76, P3xP7, P7xL54 e P8xL54 e para a segunda safra, os melhores híbridos foram P1xL53, P1xL76, P8xL53, P8xL54 e P10xL53. P1xL76 and P8xL54. Os híbridos P1xL76 e L54xP8 mostraram um bom desempenho para ambas as épocas de avaliação.

Os resultados expostos justificam as estratégias de melhoramento utilizadas pelo Programa de Milho-Pipoca da UENF, corroborando com o objetivo de realização do presente trabalho, uma vez que permitirá a obtenção de híbridos simples que apresentem os melhores valores para caracteres morfoagronômicos e de resistência a uma das principais doenças da cultura, a ferrugem polissora.

3.3 Métodos de análises dialélicas

O conceito de cruzamentos dialélicos foi proposto por Hayman (1954) e Griffing (1956), e representa uma técnica de relevo para o melhoramento de plantas, uma vez que permite a recombinação da variabilidade disponível, admitindo a obtenção de novos genótipos com características superiores (Marchesan, 2008). No sistema dialélico, é escolhido um grupo de p linhagens, que são cruzadas entre si, fornecendo o máximo de p^2 combinações. No sistema de cruzamentos dialélicos a capacidade combinatória é dividida em capacidade geral e capacidade específica de combinação (Cruz et al., 2012).

A capacidade geral de combinação (CGC) refere-se à resposta média de cada genitor em cruzamento com os demais do grupo, e é associada à ação aditiva dos genes. A capacidade específica (CEC) é interpretada como um efeito na expressão do híbrido que não é explicado pelos efeitos da CGC dos genitores,

e é associada aos efeitos da dominância (Sprague e Tatum, 1942; Vencovsky, 1970). Dentre as diversas metodologias existentes para análise e interpretação de dados obtidos por meio de cruzamentos dialélicos, destaca-se a proposta por Hayman (1954, 1958), que fornece informação sobre o mecanismo básico de herança do caráter em estudo, dos valores genéticos dos genitores utilizados e do limite de seleção; a metodologia de Griffing (1956) permite estimar efeitos de capacidade geral e específica de combinação; e de Gardner e Eberhart (1966), na qual é avaliado o efeito de variedade e de heterose varietal (Costa, 2007).

Jinks e Hayman (1953) e Hayman (1954, 1958) apresentaram métodos para análise dialélica, com uma firme e refinada base teórica, utilizando dados dos pais e seus descendentes F_1 ou pais, gerações F_1 e F_2 . Entretanto, as metodologias propostas por Griffing (1956) são as mais frequentemente empregadas. A análise de Hayman (1954) tem tido utilização incipiente, provavelmente pelas restrições impostas ao modelo (Cruz et al., 2012): a) ausência de epistasia; b) ausência de efeito materno; c) ausência de alelismo múltiplo; d) genes distribuídos independentemente entre os genitores; e) segregação diploide; e f) homozigose por parte dos genitores.

A metodologia proposta por Griffing (1956) estima os efeitos de CGC e CEC e está fundamentada em modelos estatísticos, apresentando um conjunto máximo de p^2 genótipos, os quais são obtidos a partir de cruzamentos entre p variedades, linhagens ou cultivares, cujos dados são dispostos em uma tabela dialélica ($p \times p$). É baseada em quatro métodos: Método 1, em que são avaliadas as p^2 combinações (genitores, F_1 's e recíprocos); Método 2, em que se avaliam as $p(p+1)/2$ combinações (genitores e F_1 's); 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, ainda, serem analisados como modelo fixo ou aleatório, de acordo com a natureza amostral dos genitores.

A metodologia de Gardner e Eberhart (1966) é aplicada a dialelos em que os genitores estão em equilíbrio de Hardy-Weinberg e fornece informações detalhadas sobre o potencial *per se* desses genitores e da heterose que se manifesta em seus híbridos. Esta metodologia inclui, pelo menos, as p populações (ou variedades) e os $p(p-1)/2$ híbridos F_1 's (Cruz et al., 2012).

3.4 Dialelo circulante

O emprego das análises de dialelo completo tem-se limitado a um número restrito de genitores, uma vez que o aumento destes resulta em um elevado número de cruzamentos a serem realizados. Isto dificulta sua realização e análise em campo, levando a uma baixa precisão, tornando, assim, inviável a avaliação de todos os cruzamentos possíveis (Fuzatto, 2003).

A análise de dialelo circulante proposta por Kempthorn e Curnow (1961) é uma alternativa exequível, pois reduz o número de cruzamentos a serem realizados possibilitando, assim, avaliar um maior número de materiais (Fuzatto, 2003). Embora tenha sido desenvolvido, há algumas décadas, tem sido pouco utilizado, sobretudo, devido à escassez de informações sobre a eficiência dos dialelos circulantes em comparação aos completos (Veiga et al., 2000; Vivas et al., 2014).

Kempthorne e Curnow (1961) especificaram algumas vantagens associadas ao esquema de cruzamentos dialélico circulante, como: a) a seleção pode ser feita entre os cruzamentos de uma amplitude maior de genitores; b) um grande número de genitores pode ser avaliado quanto à capacidade combinatória, sendo a perda de precisão compensada pelo maior ganho genético obtido por meio de uma seleção mais intensa, que pode ser aplicada aos genitores; e c) a variância devida à capacidade geral de combinação da população em que os genitores são incluídos pode ser estimada mais precisamente. Os mesmos autores afirmam que o primeiro trabalho sobre cruzamento dialélico não completo foi exposto em 1948, por Brown, que recomendou uma amostragem de cruzamentos de uma forma circulante.

Em seguida, Kempthorne e Curnow (1961), fundamentando-se no método de Brown (1948), criaram um método com $\frac{ps}{2}$ cruzamentos. Denominado de dialelo circulante, **p** representa o número de genitores e **s** um número inteiro igual ou maior que 2, com a exigência de **p** e **s** não poderem ser ímpares e pares, simultaneamente.

Freitas Junior et al. (2006) afirmam ainda que a análise de dialelo circulante, em um conjunto de ambientes, provê resultados mais adequados do que a avaliação em um único ambiente. Pfann et al. (2009) concluíram que a utilização de dialelo circulante para avaliação das capacidades geral e específica de combinação em milho pode contribuir para a obtenção de híbridos promissores

que apresentem maior produtividade de grãos e, para seleção de genitores que forneçam base para obtenção de populações superiores.

Vieira et al. (2011) verificaram que a metodologia de dialelo circulante é eficaz na identificação dos efeitos gênicos das características rendimento de grãos, capacidade de expansão, e resistência a ferrugem polissora. Foi possível indicar híbridos promissores com relação à resistência a ferrugem polissora e elevado rendimento de grãos.

3.5 Ferrugem polissora

Desde a década de 90, o aumento da frequência e da severidade de algumas doenças fúngicas foliares tem causado redução significativa na produção de milho e na qualidade dos grãos (Pinto, 2004; Vieira, 2010). A ferrugem polissora, cujo agente etiológico é o fungo *Puccinia polysora* Underw, está entre as patologias conhecidas como uma das mais relevantes do milho no Brasil (Colombo et al., 2014).

A ferrugem polissora tornou-se umas das principais doenças de milho no Brasil, sobretudo em temperatura e umidade mais elevadas - na faixa de 25-30% (Casela e Ferreira, 2002; Melching, 1975, Vieira, 2010). Alguns fatores, como o uso de híbridos suscetíveis e o monocultivo em sistema de plantio direto, associados à ocorrência de clima favorável à propagação do inóculo, têm colaborado para o aumento na ocorrência dessa doença em lavouras brasileiras (Costa et al., 2012; Pinho et al., 1999a).

Apesar de ocorrer em todo o ano agrícola, nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, essa ferrugem constituiu-se um problema importante nos plantios a partir da segunda quinzena de novembro (Pereira et al., 2005). Na região Norte Fluminense, a incidência da doença ocorre principalmente nos meses de novembro e dezembro.

Os sintomas são pústulas pequenas, circulares e elípticas. Os uredósporos e as pústulas têm coloração que variam de amarelo a dourado, e que nas fases mais avançadas, tornam-se marrons escuros devido à formação dos teliósporos. É comum a ocorrência de pústulas na face superior do limbo e da bainha foliar, nas brácteas das espigas, e em condições de alta severidade, no pendão. Os uredósporos são amarelo-dourados, com forma elipsoidal e ovoide, medindo de

20-29x40 μm , equinulados, com 4 ou 5 poros equatoriais. Os teliósporos são de coloração marrom-castanho, elipsoides ou oblongos, com as duas extremidades arredondadas (Kimati et al., 2005).

O principal agente dispersor é o vento, responsável pela dispersão dos esporos dos fungos causadores de ferrugem a longas distâncias, permitindo que eles percorram, inclusive, distâncias intercontinentais, além de serem também disseminados pela água, insetos e outros agentes (Amorim et al., 2011). Ainda, segundo os autores, os agentes causais de ferrugens produzem vários tipos de estruturas de frutificação, cada uma correspondendo a uma fase do ciclo do patógeno.

Pinho et al. (1999a), avaliando danos causados pelas ferrugens polissora e tropical em milho, concluíram que a redução na produtividade ou seja, o aumento do dano, foi causado principalmente por ferrugem polissora. Contudo, Pinho et al. (1999b), em trabalho sobre o controle genético da resistência do milho às ferrugens polissora e tropical, afirmaram que a obtenção de híbridos e linhagens resistentes a ferrugem polissora é mais fácil que para ferrugem tropical, devido ao número de genes associados as altas estimativas de herdabilidade encontrada. Daí, a importância de se estudar genótipos de milho-pipoca tanto *per se*, como em combinações híbridas. A identificação e utilização de novas fontes de resistência ajudarão a manter a produção de milho, reduzindo as perdas relacionadas à doença (Zhang et al., 2010).

Para Silva et al. (2001), estimativas da heterose e da capacidade de combinação em cruzamentos entre linhagens de milho permitiram determinar a contribuição de cada uma para resistência a ferrugem polissora, bem como identificar combinações híbridas de interesse agrônomo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 População em estudo

Para a obtenção dos híbridos, 16 linhagens de milho-pipoca (Tabela 1) em sétima geração de autofecundação (S₇) foram cruzadas em esquema dialélico circulante, conforme a metodologia proposta por Kempthorne e Curnow (1961), com S = 5, sem híbridos recíprocos, provendo 40 combinações híbridas.

Tabela 1: Linhagens de milho-pipoca utilizadas nos cruzamentos dialélicos.

Genótipos	Tipo	Variedade Originária	Adaptação Climática	Ano de obtenção	Instituição
P1	Linhagem S7-2006	Sem informação	Temperado/Tropical	2006	UEM
P3	Linhagem S7-2006	Sem informação	Temperado/Tropical	2006	UEM
P6	Linhagem S7-2006	Sem informação	Temperado/Tropical	2006	UEM
P7	Linhagem S7-2006	Sem informação	Temperado/Tropical	2006	UEM
P8	Linhagem S7-2006	Sem informação	Temperado/Tropical	2006	UEM
P10	Linhagem S7-2006	Sem informação	Temperado/Tropical	2006	UEM

Tabela 1 – Cont.

Genótipos	Tipo	Variedade Originária	Adaptação Climática	Ano de obtenção	Instituição
L 54	Linhagem S7-2009	Beija-flor: UFV	Temperado/Tropical	2009	UENF
L 55	Linhagem S7-2009	Beija-flor: UFV	Temperado/Tropical	2009	UENF
L 61	Linhagem S7-2009	Angela: EMBRAPA	Tropical	2009	UENF
L63	Linhagem S7-2009	Angela: EMBRAPA	Tropical	2009	UENF
L 65	Linhagem S7-2009	Angela: EMBRAPA	Tropical	2009	UENF
L 70	Linhagem S7-2009	Angela: EMBRAPA	Tropical	2009	UENF
L 76	Linhagem S7-2009	Viçosa: UFV	Temperado/Tropical	2009	UENF
L 77	Linhagem S7-2009	Viçosa: UFV	Temperado/Tropical	2009	UENF
L 80	Linhagem S7-2009	Viçosa: UFV	Temperado/Tropical	2009	UENF
L 88	Linhagem S7-2009	Viçosa: UFV	Temperado/Tropical	2009	UENF

4.2 Descrição dos cruzamentos para obtenção dos híbridos

Os híbridos foram obtidos no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situado a 21° 45' latitude sul e, 41° 20' longitude oeste e altitude de 11 m (Fontes, 2002), entre os meses de abril e julho de 2014. As 16 linhagens a serem cruzadas foram cultivadas em um total de dez linhas cada.

Após o preparo mecânico da área e adubação de fundação (N-P-K 4-14-8; 800 kg/ha), conforme análises de solo, foram distribuídas manualmente quatro sementes por cova com 0,05 m de profundidade em linhas de quatro metros, seguindo o espaçamento 0,9 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas. Trinta dias após a emergência das plântulas efetuou-se o desbaste, de forma a manter duas plantas por cova. Realizaram-se adubações de cobertura a 30 e 45 dias após

Tabela 2: Cont.

Linhasgens	L76	L88	P8	L61	L70	L77	L55	P1	L65	P6	L63	L54	P3	P7	P10	L80
L55	X															
P1	X	X														
L65	X	X	X													
P6	X	X	X	X												
L63	X	X	X	X	X											
L54		X	X	X	X	X										
P3			X	X	X	X	X									
P7				X	X	X	X	X								
P10					X	X	X	X	X							
L80						X	X	X	X	X						

4.3 Experimentos para avaliação dos híbridos, linhagens genitoras e testemunhas

4.3.1 Delineamento experimental e condução

Foram conduzidos quatro experimentos, implantados em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, de acordo com o modelo estatístico de Hallauer e Miranda Filho (1981), sem competição entre linhagens e híbridos. Para tal, os tratamentos foram divididos em dois grupos: grupo das linhagens e grupo dos híbridos. A composição experimental foi de 40 genótipos híbridos, três testemunhas híbridas (IAC 125, L70xL54 e L70xP1), 16 linhagens genitoras e três testemunhas variedades (UENF 14 e variedades Barão de Viçosa e BRS Angela), totalizando 248 unidades experimentais em cada local. Para a escolha das testemunhas, foram levados em consideração a disponibilidade no mercado e susceptibilidade a *P. polysora* (IAC 125) e bom desempenho para capacidade de expansão e produtividade (L70xL54 e L70xP1) (Cabral, 2013). Cada grupo apresentou bordadura, considerando que no grupo de híbridos, a bordadura foi um híbrido e no grupo de linhagens, a bordadura foi de linhagem, sendo que em ambos os casos as testemunhas não estavam presentes como tratamentos.

Após o preparo mecânico da área e adubação de fundação conforme análises de solo foram distribuídas manualmente duas sementes por cova a 0,05 m de profundidade, em linhas de cinco metros, segundo o espaçamento 0,9 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas. Quinze dias após a emergência das plântulas foram efetuados desbastes mantendo-se uma planta por cova. As adubações de cobertura foram efetuadas 30 e 45 dias após emergência com a formulação N-P-K (20-0-20), a 300 kg.ha⁻¹ e 200 kg.ha⁻¹ de uréia, respectivamente.

4.3.2 Avaliação dos caracteres morfoagronômicos

Os caracteres morfoagronômicos foram avaliados em dois períodos, sendo na 1ª época de cultivo (outubro/2014 a janeiro/2015) no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro e na Estação Experimental Ilha do Pomba, em Itaocara, localizada na Região Noroeste Fluminense. Na 2ª época de cultivo, as características morfológicas foram avaliadas apenas em Campos dos Goytacazes, não sendo possível a avaliação em Itaocara na 2ª época de cultivo (abril/2015 a agosto/2015) devido a ataque de animais silvestres (capivara e maritaca), que poderiam subestimar os valores obtidos.

Foram avaliadas as seguintes características:

- Altura média de planta (m) (AP);
- Rendimento médio de grãos (kg.ha⁻¹) (RG);
- Capacidade de expansão dos grãos (mL.g⁻¹) (CE); e
- Volume de pipoca expandida por hectare (m³.ha⁻¹) (VP)

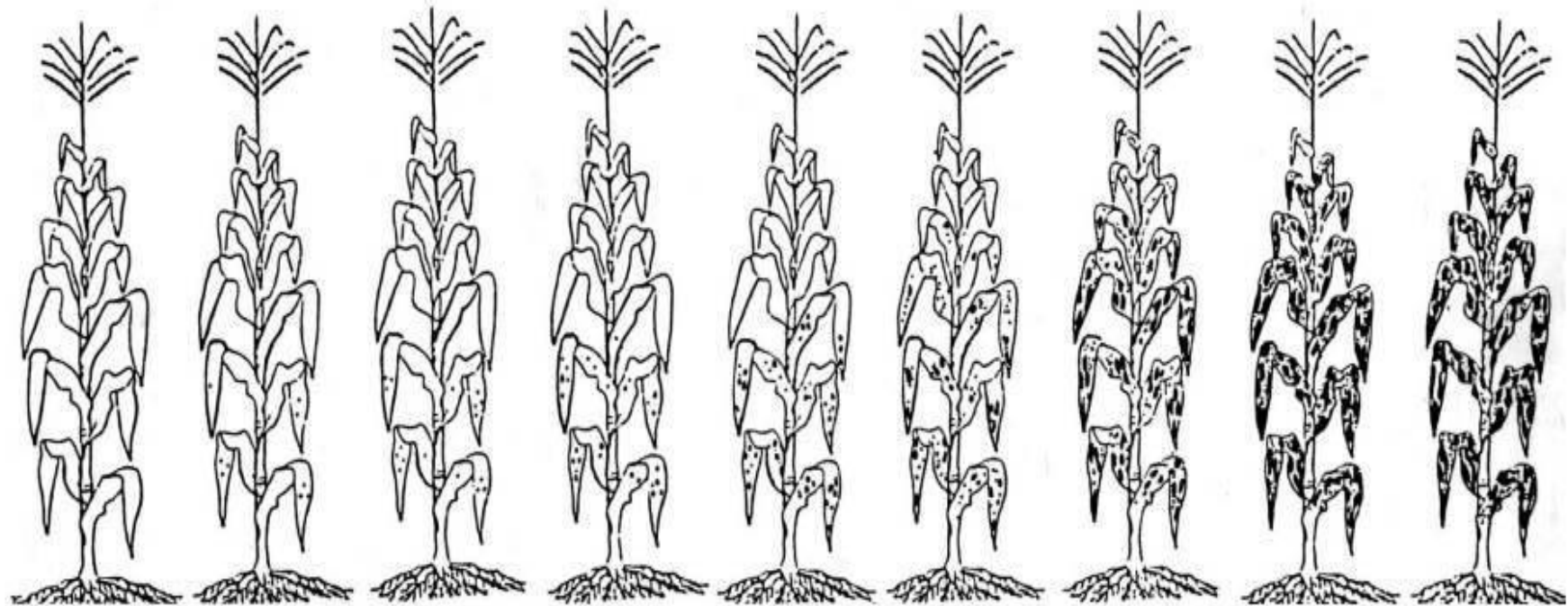
A altura de planta foi estimada a partir da mensuração de seis plantas por parcela. A avaliação do rendimento de grãos foi efetuada mediante a pesagem dos grãos já debulhados, sendo expresso em kg.ha⁻¹. A capacidade de expansão foi determinada em duas repetições por tratamento, representadas com 30 g de grãos por repetição, sendo posteriormente submetidas à expansão dos grãos através de aparelho de microondas (Eletroclux Modelo MEF41- 31 litros) sob potência máxima de 1.000 watts por um período de dois minutos e dez segundos. Após este processo, o volume das pipocas resultantes da expansão foi quantificado em proveta de 1000 mL e o resultado final ponderado pela massa

inicial de 30 g de grãos (expressa em mL.g⁻¹). O volume de pipoca expandida por hectare é uma proposta recente do Programa de milho-pipoca da UENF, cuja avaliação foi feita a partir da multiplicação do rendimento de grãos pela capacidade de expansão.

4.3.3 Avaliação de severidade de ferrugem polissora na planta inteira e severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga

Foram avaliadas a severidade de ferrugem polissora na planta inteira (SPI) e a severidade de ferrugem polissora na folha da 1ª espiga (SFPE), nesta última sendo amostrada a porção mediana da face adaxial da folha. As avaliações foram realizadas nos experimentos implantados no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro e na Estação Experimental Ilha do Pomba, em Itaocara, localizada na Região Noroeste Fluminense nas duas épocas de cultivo. Foram feitas duas avaliações, com intervalos de 15 dias entre estas, sendo as mesmas realizadas durante a época de florescimento masculino.

Para cada um dos ensaios, foram avaliadas em cada parcela as cinco plantas centrais, sendo eliminadas das avaliações as cinco plantas iniciais e finais da parcela, consideraram-se as 15 plantas centrais como parcela útil. Para avaliação de SPI, utilizou-se a escala adotada pela Agroceres (1996) (Figura 2). Para SFPE, a escala utilizada foi a de Cobb modificada (Chester, 1950) (Figura 3). As escalas foram utilizadas como auxílio, mas as avaliações foram visuais.



ESCALA								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
% ÁREA FOLIAR AFETADA								
0	0.5	10	30	50	70	80	90	100

Figura 2. Escala diagramática para avaliação de severidade de moléstias com base na planta proposta por Agrocere (1996).

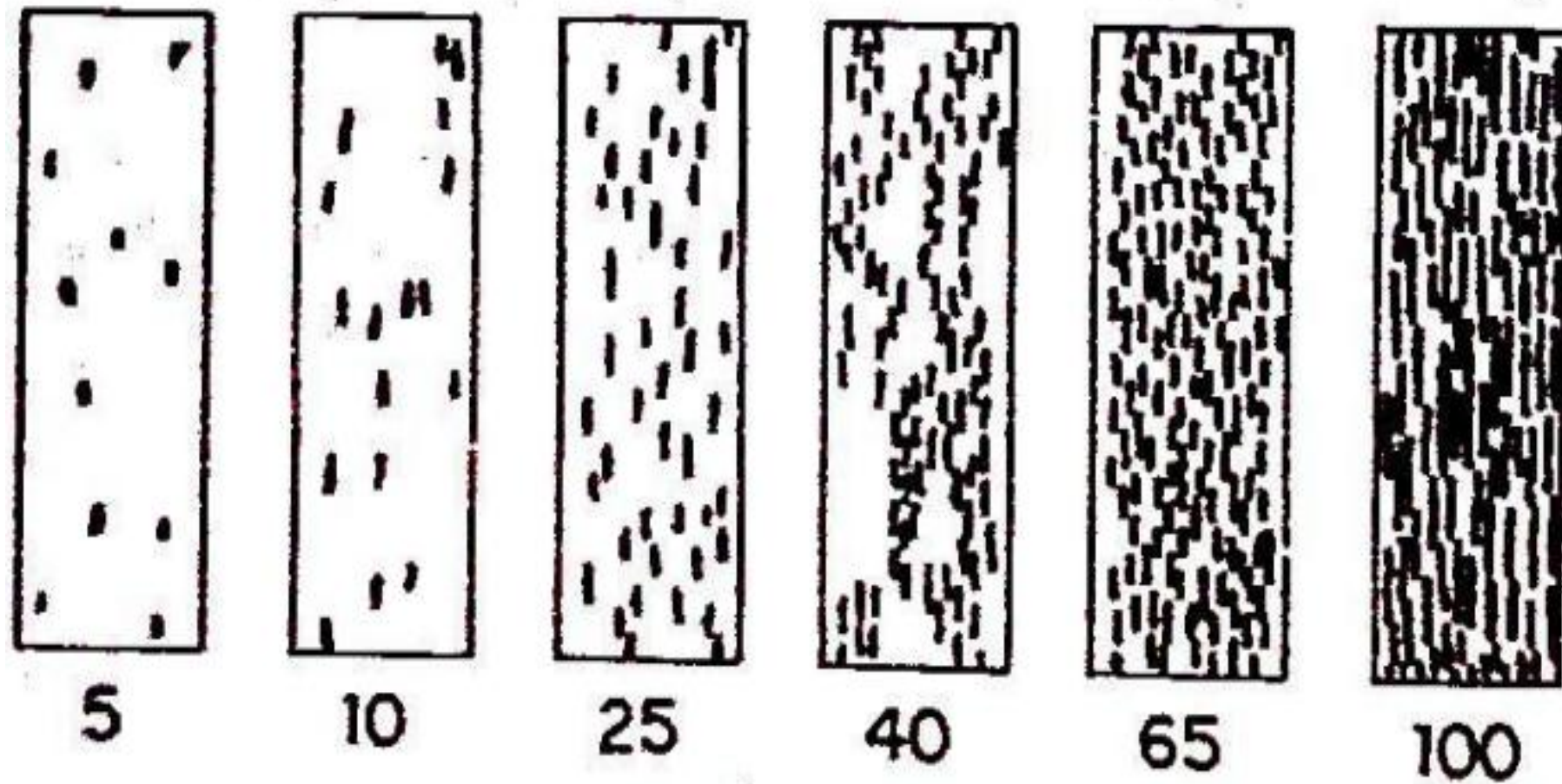


Figura 3. Escala diagramática para avaliação da severidade de ferrugem em folha (Chester, 1950).

4.4 Análises genéticas e estatísticas

4.4.1 Análise de Variância

Para analisar os resultados, foram utilizados os recursos computacionais do Programa GENES (Cruz, 2013).

A partir das características mensuradas nos 16 genitores e 40 F₁'s foi realizada a análise de variância, empregando-se o modelo genético-estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \xi_{ij}, \text{ em que;}$$

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

μ = média geral da característica;

g_i = efeito do i -ésimo genótipo;

b_j = efeito do j -ésimo bloco; e

ξ_{ij} = erro experimental médio.

A análise de variância conjunta para os ambientes em relação às características avaliadas foi realizada, considerando-se como fixos os genótipos e os ambientes, por meio do modelo genético-estatístico, conforme Hallauer e Miranda Filho (1981):

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + b_k + a_j + ga_{ij} + \xi_{ijk}, \text{ em que:}$$

Y_{ijk} = observação do k -ésimo bloco, avaliado no i -ésimo genótipos e j -ésimo ambiente;

μ = média geral do ensaio;

g_i = efeito do genótipo i ;

b_k = efeito do bloco k ;

a_j = efeito do ambiente j ;

ga_{ij} = efeito aleatório da interação entre o genótipo i e o ambiente j ; e

ξ_{ijk} = erro experimental associado à observação ijk .

4.4.2 Análise Dialélica de Kempthorne e Curnow (1961)

Foi utilizado o método de Kempthorne e Curnow (1961), fundamentados em cruzamentos dialélicos circulantes.

Para a análise genético-estatística dos resultados, utilizaram-se os recursos computacionais do Programa GENES (Cruz, 2013), empregando-se o modelo genético-estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \xi_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = média da observação associada à combinação híbrida ij ($i \neq j$) ou ao i -ésimo genitor ($i = j$);

μ = média geral;

g_i e g_j = efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) associados aos progenitores i e j ;

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação (CEC) associados aos progenitores i e j ; e

ξ_{ij} = erro experimental médio.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise de variância – 1ª e 2ª época de cultivo

A análise de variância conjunta (Tabela 3) revelou diferença significativa na interação tratamentos e ambientes para todas as características avaliadas, indicando a necessidade de desdobramento das análises. De acordo com Troyer (1996), os efeitos significativos da interação entre híbridos simples e locais são frequentemente verificados, uma vez que a estreita base genética desses híbridos permite uma resposta mais diferenciada dos locais de avaliação quando comparados aos híbridos duplos ou cultivares de base genética mais ampla.

Verificando a análise de variância conjunta (Tabela 3), observa-se, para a fonte de variação ambiente, a ausência de efeito significativo na característica VP, indicando, assim, que o desempenho dos genótipos não são suficientemente influenciados por fatores ambientais que possibilite a ocorrência de diferenças estatísticas em 1 ou 5 % de probabilidade pelo Teste F. Para a característica SFPE, observa-se a ausência de significância na fonte de variação tratamento, evidenciando a não variabilidade entre os tratamentos para a característica em questão.

Tabela 3: Análise de variância conjunta entre épocas e locais para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca.

FV	GL	Quadrados Médios					
		AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
Blocos	3	0,05	2104213,20	78,72	72,61	128,26	141,22
Tratamentos	61	0,43	6402728,70**	123,37**	5597,82**	133,43**	27,34 ^{n.s}
Ambientes	2	0,93	10267245**	769,84**	621,81 ^{n.s}	463493,06**	21101,22**
Trat x Amb	122	0,02	1799303,30**	33,78**	1346,69**	97,29**	73,70**
Resíduo	555	0,01	635460,10	13,35	572,29	37,43	26,35
Total	743	1,44	21208950,30	1019,06	8211,24	463889,47	21369,83
Média		1,78	2981,02	24,75	74,200874	26,11	4,71

AP = altura de planta; RG= rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI= severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; e ** = Significativo em nível de 0,01.

Para as características morfoagronômicas (AP, RG, CE e VP) em todas as épocas de cultivo em que foram avaliados (Tabelas 4, 5 e 6), observou-se significância para a fonte de variação tratamento ($P < 0,01$). Tal resultado denota o potencial dos genótipos para o melhoramento da cultura.

No ambiente de Campos dos Goytacazes, considerando a primeira época de cultivo, observou-se efeito significativo de tratamento para as variáveis SPI e SFPE considerando a fonte de variação tratamento (Tabela 4), revelando a variabilidade dos genótipos para as características. No ambiente de Itaocara, também na primeira época (Tabela 5), pôde-se constatar o efeito significativo apenas para a característica SPI, não havendo significância para SFPE.

Tabela 4: Análise de variância para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca. Campos dos Goytacazes, RJ - 1ª época.

FV	GL	Quadrados Médios					
		AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
Bloco	3	0,27	6648081,89	73,32	7750,59	382,17	557,61
Tratamento	61	0,1**	3723773,39**	69,91**	2965,41	84,65**	102,01**
Resíduo	183	0,01	485014,04	13,40	471,14	23,87	19,79
Total	247	0,38	10856869,32	156,63	11187,14	490,69	679,41
Média		1,72	2920,10	25,72	75,77198	90,25	18,54

AP = altura de planta; RG = peso rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; e ** = Significativo em nível de 0,01.

Tabela 5: Análise de variância para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca. Itaocara, RJ - 1ª época.

FV	GL	Quadrados Médios					
		AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
Bloco	3	0,05	1182175,52	46,66	1335,41	291,08	0,12
Tratamento	61	0,21**	2363592,28**	83,16**	3252,09**	337,94**	0,12 ^{n.s}
Resíduo	183	0,02	866342,64	10,34	690,57	115,98	0,04
Total	247	0,27	4412110,44	140,16	5278,06	745,00	0,28
Média		1,85	2814,97	25,82	74,22528	13,76	0,17

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; e ** = Significativo em nível de 0,01.

Na segunda época de cultivo, no ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 6), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para SPI e SFPE, o mesmo ocorrendo no ambiente Itaocara, na mesma época de cultivo (Tabela 7).

Tabela 6: Análise de variância para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca. Campos dos Goytacazes - RJ - 2ª época.

FV	GL	Quadrados Médios					
		AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
Bloco	3	0,04	119277,98	180,45	2700,9868	7,94	0,09
Tratamento	61	0,16**	3913969,56**	37,86**	2073,7163**	2,53 ^{N.S}	0,11 ^{N.S}
Resíduo	183	0,01	480033,37	13,10	443,23058	2,48	0,10
Total	247	0,2076	4513280,91	231,41	4817,94	12,95	0,30
Média		1,78	3207,99	22,72	72,60536	0,34	0,08

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; e ** = Significativo em nível de 0,01.

Tabela 7: Análise de variância para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca. Itaocara, RJ - 2ª época.

FV	GL	Quadrados Médios	
		SPI	SFPE
Bloco	3	0,39	0,03
Tratamento	61	0,17 ^{N.S}	0,01 ^{N.S}
Resíduo	183	0,18	0,01
Total	247	0,74	0,06
Média		0,09	0,03

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; e ** = Significativo em nível de 0,01.

5.2 Agrupamento de médias

A Tabela 8 contém as estimativas das médias para quatro características morfoagronômicas avaliadas na primeira época de cultivo nos ambientes de Campos dos Goytacazes e Itaocara, e na segunda época de cultivo em Campos dos Goytacazes.

Tabela 8 – Estimativas de médias de quatro características avaliadas em duas estações de cultivo em Campos dos Goytacazes e Itaocara, em 16 genitores, 40 híbridos e seis testemunhas de milho-pipoca, com o agrupamento por Scott-Knott, em 5 % de probabilidade.

Genótipos	Altura de plantas (m)			Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)			Capacidade de expansão (mL.g ⁻¹)			Volume de pipoca expandida (m ³ .ha ⁻¹)		
	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a
L55XL76	1,89a	2,05c	1,88a	3523,20a	2927,62a	2869,73c	26,25b	28,50b	18,50b	91,62b	83,58b	53,28b
P1XL76	1,66b	1,73d	1,74b	4412,01a	2712,22b	3483,33b	29,00a	27,75b	20,75b	127,72a	73,88b	72,35a
P1XL88	1,63c	1,82d	1,70b	3446,67a	1648,89b	2730,37c	22,50c	21,50c	21,50b	78,69b	35,70c	59,27b
L65XL76	1,72b	1,95d	1,91a	3110,17a	1924,44b	5112,22a	24,25c	26,00b	17,25b	75,55b	50,11c	87,24a
L65XL88	1,73b	1,97d	1,94a	2589,40b	1734,45b	5410,37a	17,75d	19,75d	18,25b	47,10d	34,67c	98,16a
L65XP8	1,94a	1,89d	1,88a	2456,68b	838,89b	3991,11b	26,25b	26,25b	20,25b	62,07c	21,56c	78,32a
P6XL76	1,80b	2,02c	1,85a	3805,04a	3610,00a	3640,00b	26,75b	26,25b	18,00b	101,33a	95,84b	65,98b
P6XL88	1,86a	1,93d	1,97a	4151,71a	2513,33b	2991,11c	20,50c	20,00d	19,00b	85,15b	51,72c	56,34b
P6XP8	1,72b	1,93d	1,90a	2586,88b	2573,33b	2949,63c	28,50a	27,25b	21,00b	75,25b	70,10c	61,44b
P6XL61	1,74b	1,89d	1,96a	3656,12a	3847,78a	3586,67b	25,50b	22,25c	25,50a	92,96b	85,10b	92,32a
L63XL76	1,79b	1,90d	1,78b	4468,49a	3183,33a	3376,67b	25,00b	25,25b	20,50b	110,25a	82,33b	69,23b
L63XL88	1,74b	1,80d	1,80b	3796,84a	2247,78b	3475,56b	18,50d	18,75d	21,50b	69,60c	39,97c	76,65a
L63XP8	1,89a	1,91d	1,93a	3837,67a	1870,00b	4270,00a	26,75b	26,25b	23,50a	103,39a	47,53c	101,21a
L63XL61	1,75b	1,87d	1,72b	3728,12a	1867,78b	2992,59c	23,75c	21,25c	28,00a	89,00b	43,81c	83,44a
L63XL70	1,70b	1,78d	1,79b	2514,64b	1680,00b	3188,89b	27,00b	24,25c	25,00a	67,07c	37,57c	78,86a
L54XL88	1,76b	1,92d	1,83b	3915,77a	3951,11a	3816,67b	20,50c	24,00c	19,00b	79,69b	97,25b	69,89b
L54XP8	1,83a	2,05c	1,84b	3604,98a	3248,89a	2896,67c	28,75a	31,00a	20,75b	103,40a	102,30b	59,40b
L54XL61	1,69b	1,98c	1,77b	3168,66a	4172,22a	3617,78b	25,75b	26,00b	25,75a	82,05b	112,12a	92,54a
L54XL70	1,75b	2,00c	1,96a	3779,54a	4668,89a	4715,56a	29,00a	29,75a	22,25b	108,63a	134,52a	106,13a
L54XL77	1,66b	1,98c	1,77b	3423,68a	3257,78a	3447,78b	25,75b	26,00b	22,00b	88,39b	85,36b	75,24a
P3XP8	1,73b	2,07c	1,94a	3147,97a	3226,67a	2961,48c	25,25b	27,25b	21,00b	80,39b	89,25b	64,45b

Tabela 8 Cont.

Genótipos	Altura de plantas (m)			Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)			Capacidade de expansão (mL.g ⁻¹)			Volume de pipoca expandida (m ³ .ha ⁻¹)		
	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a
P3XL61	1,76b	1,93d	1,91a	3468,64a	2593,33b	4125,56b	22,25c	22,00c	25,50a	76,85b	54,84c	105,23a
P3XL70	1,86a	1,76d	1,92a	2816,56a	3684,44a	4848,89a	25,25b	25,25b	22,25b	71,80c	94,42b	107,85a
P3XL77	1,79b	1,91d	1,85a	3134,88a	2527,78b	3715,56b	22,25c	22,00c	21,50b	70,69c	55,88c	79,71a
P3XL55	1,78b	1,91d	1,93a	2532,46b	3370,00a	3164,45b	22,75c	26,25b	20,75b	60,40c	87,67b	66,15b
P7XL61	1,75b	1,97d	1,91a	3017,95a	3248,89a	3794,07b	26,25b	24,25c	27,75a	79,34b	80,70b	102,07a
P7XL70	1,77b	2,00c	1,96a	3960,15a	3627,78a	4542,22a	29,50a	28,00b	24,50a	116,61a	100,57b	110,61a
P7XL77	1,71b	1,94d	1,91a	4044,36a	2676,67b	4052,22b	26,50b	24,50c	23,75a	107,24a	65,70c	96,39a
P7XL55	1,83a	2,16b	2,00a	2493,30b	2804,44b	3054,45c	26,50b	28,50b	23,25a	69,49c	79,97b	69,73b
P7XP1	1,60c	1,70e	1,75b	2591,05b	2715,56b	3281,48b	29,75a	28,00b	24,75a	75,10b	76,45b	81,40a
P10XL70	1,85a	2,08c	2,02a	3794,49a	3347,78a	4546,67a	30,25a	30,00a	23,75a	115,27a	100,38b	107,59a
P10XL77	1,84a	2,09c	1,96a	3091,46a	2825,56a	3722,96b	27,50b	26,50b	23,00a	86,14b	75,00b	84,95a
P10XL55	1,90a	2,32a	2,02a	2074,19b	2977,78a	2502,22c	27,75b	30,75a	22,25b	57,61c	91,17b	53,35b
P10XP1	1,72b	1,94d	1,88a	2992,18a	1868,89b	3672,59b	30,75a	30,00a	24,00a	91,33b	55,44c	87,30a
P10XL65	1,97a	2,02c	2,07a	3854,94a	3204,44a	5027,78a	26,00b	27,75b	20,75b	97,58b	88,63b	103,34a
L80XL77	1,85a	2,04c	1,90a	3402,73a	2594,45b	3423,7b	20,50c	18,25d	24,50a	71,02c	47,63c	83,18a
L80XL55	2,03a	2,07c	2,02a	2836,37a	2670,00b	2863,34c	21,25c	22,25c	23,50a	60,74c	59,75c	67,68b
L80XP1	1,85a	1,88d	1,78b	4032,24a	2501,11b	3413,33b	24,00c	21,25c	25,75a	96,29b	51,63c	87,23a
L80XL65	1,92a	2,14b	1,87a	3787,12a	2878,89a	3877,78b	19,00d	19,50d	22,25b	71,08c	55,36c	84,20a
L80XP6	1,85a	1,97d	1,83b	4240,32a	2943,33a	2948,89c	21,75c	20,00d	23,00a	92,21b	59,76c	68,02b
IAC125	1,92a	1,89d	1,86a	3216,58a	3720,42a	2442,97c	32,50a	33,75a	29,25a	106,13a	125,38a	70,65b
L70XL54	1,86a	1,9d	1,87a	3878,12a	3724,08a	3544,2b	31,00a	34,50a	27,00a	122,17a	127,80a	95,10a
L70XP1	1,78b	1,91d	1,84b	3552,27a	3723,21a	3144,08b	34,00a	32,50a	27,5a	120,69a	121,41a	94,33a
L55	1,74b	1,83d	1,79b	1261,93c	2632,57b	1708,14d	26,00b	28,50b	21,50b	34,55d	74,95b	36,74c

Tabela 8 cont.

Genótipos	Altura de plantas (m)			Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)			Capacidade de expansão (mL.g ⁻¹)			Volume de pipoca expandida (m ³ .ha ⁻¹)		
	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a
P1	1,40d	1,24g	1,32d	1491,33c	1916,55b	1470,35d	31,25a	27,00b	26,25a	47,08d	53,48c	40,48c
L65	1,65b	1,61e	1,53c	1157,37c	2042,32b	1264,07d	21,75c	23,00c	18,50b	27,06d	45,71c	23,83c
P6	1,60c	1,84d	1,82b	2484,66b	3218,19a	2690,00c	26,75b	24,25c	20,25b	69,45c	76,67b	53,89b
L63	1,45c	1,31g	1,35d	1379,68c	2346,11b	761,48d	23,50c	21,75c	23,75a	32,22d	52,09c	16,76c
L54	1,46c	1,64e	1,45c	1641,71c	2427,17b	2488,49c	26,75b	31,75a	19,75b	44,11d	79,47b	48,72b
P3	1,75b	1,90d	1,69b	2155,79b	3630,5a	3286,30b	20,00c	24,00c	19,75b	45,70d	88,35b	63,17b
P7	1,66b	1,68e	1,71b	2976,90a	2903,88a	3068,15c	28,00b	28,50b	24,00a	84,49b	81,84b	73,94a
P10	1,77b	1,84d	1,85a	2138,40b	3017,55a	1928,51d	30,00a	32,75a	22,75a	64,07c	98,06b	43,64c
L80	1,38d	1,48f	1,33d	1131,99c	1527,78b	1512,95d	16,50d	16,00d	25,00a	19,23d	23,05c	36,35c
L76	1,47c	1,49f	1,38d	1640,22c	1884,21b	1629,26d	26,75b	29,00b	15,75b	42,97d	53,83c	28,97c
L88	1,28d	1,06h	1,17d	1305,38c	2129,48b	2778,50c	14,00d	16,25d	17,50b	18,34d	35,35c	58,85b
P8	1,70b	1,84d	1,82b	2217,70b	3200,83a	2684,44c	30,75a	30,25a	21,75b	67,83c	97,54b	61,71b
L61	1,27d	1,25g	1,26d	681,82c	1792,36b	1261,47d	24,75b	20,50d	31,50a	16,17d	34,39c	41,11c
L70	1,54c	1,54f	1,65b	2132,25b	2649,31b	2542,59c	30,75a	27,00b	24,75a	65,57c	71,31c	63,07b
L77	1,57c	1,65e	1,59c	1039,79c	2289,77b	1515,18d	24,50c	20,00d	23,50a	27,98d	45,11c	33,78c
UENF14	1,73b	1,81d	1,67b	3798,02a	3674,53a	3881,85b	29,25a	33,75a	24,75a	114,10a	123,94a	96,50a
B. VIÇOSA	1,75b	1,89d	1,77b	2552,27b	4315,32a	3829,63b	30,50a	32,75a	24,50a	78,01b	142,22a	93,02a
BRS ANGELA	1,54c	1,64e	1,60c	1922,57b	2995,65a	3360,74b	32,25a	32,75a	23,25a	63,93c	94,89b	79,31a

Para a característica altura de planta (AP), na primeira época de cultivo no ambiente de Campos dos Goytacazes, houve a formação de quatro grupos para os híbridos F_{1s} , genitores e testemunhas, revelando haver variabilidade entre os tratamentos. Nota-se que apenas o híbrido L80xL55 expressou estimativa de média de altura superior a 2 m. Plantas com altura acima de 2 m não são vantajosas para a cultura no local em estudo, devido à ocorrência de fortes ventos na região (Silva, 2009), tornando as plantas ainda mais suscetíveis ao acamamento. Ainda na primeira época no ambiente de Itaocara, para essa mesma característica, houve a formação de oito grupos, com base nas estimativas de médias fenotípicas. Dentre os 40 híbridos avaliados, 14 (P10xL55, P7xL55, L80xL65, P10xL77, P10xL70, P3xP8, L80xL55, L54xP8, L55xL76, L80xL77, P10xL65, P6xL76, P7xL70 e L54xL70) apresentaram altura superior a 2 m. Silva (2009), avaliando genitores, testemunhas e híbridos oriundos de um dialelo completo no mesmo ambiente, observou a formação de três grupos para a característica altura média de plantas, sendo que somente um híbrido apresentou altura inferior a 2 m. Tal fato demonstra que os genótipos, quando avaliados neste local, tendem a apresentar altura superior quando comparados ao ambiente de Campos dos Goytacazes.

Já, na segunda época de cultivo, no ambiente de Campos dos Goytacazes, foram formados quatro grupos para altura de planta, sendo que cinco híbridos (P10xL55, P10xL70, L80xL55, P10xL65 e P7xL55) apresentaram altura superior a 2 m. Observa-se que o genitor P10 expressou grande influência na altura dos híbridos, sendo este o genitor que demonstrou maior altura média (1,85 m). Nota-se, ainda, que o híbrido L80xL55 proporcionou altura superior a 2 m nas duas épocas de cultivo no ambiente de Campos dos Goytacazes.

Para a característica PG, considerando a primeira época de cultivo no ambiente de Campos dos Goytacazes observou-se a formação de três grupos, sendo que os híbridos L63xL76 (4468,49 kg.ha⁻¹), P1xL76 (4412,01 kg.ha⁻¹), L80XP6 (4240,32 kg.ha⁻¹), P6XL88 (4151,71 kg.ha⁻¹), P7XL77 (4044,36 kg.ha⁻¹) e L80XP1 (4032, 24 kg.ha⁻¹) destacaram-se por apresentarem valores acima de 4000 kg.ha⁻¹. As testemunhas UENF 14, L70XP1, IAC 125 e Barão de Viçosa demonstraram valores inferiores, mas ainda, assim, aceitáveis pelo mercado consumidor (acima de 2000 kg.ha⁻¹). Ainda, na primeira época, mas no ambiente de Itaocara, apenas os híbridos L54xL70 e L54xL61 demonstraram valores

superiores a $4000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($4668,89 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $4172,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), respectivamente, compondo um dos três grupos formados, além da testemunha Barão de Viçosa, que deteve rendimento de grãos de $4315,32 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. A testemunha UENF 14 apresentou média inferior à dos híbridos, entretanto, seu valor foi considerável ($3798,02 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), assim como a testemunha BRS Angela, que apresentou rendimento de grãos de $2995,65 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Para a mesma característica, porém na segunda época no ambiente de Campos dos Goytacazes, houve a formação de quatro grupos de médias, sendo que os híbridos L65XL88, L65XL76 e P10XL65 apresentaram valores superiores a $5000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($5410,37 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, $5112,22 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $5027,78 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) respectivamente. Observa-se que há uma grande diversidade entre os genitores, uma vez que os valores das combinações híbridas variaram de $2502,22 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (P10XL55) a $5410,37 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (L65XL88). Além disto, pôde-se observar que o genitor L65 teve grande influência para a formação de híbridos com maiores RG, apesar de estar alocado na última classe de médias, com o valor de $1264,07 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nota-se que o valor superior manifesta-se apenas quando esta linhagem encontra-se em combinação híbrida. Os híbridos acima citados apresentaram valores superiores aos das testemunhas UENF 14, com $3881,85 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; Barão de Viçosa, com $3829,63 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e BRS Angela com $3360,74 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e dos demais híbridos avaliados (Tabela 8).

Para a característica CE, na primeira época de cultivo, no ambiente de Campos dos Goytacazes, houve a formação de quatro grupos distintos. Destacaram-se o híbrido P10xL70, com $30,75 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$. As testemunhas L70xP1, IAC 125, BRS Angela e L0xL54 apresentaram valores superiores ao do híbrido em destaque ($34 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$, $32,50 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$, $32,25 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$ e $31,00 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente), e Barão de Viçosa com valor aceitável pelo mercado consumidor ($30,50 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$).

No ambiente de Itaocara, para a mesma época de cultivo, os híbridos em destaque foram L54XP8, com $31 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$; P10xL55, com $30,75 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$; P10xP1 com $30,00 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$; e P10XL70, com $30,00 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$. Esses híbridos fizeram parte do melhor grupo de médias dos quatro formados, além da testemunha L70xL54 com $34,50 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$ e L70xP1 com $32,5 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$. As testemunhas Barão de Viçosa, BRS Angela, UENF 14 e IAC 125 também apresentaram valores de CE maiores que $30 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$.

Para a característica CE, na segunda época de cultivo para o ambiente de Campos dos Goytacazes observou-se a formação de três grupos, sendo o híbrido L63xL61 o que apresentou maior média (28 mL.g⁻¹). Apesar de apresentar o maior valor entre os híbridos, este não seria recomendado para o uso, pois apresentou CE inferior a 30 mL.g⁻¹, estando abaixo do valor aceitável, conforme literatura. Observa-se que, no geral, para este ambiente e época, as médias apresentaram valores inferiores aos da primeira época de cultivo para os dois ambientes. Uma explicação está na variação ambiental entre os locais de cultivo, assim como as condições de colheita, secagem e armazenamento dos grãos.

No se refere a volume de pipoca expandida por hectare (VP), na primeira época de cultivo em Campos dos Goytacazes, houve a formação de quatro grupos. Destacou-se o híbrido P1XL76 e as testemunhas L70xL54 e L70xP1, fazendo parte do grupo com maiores médias, com valores de e 127,72 m³.ha⁻¹, 122,17 m³.ha⁻¹ e 120,69 m³.ha⁻¹, respectivamente. Já em Itaocara, ainda na primeira época de cultivo, observou-se a formação de três grupos, destacando-se o híbrido L54XL70, com 134,52 m³.ha⁻¹. Destacaram-se também as testemunhas variedade Barão de Viçosa e o híbrido IAC 125, com 142,22 m³.ha⁻¹ e 123,94 m³.ha⁻¹, respectivamente. O híbrido em destaque (L54XL70) apresentou um dos maiores valores de RG, e com CE superior a 30 mL.ha⁻¹, assim como as testemunhas apresentaram valores elevados para as características citadas.

Em Campos dos Goytacazes, na segunda época de cultivo, destacaram-se os híbridos P7xL70, (110,61 m³.ha⁻¹), e P3xL70 (107,85 m³.ha⁻¹). Observa-se a formação de apenas três grupos de médias. A característica VP é importante por ser o volume de pipoca por unidade de cultivo uma das características de interesse ao consumidor, além da capacidade de expansão e rendimento de grãos.

Para severidade de ferrugem polissora na planta inteira (Tabela 9), observou-se para Campos dos Goytacazes, na primeira época de cultivo, a formação de quatro grupos de médias. Os menores valores médios para SPI ocorreram para os híbridos L80xL77 (80,0 %) e L80x65 (81,5 %). Para SFPE formaram-se também quatro grupos de médias, sendo que o híbrido L80xL77 conteve o menor valor médio (8,1 %). Notou-se que a linhagem genitora L80 foi a que apresentou a menor média (70%), dentre todos os tratamentos, para as duas características, permitindo concluir que esta contribuiu diretamente para que as

médias dos seus híbridos fossem baixas para as características em questão. Quando comparados com as testemunhas, os híbridos geralmente apresentaram valores inferiores a essas (Tabela 9).

Tabela 9 – Estimativas de médias de duas características de resistência à ferrugem polissora avaliadas em 16 genitores, 40 híbridos e seis testemunhas, seguidas pelo agrupamento entre médias de Scott Knott, em 5 % de probabilidade. Primeira época de cultivo Campos dos Goytacazes, RJ e Itaocara, RJ; Segunda época de cultivo Campos dos Goytacazes, RJ e Itaocara, RJ

Genótipo	SPI				SFPE			
	Campos 1ª	Itaocara 1ª	Campos 2ª	Itaocara 2ª	Campos 1ª	Itaocara 1ª	Campos 2ª	Itaocara 2ª
L55XL76	97,80a	13,50d	0,90a	0,00a	23,00a	0,20a	0,20a	0,10a
P1XL76	93,30a	7,00e	0,00a	0,00a	11,40d	0,00a	0,00a	0,00a
P1XL88	92,00a	22,60c	0,00a	0,00a	20,40b	0,40a	0,00a	0,20a
L65XL76	91,50a	14,20d	0,10a	0,10a	19,60b	0,10a	0,00a	0,00a
L65XL88	83,80b	31,00b	0,30a	0,30a	24,60a	0,50a	0,10a	0,00a
L65XP8	86,30b	25,80b	0,10a	0,80a	20,70b	0,40a	0,00a	0,10a
P6XL76	90,50a	18,80c	0,00a	0,00a	17,60b	0,20a	0,10a	0,00a
P6XL88	96,30a	21,60c	0,00a	0,30a	25,30a	0,40a	0,50a	0,10a
P6XP8	93,00a	27,30b	0,00a	0,00a	23,50a	0,50a	0,10a	0,10a
P6XL61	86,80b	17,80c	0,00a	0,30a	14,40c	0,20a	0,00a	0,10a
L63XL76	94,50a	14,50d	0,00a	0,00a	14,10c	0,10a	0,00a	0,00a
L63XL88	93,50a	17,60c	0,00a	0,10a	18,70b	0,20a	0,00a	0,00a
L63XP8	92,30a	13,50d	0,00a	0,00a	19,50b	0,10a	0,00a	0,00a
L63XL61	94,50a	5,80e	0,00a	0,00a	14,90c	0,00a	0,00a	0,00a
L63XL70	93,80a	8,70d	0,00a	0,00a	10,20d	0,10a	0,00a	0,00a
L54XL88	94,30a	20,30c	0,00a	0,00a	25,20a	0,40a	0,10a	0,20a
L54XP8	93,80a	26,90b	0,00a	0,30a	24,00a	0,40a	0,00a	0,00a
L54XL61	92,30a	20,80c	0,00a	0,00a	16,50c	0,20a	0,00a	0,10a
L54XL70	89,50b	16,30c	0,30a	0,00a	17,20b	0,20a	0,00a	0,00a
L54XL77	88,50b	9,30d	0,00a	0,00a	16,20c	0,10a	0,00a	0,00a
P3XP8	92,00a	12,50d	0,00a	0,10a	24,10a	0,20a	0,00a	0,30a
P3XL61	88,00b	26,10b	0,00a	0,00a	14,90c	0,40a	0,00a	0,10a

Tabela 9 Cont.

Genótipo	SPI				SFPE			
	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Itaocara 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Itaocara 2 ^a
P3XL70	91,00a	7,30e	0,00a	0,90a	17,60b	0,10a	0,00a	0,00a
P3XL77	95,00a	12,00d	0,00a	0,00a	22,70a	0,20a	0,00a	0,00a
P3XL55	98,00a	13,50d	0,80a	0,30a	25,40a	0,10a	0,00a	0,00a
P7XL61	88,00b	10,80d	0,10a	0,00a	18,30b	0,20a	0,00a	0,00a
P7XL70	88,30b	6,10e	0,00a	0,10a	18,80b	0,10a	0,00a	0,00a
P7XL77	88,3b	25,80b	0,00a	0,00a	17,60b	0,60a	0,10a	0,00a
P7XL55	96,80a	40,60a	1,40a	0,30a	24,10a	0,60a	0,20a	0,00a
P7XP1	91,50a	26,50b	0,00a	0,00a	18,80b	0,40a	0,00a	0,00a
P10XL70	94,00a	17,20c	1,70a	0,00a	18,30b	0,30a	0,40a	0,00a
P10XL77	94,00a	20,00c	0,00a	0,00a	25,50a	0,30a	0,10a	0,00a
P10XL55	90,00a	34,10a	2,70a	0,10a	26,50a	0,80a	0,90a	0,10a
P10XP1	91,50a	22,30c	0,00a	0,00a	19,70b	0,20a	0,00a	0,00a
P10XL65	89,00b	21,00c	0,60a	0,10a	20,20b	0,30a	0,40a	0,00a
L80XL77	80,00c	7,80e	0,00a	0,00a	8,10d	0,00a	0,00a	0,00a
L80XL55	90,00a	3,70e	0,00a	0,00a	20,00b	0,00a	0,00a	0,00a
L80XP1	84,00b	5,50e	0,00a	0,00a	13,10c	0,00a	0,00a	0,00a
L80XL65	81,50c	12,00d	0,00a	0,00a	11,50d	0,10a	0,00a	0,00a
L80XP6	88,90b	7,50e	0,00a	0,00a	20,00b	0,10a	0,00a	0,00a
IAC125	90,30a	26,80b	0,10a	0,30a	22,20a	0,30a	0,10a	0,00a
L70XL54	93,80a	15,50d	0,00a	1,10a	15,50c	0,20a	0,00a	0,10a
L70XP1	88,80b	8,50d	0,00a	0,00a	8,70d	0,10a	0,00a	0,00a
L55	93,30a	7,30e	4,50a	0,00a	26,60a	0,10a	0,40a	0,00a
P1	90,30a	9,50d	0,00a	0,00a	18,60b	0,00a	0,00a	0,00a

Tabela 9 Cont.

Genótipo	SPI				SFPE			
	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Itaocara 2 ^a	Campos 1 ^a	Itaocara 1 ^a	Campos 2 ^a	Itaocara 2 ^a
L65	88,80b	1,30e	0,00a	0,00a	14,20c	0,00a	0,00a	0,00a
P6	92,50a	12,00d	0,00a	0,00a	22,20a	0,20a	0,00a	0,00a
L63	93,00a	1,00e	0,00a	0,00a	9,20d	0,00a	0,00a	0,00a
L54	90,30a	15,30d	0,00a	0,00a	20,70b	0,20a	0,00a	0,00a
P3	93,80a	17,90c	1,50a	0,00a	23,00a	0,20a	0,00a	0,00a
P7	89,00b	4,80e	1,40a	0,00a	19,60b	0,00a	0,10a	0,00a
P10	88,00b	9,50d	0,30a	0,00a	24,50a	0,10a	0,00a	0,00a
L80	70,00d	0,00e	0,00a	0,00a	6,80d	0,00a	0,00a	0,00a
L76	85,20b	0,40e	0,30a	0,00a	6,90d	0,00a	0,00a	0,00a
L88	85,00b	11,50d	0,00a	0,00a	22,80a	0,10a	0,00a	0,00a
P8	93,80a	4,60e	2,30a	0,30a	23,70a	0,10a	0,60a	0,00a
L61	90,50a	3,30e	0,40a	0,00a	17,50b	0,10a	0,00a	0,00a
L70	95,00a	6,00e	0,60a	0,00a	19,10b	0,00a	0,30a	0,00a
L77	87,30b	2,30e	0,00a	0,00a	16,60c	0,00a	0,00a	0,00a
UENF14	86,80b	2,10e	0,00a	0,00a	13,70c	0,00a	0,00a	0,00a
B. VIÇOSA	86,00b	5,40e	0,00a	0,00a	19,30b	0,00a	0,30a	0,10a
BRS ANGELA	86,80b	3,30e	1,10a	0,00a	16,60c	0,00a	0,00a	0,00a

No entanto, em Itaocara, ainda na primeira época de cultivo, houve a formação de cinco grupos de médias para SPI, tendo o híbrido L80xL55 o maior valor médio para a característica (3,7 %). Além disso, pôde-se observar que as testemunhas UENF 14 e BRS Angela apresentaram menores valores médios para esta característica (2,1 e 3,3 %, respectivamente). Para SFPE, os valores de médias para todos os tratamentos foram de baixa magnitude, variando de 0% a 0,8 %, compondo, assim, um único grupo de média formado. As testemunhas avaliadas não apresentaram sintomas de ferrugem polissora.

Na segunda época de cultivo, em Campos dos Goytacazes, para a característica SPI, nota-se que a maioria dos tratamentos (\cong 67 %) deteve média igual a 0 %, sendo que, dos tratamentos que expressaram médias positivas (\cong 33 %), a maior média foi proporcionada pela linhagem L55 (4,50%) (Tabela 9). Para SFPE, verifica-se que as médias variaram de 0 % a 0,9 %, compondo o único grupo de médias formado, sendo que aproximadamente 71 % dos tratamentos apresentaram médias iguais a 0 % (Tabela 9). Com isso, pode-se afirmar que a época de cultivo teve grande influência nos valores de médias, uma vez que para o mesmo local, na primeira época, os valores de média foram superiores a 70 % para SPI e 26,6 % para SFPE.

Quando se verifica a SPI em Itaocara, na segunda época de cultivo, observa-se que houve a formação de apenas um grupo de médias e que aproximadamente 69 % destas foram iguais a 0 % e, que o maior valor foi atribuído à testemunha L70xL54, com 1,1 %. Para SFPE houve a formação de apenas um grupo e, aproximadamente, 79 % das médias foram iguais a 0 % (Tabela 9).

5.3 Análise de Variância para Capacidade de Combinação - 1ª época de cultivo

Observou-se significância em 1 %, tanto no ambiente de Campos dos Goytacazes quanto no ambiente de Itaocara para CGC, em todas as características avaliadas (Tabelas 10 e 11). Essas são as características de maior importância para o melhoramento da cultura do milho-pipoca, e as significâncias expressam a existência de variabilidade no grupo de genitores e híbridos, o que é

importante para a seleção de genitores e, ou de segregantes superiores em gerações avançadas.

Tabela 10 - Estimativas dos quadrados médios de genótipos de milho-pipoca (genitores e F_{1s}), das capacidades geral e específica de combinação (CGC e CEC) e do resíduo, e média dos quadrados dos efeitos da capacidade combinatória para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência a ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante. Campos dos Goytacazes, RJ (1ª época de cultivo).

FV	GL	Quadrados Médios					
		AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
TRATAMENTOS	55	0,10**	388698548,98**	59,89**	2771,89**	89,63**	102,19**
C.G.C.	15	0,12**	1743352,60*	219,44**	2923,34**	220,98**	298,43**
C.E.C.	40	0,10**	4690847,85**	0,0016 ^{n.s}	2715,08**	40,38**	28,59 ^{n.s}
RESÍDUO	165	0,01	492600,59	13,03	434,70	24,89	20,49
Médias dos quadrados dos efeitos							
C.G.C		0	52114,67	8,60	103,69	8,17	11,58
C.E.C		0,02	1049561,8	-3,26	570,10	3,87	2,03

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; e ** = Significativo em nível de 0,01.

Tabela 11 - Estimativas dos quadrados médios de genótipos de milho-pipoca (genitores e F_{1s}), das capacidades geral e específica de combinação (CGC e CEC) e do resíduo, e média dos quadrados dos efeitos da capacidade combinatória para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência a ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante, Itaocara, RJ (1ª época de cultivo).

FV	GL	Quadrados Médios					
		AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
TRATAMENTOS	55	0,23**	2185915,64**	64,76**	2389,44**	336,71**	0,13**
C.G.C.	15	0,27**	3646176,64**	237,34**	5738,05**	397,38**	0,13**
C.E.C.	40	0,28**	1638317,76**	0,00679 ^{n.s}	1133,71**	313,96**	0,12**
RESÍDUO	165	0,02	8539489458,00	10,19	650,47	112,29	0,04
Médias dos quadrados dos efeitos							
C.G.C		0,01	116342,82	9,46	211,98	11,88	0,00
C.E.C		0,05	196092,2	-2,54	120,81	50,42	0,02

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; ** = Significativo em nível de 0,01.

Freitas Junior et al. (2006), avaliando um dialelo circulante entre variedades de milho-pipoca, observaram que houve significância em 5 % e 1 % para altura de planta, rendimento de grãos e capacidade de expansão, o que denota a existência de variabilidade, resultante da ação de efeitos aditivos e não-aditivos no controle da expressão gênica.

Com relação à CEC, nota-se que não houve efeito significativo para CE e SFPE em Campos dos Goytacazes e em Itaocara; e para CE, no ambiente de Campos dos Goytacazes.

Vieira et al. (2011), avaliando a capacidade combinatória de linhagens de milho-pipoca por meio de dialelo circulante verificaram que não houve efeito significativo de CEC para capacidade de expansão e SFPE, assumindo, assim, que os efeitos de genes aditivos são importantes para a expressão dessas características.

Com relação à média dos quadrados dos efeitos, verifica-se que os valores da CGC foram superiores aos de CEC para as características CE, SPI e SFPE, em Campos dos Goytacazes (Tabela 10), revelando a importância do efeito aditivo para estas características, donde se conclui que a melhor alternativa para a obtenção de ganhos por seleção é a utilização dos genitores em programas de melhoramento intrapopulacionais (Cruz et al., 2004). Por sua vez, em Itaocara, houve maior importância dos efeitos aditivos para as características CE e VP (Tabela 11). Para as demais características, as estimativas das médias dos quadrados dos efeitos genéticos não-aditivos foram superiores aos efeitos aditivos, indicando que o melhoramento por hibridações, com o objetivo de aproveitar o efeito heterótico, é a melhor alternativa para proporcionar ganhos superiores (Silva, 2009).

Freitas Junior et al. (2006), avaliando um dialelo circulante entre variedades de milho-pipoca, obtiveram estimativas de valores de CGC inferiores aos de CEC, exceto para a característica capacidade de expansão, concluindo que há supremacia da aditividade na expressão desta característica. Corroborando com os resultados obtidos pelos autores anteriores, Silva (2009), ao avaliar um esquema de dialelo completo tendo linhagens como genitores, também observou que houve superioridade nos valores de CGC para CE.

Vieira (2011) encontrou valores de CGC superiores aos de CEC para CE e resistência parcial a ferrugem polissora, indicando que os genes aditivos são predominantes.

5.4 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Geral de Combinação - 1ª época de cultivo

Para a característica AP sobressaíram-se as linhagens L61, P1, L88, L76, L54, L77, L70 e L63, por revelarem as menores magnitudes de \hat{g}_i em Campos dos Goytacazes. Trata-se de linhagens de interesse em programas de melhoramento, uma vez que para a característica em questão, plantas com portes menores são importantes devido aos fortes ventos que ocorrem na região (Tabela 12).

Tabela 12 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca, Campos dos Goytacazes, RJ (1ª época de cultivo).

Genitores	Características avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L55	0,08	-576,22	0,26	-13,70	3,76	4,91
P1	-0,09	-75,78	3,14	4,38	1,12	-1,02
L65	0,06	-293,13	-1,63	-12,08	-1,60	-0,77
P6	0,03	342,00	0,85	9,77	1,88	2,02
L63	-0,01	97,91	-0,89	-1,10	2,42	-3,89
L54	-0,03	163,57	0,91	5,83	0,72	0,76
P3	0,04	31,73	-2,53	-5,13	1,62	1,73
P7	0,01	327,78	1,55	13,38	-0,72	0,64
P10	0,08	105,85	2,51	9,19	-0,23	2,99
L80	0,02	122,73	-4,27	-7,20	-8,11	-5,50
L76	-0,03	315,42	0,78	10,39	-0,28	-3,73
L88	-0,08	1,19	-5,57	-13,50	-0,85	3,44
P8	0,04	-59,81	2,72	5,69	0,77	3,05
L61	-0,09	-313,96	-0,34	-9,09	-0,92	-2,11
L70	-0,01	15,25	2,81	8,53	1,09	-1,51
L77	-0,02	-204,53	-0,30	-5,36	-0,65	-1,01

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP= volume de pipoca por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

Corroborando com o resultado obtido em Campos dos Goytacazes, as linhagens P1, L88, L61, L63, L70 e L76 apresentaram as menores magnitudes de estimativas de \hat{g}_i para AP no ambiente de Itaocara (Tabela 13).

Tabela 13 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência a ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca, Itaocara, RJ (1ª época de cultivo).

Genitores	Características avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L55	0,11	29,84	1,78	4,90	2,61	0,06
P1	-0,16	-417,33	1,03	-9,16	0,49	-0,03
L65	0,03	-437,42	-1,06	-14,75	1,08	0,01
P6	0,08	407,74	-0,48	7,36	2,94	0,06
L63	-0,09	-348,86	-1,66	-13,14	-3,51	-0,08
L54	0,06	629,98	3,42	25,88	3,25	0,04
P3	0,05	429,91	-0,50	8,85	1,49	0,01
P7	0,04	258,90	1,82	11,14	2,93	0,06
P10	0,14	224,74	3,90	16,23	4,17	0,09
L80	0,01	-196,86	-4,55	-15,47	-7,44	-0,13
L76	-0,03	-17,20	1,90	3,88	-3,75	-0,08
L88	-0,14	-280,72	-4,42	-16,61	3,65	0,07
P8	0,05	-174,31	2,56	3,15	1,22	0,04
L61	-0,10	-123,31	-2,27	-8,67	-2,05	-0,04
L70	-0,05	229,55	0,98	8,65	-4,41	-0,06
L77	0,00	-214,64	-2,45	-12,24	-2,66	-0,03

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira e; SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

Avaliando rendimento de grãos (RG), nota-se que as linhagens P6, P7, L76, L54, L80, P10 e L63 apresentaram as maiores magnitudes de \hat{g}_i . Linhagens com elevada capacidade geral de combinação para esta característica apresentam importância aos programas de melhoramento quando associadas à alta capacidade de expansão, pois atenderiam aos interesses dos produtores e dos consumidores (Tabela 12).

Para a mesma característica (RG) no ambiente de Itaocara, destacam-se as linhagens L54, P3, P6, P7, L70 e P10 que apresentaram as maiores estimativas de \hat{g}_i (Tabela 8). As linhagens P6, L54, P7 e P10 também se

destacaram no ambiente de Campos dos Goytacazes para a mesma época de cultivo (Tabela 12).

As estimativas dos efeitos de \hat{g}_i para CE permitiram identificar que as linhagens P1, L70, P8 e P10 foram as que se revelaram mais interessantes por apresentarem as maiores magnitudes positivas de \hat{g}_i no ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 12). Já no ambiente de Itaocara, as linhagens em destaque foram P10, L54 e P8 (Tabela 13).

Dentre estas linhagens, P10 apresentou valor elevado de \hat{g}_i também no ambiente de Itaocara, para a mesma época de cultivo (Tabela 13). Por se tratarem de características correlacionadas negativamente, é comum obterem-se linhagens que apresentem elevados valores de CGC para RG e baixos valores de CGC para CE (ou vice-versa), entretanto, quando se observa o local e época em questão, nota-se que esta linhagem apresentou valores elevados para ambas as características, tornando-as de grande valor para o futuro de programa.

O volume de pipoca (VP) está diretamente relacionado às características RG e CE. Desta forma, os genitores que apresentaram maior magnitude para esta característica foram as linhagens P7 e L76, sendo que a linhagem P7 também revelou uma estimativa altamente elevada de \hat{g}_i para RG e CE, assim como a linhagem L76 apresentou uma das maiores médias de RG (Tabela 12) em Campos dos Goytacazes.

Para a mesma característica (VP), mas no ambiente de Itaocara, observa-se que L54, P10 e P7 foram as que se revelaram mais interessantes por apresentarem as maiores magnitudes positivas de \hat{g}_i . Além disso, apresentaram, também, valores elevados de RG e CE (Tabela 13).

Para as características relacionadas à doença (SPI e SFPE), observa-se que apenas as linhagens L80, L61, L77, L65 e L76 apresentaram valores baixos e negativos para ambas as características, no ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 12). No ambiente de Itaocara, as linhagens L80, L63, L70, L76, L61 e L77 apresentaram os menores valores negativos, tanto para SPI quanto para SFPE (Tabela 13).

5.5 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Específica de Combinação - 1ª época de cultivo

Considerando-se a característica altura de planta no ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 14), observa-se que todas as linhagens detiveram valores negativos de $\hat{\sigma}_{ii}$, de forma idêntica ao ambiente de Itaocara (Tabela 15), denotando a existência de desvios de dominância positivos na expressão da característica.

Tabela 14 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ($\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$) para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca, Campos dos Goytacazes, RJ (1ª época de cultivo).

Efeitos ($\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$)	Características Avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L55XL55	-0,15	-480,75	0,0243	-11,14	-4,68	-2,09
P1XP1	-0,15	-1252,2	-0,0003	-34,77	-2,4	1,77
L65XL65	-0,18	-1151,5	-0,007	-21,88	1,62	-3,05
P6XP6	-0,18	-1094,5	-0,0061	-23,17	-1,67	-0,68
L63XL63	-0,25	-1711,3	-0,0032	-38,67	-2,26	-1,8
L54XL54	-0,20	-1580,5	-0,0026	-40,64	-1,59	0,34
P3XP3	-0,05	-802,78	-0,0021	-17,13	0,10	0,68
L80XL80	-0,37	-2008,6	0,0018	-39,45	-4,19	-0,99
L76XL76	-0,18	-1885,7	-0,0003	-50,9	-4,64	-4,45
P8XP8	-0,10	-557,79	-0,0037	-16,65	1,80	-1,27
L70XL70	-0,15	-793,36	-0,0045	-24,57	2,41	3,33
P7XP7	-0,08	-573,78	-0,003	-15,35	0,04	-0,5
P10XP10	-0,12	-968,42	0,0064	-27,39	-1,95	-0,29
L88XL88	-0,28	-1592,1	0,0243	-27,75	-3,71	-2,87
L61XL61	-0,26	-1585,4	-0,0095	-38,73	1,93	2,9
L77XL77	-0,11	-1446,3	0,0005	-34,39	-1,85	-0,22
L55XP7	0,02	-153,38	-0,0095	-3,28	3,30	-0,32
L55XL80	0,21	394,74	0,0005	8,55	3,94	1,78
P1XP10	0,00	66,99	-0,0105	4,67	0,20	-1,08
P1XL76	0,06	1277,25	0,028	39,86	2,00	-2,72
L65XL80	0,13	1062,40	-0,004	17,27	0,80	-1,02
L65XL88	0,03	-13,78	0,0025	-0,41	-4,21	3,07
P6XL76	0,08	252,51	0,0012	8,08	-1,5	0,49
P6XP8	-0,07	-590,42	-0,0012	-13,3	-0,06	-0,44
L63XL88	0,11	802,61	-0,0049	11,11	1,52	0,31
L63XL61	0,13	1049,05	0,0035	26,1	2,59	2,11

Tabela 14 Cont.

Efeitos (\hat{S}_{ij} e \hat{s}_{ij})	Características Avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L54XP8	0,10	606,11	0,0023	18,78	1,86	1,35
L54XL70	0,07	705,61	0,0024	21,18	-2,72	-0,84
P3XL61	0,09	855,76	-0,002	17,98	-3,11	-3,53
P3XL77	0,05	412,57	-0,0064	8,09	3,62	3,19
P7XL61	0,12	109,02	0,0051	1,97	-0,77	0,95
P7XL77	0,00	1025,99	-0,0635	26,14	-0,78	-0,82
P10XL70	0,06	778,28	-0,001	24,47	2,73	-2,01
L55XP3	-0,07	181,83	-0,003	6,14	2,21	-0,05
L55XP10	0,01	-350,56	0,0285	-10,97	-3,94	-0,19
L55XL76	0,12	888,88	-0,0066	21,84	3,86	2,96
P1XP7	-0,04	-556,07	0,00	-15,74	0,69	0,31
P1XL80	0,2	1090,17	-0,0007	26,02	0,58	0,78
P1XL88	0,08	626,13	0,0007	14,72	1,32	-0,82
L65XP10	0,11	1147,1	0,0212	27,38	0,43	-0,85
L65XL76	-0,02	192,77	-0,0038	4,15	2,98	5,26
L65XP8	0,12	-85,5	-0,0058	-4,64	-3,25	-0,37
P6XL80	0,08	880,47	0,0051	16,56	4,7	4,67
P6XL88	0,19	913,4	-0,0035	15,8	4,81	1,02
P6XL61	0,08	732,97	0,0005	19,2	-4,62	-4,38
L63XL76	0,11	1160,04	0,0058	27,87	1,95	2,91
L63XP8	0,14	904,45	0,0038	25,71	-1,35	1,48
L63XL70	0,00	-493,64	-0,0007	-13,45	-0,18	-3,21
L54XL88	0,15	855,89	0,002	14,27	3,97	2,16
L54XL61	0,09	423,94	-0,004	12,22	2,04	-0,94
L54XL77	-0,01	569,53	0,0035	14,83	-1,97	-2,41
P3XP8	-0,07	280,94	0,0016	6,74	-0,8	0,51
P3XL70	0,11	-125,53	0,0005	-4,69	-2,12	-1,48
P7XL70	0,06	722	0,025	21,62	-2,53	0,88
P10XL77	0,05	295,03	0,0024	9,23	4,48	4,71
L80XL77	0,13	589,41	-0,0064	10,5	-1,64	-4,23

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP= volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira e; SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

Tabela 15 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca, Itaocara, RJ (1ª época de cultivo).

Efeitos (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij})	Características Avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L55XL55	-0,25	-148,1	-0,0001	-3,89	-12,1	-0,26
P1XP1	-0,3	30,23	0,0044	2,75	-5,62	-0,1
L65XL65	-0,29	196,18	0,0117	6,16	-15,04	-0,18
P6XP6	-0,16	-318,28	0,0086	-7,1	-7,98	-0,08
L63XL63	-0,36	322,86	-0,1939	9,34	-6,12	-0,01
L54XL54	-0,32	-1553,8	0,0082	-41,33	-5,38	-0,07
P3XP3	-0,04	49,69	0,008	1,6	0,78	0
L80XL80	-0,38	-799,48	-0,0001	-15,06	0,74	0,08
L76XL76	-0,3	-802,37	-0,0245	-22,96	-6,24	-0,02
P8XP8	-0,11	828,47	-0,0258	22,21	-11,96	-0,19
L70XL70	-0,21	-530,78	-0,0178	-15,03	0,71	-0,03
P7XP7	-0,25	-334,9	0,0102	-9,49	-15,24	-0,31
P10XP10	-0,29	-152,91	-0,0027	-3,43	-12,97	-0,26
L88XL88	-0,5	-30,07	-0,0221	-0,47	-9,98	-0,25
L61XL61	-0,39	-681,99	-0,0246	-17,31	-6,79	-0,06
L77XL77	-0,2	-1,93	-0,0037	0,54	-6,56	-0,1
L55XP7	0,15	-205,29	0	-5,12	20,88	0,32
L55XL80	0,1	116,03	-0,0001	1,27	-5,65	-0,12
P1XP10	0,11	-659,5	0,0058	-20,67	3,45	-0,02
P1XL76	0,07	425,77	-0,0051	10,12	-3,85	-0,05
L65XL80	0,26	792,19	-0,0042	16,53	4,23	0,01
L65XL88	0,24	-268,39	-0,0102	-3,02	12,17	0,24
P6XL76	0,13	498,48	-0,003	15,56	5,45	0,06
P6XP8	-0,05	-381,08	-0,0086	-9,45	9,01	0,17
L63XL88	0,18	156,38	0,077	0,68	3,3	-0,02
L63XL61	0,21	-381,02	0,0808	-3,42	-2,83	-0,06
L54XP8	0,09	72,24	-0,0038	4,23	8,25	0,13
L54XL70	0,14	1088,38	-0,0098	30,95	3,28	0,01
P3XL61	0,14	-434,25	-0,0083	-14,38	12,47	0,24
P3XL77	0,01	-408,47	0,0021	-9,78	-0,99	-0,01
P7XL61	0,18	392,32	-0,0122	9,19	-4,26	-0,06
P7XL77	0,05	-88,57	-0,0018	-2,25	11,42	0,34
P10XL70	0,14	172,51	-0,0152	6,46	3,28	0,07
L55XP3	-0,1	189,26	0,0039	4,87	-4,78	-0,18
L55XP10	0,22	2,21	0,0036	1	13,21	0,49
L55XL76	0,12	193,99	-0,0073	5,76	0,53	0,01

Tabela 15 Cont.

Efeitos ($\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$)	Características Avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
P1XP7	-0,04	153,01	0,0023	5,42	8,97	0,13
P1XL80	0,18	394,32	0,0021	7,21	-1,69	0
P1XL88	0,27	-374,04	-0,0139	-7,58	4,35	0,15
L65XP10	0,01	696,14	0,0095	18,11	1,62	-0,03
L65XL76	0,11	-341,92	-0,0114	-8,06	2,71	-0,01
L65XP8	-0,04	-1270,4	-0,0071	-35,88	9,34	0,14
P6XL80	0,04	11,47	0,0042	-1,18	-2,13	-0,06
P6XL88	0,15	-334,68	-0,0018	-8,08	0,88	0,03
P6XL61	0,07	842,37	-0,008	17,36	2,75	-0,03
L63XL76	0,17	828,41	0,0758	22,56	7,62	0,03
L63XP8	0,1	-327,81	0,0801	-11,51	1,67	-0,01
L63XL70	0,07	-921,67	0,0742	-26,98	2,48	0,09
L54XL88	0,16	880,87	-0,0069	18,94	-0,75	0,1
L54XL61	0,18	944,58	-0,0032	25,87	5,44	0,03
L54XL77	0,07	121,46	0,0072	2,68	-5,47	-0,15
P3XP8	0,12	250,08	-0,0089	8,21	-4,35	-0,06
P3XL70	-0,09	303,99	-0,0049	7,88	-3,92	0
P7XL70	0,16	418,34	-0,0088	11,74	-6,53	-0,11
P10XL77	0,1	94,48	0,0018	1,97	4,38	0,01
L80XL77	0,18	284,97	-0,0019	6,29	3,77	0

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP= volume de pipoca expandida por hectare; SPI severidade de ferrugem polissora na planta inteira e; SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

De forma análoga, a característica rendimento de grãos também expressou valores negativos para todas as linhagens no ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 14). Entretanto, no ambiente de Itaocara as linhagens P1, P8, L65, L63 e P3 apresentaram valores de $\hat{\sigma}_{ii}$ positivos para a característica (Tabela 10), tendendo a proporcionarem desvios de dominância bidirecional.

Para CE, as linhagens L55, L80, P10, L88 e L77 apresentaram valores positivos de $\hat{\sigma}_{ii}$ no ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 14) e em Itaocara as linhagens P1, L65, P6, L54, P3 e P7, também, expressaram-se positivamente para tal estimador (Tabela 15). Viana e Matta (2003) e Scapim et al. (2006) demonstraram que pode haver bidirecionalidade de dominância para CE. Entretanto, Silva (2009) ao avaliar um dialelo completo oriundo de linhagens,

encontrou valores positivos de $\hat{\sigma}_{ij}$ para todas estas, indicando que houve ocorrência de dominância unidirecional para capacidade de expansão.

Em se tratando de volume de pipoca (VP), todas as linhagens apresentaram valores negativos de $\hat{\sigma}_{ij}$ (Tabela 14), no ambiente de Campos dos Goytacazes. Em contrapartida, no ambiente de Itaocara, as linhagens P1, L65, L63, P3, P8 e L77 demonstraram valores positivos (Tabela 15), para a característica em questão, indicando que houve ocorrência de desvios de dominância bidirecional para a característica em questão.

Para severidade de ferrugem polissora na planta inteira (SPI), apenas as linhagens L65, P3, P8, L70, L61 e P7 apresentaram valores positivos de $\hat{\sigma}_{ij}$ no ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 14), enquanto que em Itaocara (Tabela 15), as linhagens P3, L80 e L70 demonstraram valores de $\hat{\sigma}_{ij}$ positivos. Para severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga (SFPE), as linhagens P1, L54, P3, L70 e L61 revelaram valores positivos de $\hat{\sigma}_{ij}$ em Campos dos Goytacazes (Tabela 14) e em Itaocara (Tabela 15), apenas as linhagens P3 e L80 demonstraram valores positivos de $\hat{\sigma}_{ij}$. Os valores indicam que para ambas as características (SPI e SFPE), houve a ocorrência de dominância bidirecional.

Cruz et al. (2004) afirmam que as estimativas dos valores de $\hat{\sigma}_{ij}$ e $\hat{\sigma}_{ii}$ *per se* não são suficientes para inferir sobre as melhores combinações. Portanto, faz-se necessário averiguar as estimativas dos valores de $\hat{\sigma}_i$ dos genitores, que deve ser favorável para pelo menos um dos genitores.

Por conseguinte, com base na Tabela 14, vê-se que as combinações P1xP7, P3xP8, P6xP8 e L55xP3 foram inferiores para altura de planta, pois revelaram os menores valores de $\hat{\sigma}_{ij}$. Observa-se que nenhum dos genitores apresentou valores negativos de $\hat{\sigma}_i$ (Tabela 12). Já, no ambiente de Itaocara (Tabela 15), as combinações L55xP3 e P3xL70 revelaram os menores valores de $\hat{\sigma}_{ij}$. Dentre estas, somente L70 apresentou valor negativo de $\hat{\sigma}_i$ (Tabela 13).

No que se refere à RG no ambiente de Campos dos Goytacazes, as combinações que apresentaram os maiores valores de $\hat{\sigma}_{ij}$ foram P1xL76, L63xL76, L65xP10, P1xL80, L65xL80, L63xL61 e P7xL77 (Tabela 14). Todas as combinações possuem pelo menos um genitor com valor de $\hat{\sigma}_i$ elevado (Tabela 12). No ambiente de Itaocara, as combinações L54xL70 e L54xL61 apresentaram os maiores valores de CEC (Tabela 15), corroborando com o resultado de $\hat{\sigma}_i$ da linhagem L54 (Tabela 13), que foi um dos valores mais elevados.

Para CE, observa-se que as combinações L55xP10, P1xL76 e P7xL70 apresentaram os maiores valores de CEC em Campos dos Goytacazes (Tabela 14). Nota-se que para todas as combinações, pelo menos um dos genitores apresentou valor elevado de \hat{g}_i (Tabela 12), indicando que as combinações híbridas já eram esperadas com base na CGC dos genitores. No ambiente de Itaocara, as melhores combinações foram L63xL61, L63xP8, L63xL88, L63xL76 e L63xL70 (Tabela 15), sendo que apenas a linhagem P8 apresentou valor elevado de \hat{g}_i (Tabela 13). Nota-se que a linhagem L63 contribuiu para os melhores híbridos.

Considerando-se a característica VP em Campos dos Goytacazes (Tabela 14), nota-se que as combinações que obtiveram os maiores valores foram P1xL76, L63xL76 e L65xP10, que também apresentaram os maiores valores de CGC para RG, uma vez que as características estão interligadas. Destas combinações, os genitores L76 e P10 apresentam valores elevados de \hat{g}_i (Tabela 12), sendo esperado que combinações híbridas oriundas deste cruzamento apresentassem alta CEC. Já no ambiente de Itaocara, as melhores combinações foram L54xL70 e L54xL61 (Tabela 15), sendo que em ambos os casos, pelo menos um dos genitores apresentou valor elevado de CGC (Tabela 13).

Para SPI, os híbridos que se mostraram promissores no ambiente de Campos dos Goytacazes foram P6xL61 e L65xL88 (Tabela 14), sendo o último já esperado sobressair, devido aos seus genitores apresentarem os melhores valores de \hat{g}_i (Tabela 13). No ambiente de Itaocara, os melhores híbridos para esta característica foram P7xL70 e L55xL80 (Tabela 15), estando as linhagens L80 e L70 entre os melhores valores de \hat{g}_i (Tabela 13).

Para SFPE em Campos dos Goytacazes, os melhores valores de CEC foram apresentados pelos híbridos P6xL61 e L80xL77 (Tabela 14), ambos contendo pelo menos um dos genitores com alto \hat{g}_i (Tabela 12). Para Itaocara, os híbridos com os menores valores de CEC foram L55xP3 e L54xL77 (Tabela 15). Dentre os genitores, apenas a linhagem P7 apresentou valor negativo de \hat{g}_i (Tabela 13).

5.6 Análise de Variância para Capacidade de Combinação - 2ª época de cultivo

No ambiente de Campos dos Goytacazes (Tabela 16), verificou-se que para maioria das características morfoagronômicas e fontes de variação avaliadas houve significância em 1 % de probabilidade, exceto para a CEC da capacidade de expansão. Para as fontes de variação de tratamentos e de CEC, a variável SPI não apresentou efeito significativo e para SFPE, nenhuma fonte de variação revelou significância. Essa significância para ambas as capacidades de combinação ratificam a importância de ambos os efeitos gênicos aditivos e não aditivos como causas da variação genética observada para estas características (Colombo et al., 2014).

Tabela 16 - Estimativas dos quadrados médios de genótipos de milho-pipoca (genitores e F_{1s}), das capacidades geral e específica de combinação (CGC e CEC) e do resíduo, e média dos quadrados dos efeitos da capacidade combinatória para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante, Campos dos Goytacazes, RJ (2ª época de cultivo).

FV	GL	Quadrados Médios					
		AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
TRATAMENTOS	55	0,17**	4225860,15**	34,44**	2142,25**	2,76 ^{n.s}	0,10 ^{n.s}
C.G.C.	15	0,21**	3381516,58**	125,79**	1911,30**	6,23**	0,19 ^{n.s}
C.E.C.	40	0,16**	4542488,86**	0,186 ^{n.s}	1911,30**	1,41 ^{n.s}	0,09 ^{n.s}
RESÍDUO	165	0,01	439890,94	12,89	402,91	2,72	0,11
Médias dos quadrados dos efeitos							
C.G.C		0,01	122567,74	4,70	62,85	0,15	0,00
C.E.C		0,04	1025649,48	-3,18	456,49	-0,33	-0,01

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP = volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

^{n.s} = Não significativo em nível de 0,01; e ** = Significativo em nível de 0,01.

Com relação à média dos quadrados dos efeitos, verifica-se que os valores da capacidade geral de combinação foram inferiores aos correspondentes da capacidade específica de combinação para as características, excetuando-se CE, SPI e SFPE (Tabela 16).

Os resultados corroboram com os encontrados na primeira época de cultivo e com os encontrados por Rangel et al. (2007) e Scapim et al. (2006), que indicam a supremacia da aditividade na expressão da capacidade de expansão.

Colombo et al. (2014), ao quantificarem os efeitos das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, bem como o efeito recíproco, associados à resistência à ferrugem polissora de oito híbridos comerciais de milho, verificaram que o maior valor do quadrado médio da CGC comparado à CEC evidenciou, nesses genitores, maior contribuição da ação gênica aditiva no controle da resistência à ferrugem polissora.

No ambiente de Itaocara não houve efeito significativo para qualquer fonte de variação e característica avaliada (SPI e SFPE), ademais, as estimativas dos valores de CEC foram superiores às de CGC para ambas as características (Tabela 17).

Silva et al. (2001) e Vieira et al. (2011) observaram que os efeitos gênicos aditivos foram mais importantes no controle da resistência a *P. polysora*. Entretanto, Silva et al. (2001) observaram ainda que algumas combinações híbridas foram promissoras, verificando, assim, que os efeitos gênicos não-aditivos também contribuem para a herança da resistência à doença.

Tabela 17 - Estimativas dos quadrados médios de genótipos de milho-pipoca (genitores e F_{1s}), das capacidades geral e específica de combinação (CGC e CEC) e do resíduo, e média dos quadrados dos efeitos da capacidade combinatória para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante, Itaocara, RJ (2ª época de cultivo).

FV	GL	Quadrados Médios	
		SPI	SFPE
TRATAMENTOS	55	0,120 ^{n.s}	0,014 ^{n.s}
C.G.C.	15	0,118 ^{n.s}	0,015 ^{n.s}
C.E.C.	40	0,130 ^{n.s}	0,014 ^{n.s}
RESÍDUO	165	0,106	0,01277
Médias dos quadrados dos efeitos			
C.G.C		0,000041	0,000105
C.E.C		0,00576	0,0003

SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

n.s. = Não significativo em nível de 0,05; e ** = Significativo em nível de 0,01.

5.7 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Geral de Combinação - 2ª época de cultivo

Analisando a característica altura de planta, observa-se que as linhagens P1, L88, L61, L63, L76, L80, L54, e L77 apresentaram os menores valores de CGC (Tabela 18). Trata-se de linhagens de interesse em programas de melhoramento, uma vez que para a característica em questão, plantas com portes menores são importantes devido aos fortes ventos que ocorrem nas regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Tabela 18 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca. Campos dos Goytacazes, RJ (2ª época de cultivo).

Genitores	Características Avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L55	0,09	-582,83	-0,28	-14,12	1,38	0,17
P1	-0,11	-379,67	1,77	-4,05	-0,25	-0,07
L65	0,03	380,51	-1,79	0,73	-0,17	-0,02
P6	0,10	-72,03	-1,09	-4,79	-0,23	0,01
L63	-0,07	-441,80	1,13	-7,46	-0,28	-0,08
L54	-0,04	102,31	-1,23	-1,44	-0,24	-0,06
P3	0,04	405,45	-1,33	5,56	-0,01	-0,09
P7	0,06	385,62	0,81	12,49	0,10	-0,03
P10	0,12	147,54	0,13	3,74	0,25	0,12
L80	-0,06	-214,77	1,52	-0,90	-0,33	-0,06
L76	-0,07	55,53	-3,22	-6,76	-0,17	-0,03
L88	-0,09	228,36	-2,34	-0,17	-0,11	0,04
P8	0,06	-30,35	-0,31	-0,11	0,34	0,10
L61	-0,09	-230,72	4,51	6,32	-0,11	-0,03
L70	0,04	443,53	1,24	14,19	0,08	0,07
L77	-0,01	-196,68	0,51	-3,22	-0,25	-0,03

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP= volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

Em se tratando de RG, as linhagens que se destacaram foram L70, P3, P7, L65 e L88, por apresentarem os maiores valores de \hat{g}_i (Tabela 18).

Para capacidade de expansão, observa-se que as linhagens L61, P1 e L80 proporcionaram as maiores estimativas de magnitudes (Tabela 18). Nota-se, ainda, que as linhagens L61 e P1 estão entre aquelas que apresentaram as

estimativas de maior magnitude para RG, corroborando com a hipótese de que RG e CE são negativamente correlacionadas. O volume de pipoca expandido por hectare (VP) está diretamente relacionado às características RG e CE. Desta forma, os genitores que apresentaram maior magnitude para esta característica foram as linhagens L70, P7, P3 e L61, sendo as três primeiras as melhores para RG e a L61, entre as melhores para CE (Tabela 18).

Nas características relacionadas à ferrugem polissora (SPI e SFPE), observa-se que as linhagens L80, L63, L77, P1, L54, L65, L76, L61 e P3 foram as que apresentaram os menores valores para ambas as características (Tabela 18). Já no ambiente de Itaocara na segunda época de cultivo, no qual só foram analisadas as características relacionadas à doença, observa-se que as linhagens L80, L63, L77, L76, L54, P10 e P7 foram as que apresentaram os menores valores para as duas características (Tabela 19).

Tabela 19 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca, Itaocara, RJ (2ª época de cultivo).

Genitores	Características Avaliadas	
	SPI	SFPE
L55	0,02	0,00
P1	-0,04	0,01
L65	0,08	-0,01
P6	0,01	0,01
L63	-0,06	-0,02
L54	-0,04	0,00
P3	0,06	0,02
P7	-0,02	-0,02
P10	-0,05	-0,01
L80	-0,06	-0,02
L76	-0,04	-0,01
L88	0,02	0,04
P8	0,12	0,04
L61	-0,02	0,00
L70	0,05	-0,02
L77	-0,04	-0,02

SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

5.8 Estimativas dos Efeitos da Capacidade Específica de Combinação - 2ª época de cultivo

Considerando-se a característica altura de planta, observa-se que todas as linhagens detiveram valores negativos de $\hat{\sigma}_{ii}$ (Tabela 20). De forma análoga, a característica rendimento de grãos também expressou valores negativos para todas as linhagens (Tabela 20). Os valores negativos relevam que houve predominância dos desvios de dominância positivos.

Tabela 20 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ($\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$) para quatro características morfoagronômicas e duas de resistência à ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca. Campos dos Goytacazes, RJ (2ª época de cultivo).

Efeitos ($\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$)	Características Avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L55XL55	-0,18	-317,14	-0,0617	-5,97	1,4	-0,04
P1XP1	-0,25	-961,25	0,4986	-22,36	0,16	0,05
L65XL65	-0,32	-2687,9	-0,0328	-48,56	-0,03	-0,04
P6XP6	-0,17	-356,87	-0,0125	-7,48	0,11	-0,1
L63XL61	0,09	474,18	0,302	13,64	0,03	0,03
L54XL54	-0,26	-907,06	0,0406	-19,34	0,13	0,05
P3XP3	-0,17	-715,54	0,0456	-18,9	1,17	0,1
L80XL80	-0,33	-1248,5	-0,2527	-32,79	0,32	0,07
L76XL76	-0,27	-1672,7	-0,0126	-28,44	0,25	-0,02
P8XP8	-0,09	-445,78	-0,078	-9,02	1,26	0,28
L70XL70	-0,21	-1535,4	-0,1058	-36,25	0,03	0,09
P7XP7	-0,19	-894,02	0,0893	-21,97	0,87	0,06
P10XP10	-0,18	-1557,5	0,0855	-34,79	-0,61	-0,32
L88XL88	-0,43	-869,15	-0,0273	-11,74	-0,11	-0,17
L61XL61	-0,35	-1468	-0,0971	-42,47	0,23	0
L77XL77	-0,19	-1282,4	-0,0676	-30,71	0,14	-0,02
L55XP7	0,06	60,72	0,0188	0,42	-0,49	-0,06
L55XL80	0,2	470	0,1378	11,76	-1,42	-0,18
P1XP10	0,08	713,79	-0,208	16,67	-0,36	-0,13
P1XL76	0,13	616,54	-0,247	12,23	0,05	0,02
L65XL80	0,12	521,11	0,1523	13,44	0,13	0
L65XL88	0,22	1610,57	-0,025	26,67	0,2	0,02
P6XL76	0,03	465,57	-0,0125	6,59	0,04	0,04
P6XP8	-0,05	-138,92	-0,0553	-4,61	-0,47	-0,11
L63XL88	0,18	498,07	0,342	13,34	0,04	-0,04
L63XL61	0,09	474,18	0,302	13,64	0,03	0,03

Tabela 20 Cont.

Efeitos (\hat{S}_{ii} e \hat{S}_{ij})	Características Avaliadas					
	AP	RG	CE	VP	SPI	SFPE
L54XP8	0,03	-366,22	-0,0187	-10	-0,46	-0,11
L54XL70	0,17	978,79	-0,0326	22,44	0,05	-0,08
P3XL61	0,18	759,89	-0,0258	22,41	-0,22	0,04
P3XL77	0,03	315,85	-0,011	6,43	-0,08	0,04
P7XL61	0,16	448,24	0,0011	12,32	-0,28	-0,02
P7XL77	0,07	672,35	0,0158	16,19	-0,21	0,06
P10XL70	0,07	764,67	-0,0102	18,72	1,04	0,13
L55XP3	0,01	150,89	-0,0081	3,76	-0,91	-0,15
L55XP10	0,02	-253,43	0,0119	-7,22	0,71	0,51
L55XL76	0,07	206,09	-0,0371	3,22	-0,7	-0,04
P1XP7	0,01	84,6	-0,201	2,02	-0,21	0,02
P1XL80	0,16	816,83	-0,082	21,24	0,21	0,05
P1XL88	0,11	-309,26	-0,2593	-7,45	0	-0,06
L65XP10	0,13	1308,8	0,0263	27,93	0,18	0,22
L65XL76	0,16	1485,25	-0,0227	22,34	0,02	-0,03
L65XP8	0	450,02	-0,0654	6,76	-0,48	-0,15
P6XL80	0,01	44,75	0,1624	2,77	0,22	-0,03
P6XL88	0,18	-356,15	-0,0149	-9,64	-0,01	0,34
P6XL61	0,16	698,49	-0,0548	19,85	0,01	-0,06
L63XL76	0,13	572,01	0,3443	12,51	0,09	0,03
L63XP8	0,15	1551,22	0,3116	37,83	-0,42	-0,1
L63XL70	0,04	-3,77	0,2977	1,19	-0,16	-0,07
L54XL88	0,18	295,07	0,0117	0,56	0	0,07
L54XL61	0,11	555,26	-0,0283	16,72	-0,01	0,01
L54XL77	0,03	351,22	-0,0135	8,96	0,16	0,02
P3XP8	0,05	-604,55	-0,0162	-11,95	-0,7	-0,08
P3XL70	0,06	808,98	-0,0301	17,16	-0,44	-0,05
P7XL70	0,08	522,14	-0,0133	12,99	-0,54	-0,11
P10XL77	0,06	581,17	0,0089	13,49	-0,36	-0,09
L80XL77	0,18	644,21	0,1349	16,37	0,21	0,01

AP = altura de planta; RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; VP= volume de pipoca expandida por hectare; SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

Tabela 21 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) para duas características de resistência a ferrugem polissora, avaliadas em dialelo circulante entre 16 linhagens de milho-pipoca. Itaocara, RJ (2ª época de cultivo).

Efeitos (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij})	Características Avaliadas	
	SPI	SFPE
L55XL55	-0,12	-0,03
P1XP1	0	-0,04
L65XL65	-0,23	-0,01
P6XP6	-0,1	-0,03
L63XL63	0,07	0,04
L54XL54	-0,01	-0,03
P3XP3	-0,2	-0,07
L80XL80	0,05	0,01
L76XL76	0,01	-0,01
P8XP8	-0,07	-0,09
L70XL70	-0,19	0
P7XP7	-0,04	0
P10XP10	0,03	-0,01
L88XL88	-0,11	-0,11
L61XL61	-0,04	-0,04
L77XL77	-0,08	0,01
L55XP7	0,19	0,01
L55XL80	-0,04	-0,01
P1XP10	0,04	-0,03
P1XL76	0,03	-0,03
L65XL80	-0,09	0
L65XL88	0,1	-0,04
P6XL76	-0,02	-0,03
P6XP8	-0,21	0,04
L63XL88	0,02	-0,05
L63XL61	0	-0,01
L54XP8	0,16	-0,07
L54XL70	-0,1	-0,01
P3XL61	-0,12	0,05
P3XL77	-0,07	-0,03
P7XL61	-0,02	-0,02
P7XL77	0,01	0,01
P10XL70	-0,08	0
L55XP3	0,11	-0,05
L55XP10	0,03	0,03
L55XL76	-0,05	0,08

Tabela 21 Cont.

Efeitos ($\hat{\delta}_{ii}$ e $\hat{\delta}_{ij}$)	Características Avaliadas	
	SPI	SFPE
P1XP7	-0,02	-0,02
P1XL80	0,02	0,01
P1XL88	-0,06	0,15
L65XP10	-0,05	0,01
L65XL76	-0,03	-0,01
L65XP8	0,53	0,06
P6XL80	-0,02	-0,02
P6XL88	0,19	0,04
P6XL61	0,25	0,03
L63XL76	0,05	0
L63XP8	-0,14	-0,05
L63XL70	-0,07	0,01
L54XL88	-0,03	0,13
L54XL61	-0,02	0,02
L54XL77	0	-0,01
P3XP8	-0,21	0,18
P3XL70	0,68	-0,01
P7XL70	-0,07	0
P10XL77	0,02	0
L80XL77	0,03	0,01
L55XL55	-0,12	-0,03
P1XP1	0	-0,04
L65XL65	-0,23	-0,01

SPI = severidade de ferrugem polissora na planta inteira; e SFPE = severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga.

Para CE, apenas as linhagens P1, L54, P3, P7 e P10 apresentaram valor positivo de $\hat{\delta}_{ii}$, indicando que ocorreram, para a característica, desvios de dominância bidirecional (Tabela 20).

Em que se tratando de volume de pipoca, todas as linhagens apresentaram valores negativos de $\hat{\delta}_{ii}$ no ambiente (Tabela 20), estando em consonância com os resultados obtidos na primeira época de cultivo para o mesmo ambiente, revelando predominância dos desvios de dominância positivos.

Para SPI no ambiente de Campos dos Goytacazes, as linhagens P10, L88 e L65 apresentaram os menores valores negativos de $\hat{\delta}_{ii}$ (Tabela 20), enquanto em Itaocara (Tabela 21), as linhagens L65, P3 e L70 foram as que apresentaram as menores magnitudes para esta característica. Verificando os valores de $\hat{\delta}_{ii}$ para

SFPE em Campos dos Goytacazes (Tabela 20), nota-se que as linhagens P10, L88 e P6 foram as que apresentaram os menores valores; e, em Itaocara, as que apresentaram as menores magnitudes foram L88, P8 e P3 (Tabela 21). Para ambas as características e épocas de cultivo, nota-se a ocorrência de valores negativos e positivos de $\hat{\sigma}_{ij}$, indicando a ocorrência de desvios de dominância bidirecional, que considera a existência de genes dominantes que se expressam para maior grandeza do caráter e genes igualmente dominantes, que se expressam para sua redução (Cruz e Vencovsky, 1989).

Com base na Tabela 20, vê-se que a combinação P6xP8 revelou o menor valor de $\hat{\sigma}_{ij}$ para AP. Observa-se que os genitores não possuem os menores valores de CGC, indicando que as combinações híbridas apresentaram estimativas de valores melhores que os esperados com base na CGC.

No que se refere a RG, as combinações que apresentaram os maiores valores de $\hat{\sigma}_{ij}$ foram L65xL88, L65xL76, L65xP10 e L63xP8. Excetuando-se L63xP8 (Tabela 20), os demais híbridos possuem pelo menos um genitor com valor de $\hat{\sigma}_i$ satisfatório (Tabela 18). Assim, conclui-se que as três primeiras combinações são promissoras para uso em programas de melhoramento cujo objetivo é aumentar o rendimento de grãos.

Para CE, observa-se que as combinações L63xL76, L63xL88, L63xP8 e L63xL61 apresentaram os maiores valores de CEC, em Campos dos Goytacazes (Tabela 20). Nota-se que a linhagem L63 contribuiu para os melhores valores nas combinações híbridas, denotando a importância desse genitor quando em combinação, apesar desta não ter apresentado valor elevado de $\hat{\sigma}_i$ (Tabela 18).

Considerando-se a característica VP em Campos dos Goytacazes, nota-se que as combinações que expressaram os maiores valores foram L63xP8 e L65xP10, sendo a primeira também detentora de um dos maiores valores de CE (Tabela 20). Nenhum dos genitores apresentou valores elevados de $\hat{\sigma}_i$ (Tabela 18). Isto indica que as combinações híbridas foram melhores do que o esperado com base na CGC dos genitores.

Para SPI no ambiente de Campos dos Goytacazes, os híbridos que apresentaram os melhores valores foram L55xL80, L55xP3 e L55xL76 (Tabela 20). Observa-se que a linhagem L55 foi responsável pelos melhores híbridos, entretanto, quando se verificam os valores de $\hat{\sigma}_i$ (Tabela 18), nota-se que esta linhagem apresentou o pior valor. Isto indica que esta linhagem apresentou

melhor desempenho quando em combinações híbridas do que *per se*. Já no ambiente de Itaocara (Tabela 21), os híbridos que apresentaram os melhores valores foram P3xP8 e P6xP8, que de forma análoga a Campos dos Goytacazes, a linhagem que contribuiu para a formação dos melhores híbridos (P8) foi a que apresentou pior valor de \hat{g}_i (Tabela 19).

Avaliando SFPE em Campos dos Goytacazes, nota-se que os melhores híbridos foram L55xL80, L65xP8 e L55xP3, por apresentarem os menores valores negativos (Tabela 20). Novamente a linhagem L55 contribuiu para a maioria dos híbridos formados e apresentou o pior valor de \hat{g}_i (Tabela 18) para a característica. Em Itaocara, os híbridos que apresentaram os melhores valores foram L54xP8, L55xP3, L63xL88 e L63xP8 (Tabela 21). Pelo menos um dos genitores apresentou valor baixo de \hat{g}_i (Tabela 19).

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que:

- a) Para ambos os ambientes e épocas de cultivo em estudo, as características de maior interesse agrônômico (CE e RG) expressaram valores significativos para os genótipos, indicando a existência de variabilidade genética;
- b) Para as características de resistência à ferrugem polissora, verificou-se efeito significativo para SPI e SFPE, na primeira época de cultivo em Campos dos Goytacazes e, apenas para SPI no cultivo em Itaocara. Na segunda época, não houve efeito significativo para nenhuma característica em ambos os locais;
- c) Verificou-se a predominância dos efeitos aditivos para CE e não-aditivos para RG;
- d) Para as características de resistência a ferrugem polissora, verificou-se maior importância dos efeitos gênicos aditivos;
- e) Os melhores híbridos para rendimento de grãos em Campos dos Goytacazes, na primeira época, foram L63xL76, P1xL76, L80xP6, P6xL88 e P7xL77 e em Itaocara foram L54xL70 e L54xL61. Para segunda época, o melhor foi o híbrido L65xL88.
- f) Para capacidade de expansão, os melhores híbridos foram P7xP1 e P7xL70 em Campos dos Goytacazes e, P7xL55 e P7xP1 em Itaocara, ambos na primeira época de cultivo. Na segunda época em Campos dos Goytacazes, o melhor foi L63xL61.

g) Na primeira época de cultivo para SPI e SFPE, no ambiente de Campos dos Goytacazes, o melhor híbrido foi L80xL77 e, em Itaocara, foram L80xL55, L80xP1 e L63xL61. Na segunda época, em Campos dos Goytacazes, os melhores foram os híbridos L80xL55 e L55xL76 e em Itaocara foram P3xP8 e L6xP8.

h) Para volume de pipoca, os melhores híbridos foram P1xL76 em Campos dos Goytacazes e L54xL70, ambos na primeira época de cultivo. O melhor híbrido para a segunda época em Campos dos Goytacazes foi P7xL70.

i) A linhagem P10 deteve, simultaneamente, capacidade geral de combinação favorável para capacidade de expansão e produtividade de grãos, para a primeira época de cultivo em ambos os locais de estudo;

j) Na primeira época de cultivo, as linhagens L54, P3, P6, P10 e L55 apresentaram, simultaneamente, capacidade geral de combinação favorável para resistência à ferrugem polissora em Campos dos Goytacazes e em Itaocara, as linhagens com melhor CGC foram L80, L70, L76, L63, L77 e L61.

k) Na segunda época de cultivo, as linhagens L63, L77, L80, P1 e L54 mostraram-se promissoras para as características de resistência a ferrugem polissora em Campos dos Goytacazes, enquanto que em Itaocara as linhagens em destaque foram L80, L63, P10, L76 e L54.

l) Quando são verificadas as características capacidade de expansão dos grãos e rendimento de grãos de forma simultânea, o melhor híbrido na época da primeira época de cultivo em Campos dos Goytacazes foi P1xL76 e, para Itaocara, foi P10xL70. Para a segunda época em Campos dos Goytacazes sobressaiu-se o híbrido L63xL61, por apresentar a melhor média de CE e elevada capacidade específica de combinação, além de elevados valores de médias para rendimento de grãos;

m) A indicação de híbridos que reúnem as características de maior interesse (rendimento de grãos, capacidade de expansão dos grãos e resistência à ferrugem polissora) de forma concomitante tornou-se dificultosa, uma vez que os efeitos gênicos aditivos foram predominantes para capacidade de expansão de grãos e resistência à ferrugem polissora, enquanto que os efeitos gênicos não aditivos foram preeminentes para rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrianual (2015) *Anuário da Agricultura Brasileira*. FNP consultoria & comércio, M&S Mendes & Scotini. Editora FNP, 521p.
- Agroceres (1996.). *Guia agroceres de sanidade*. São Paulo: Sementes Agroceres, 72p.
- Amaral Junior, A.T., Freitas Júnior, S.P., Rangel, R.M., Pena, G.F., Ribeiro, R.M., Morais, R.C., Schuelter, A.R. (2010) Improvement of a popcorn population using selection indexes from a fourth cycle of recurrent selection program carried out in two different environments. *Genetics and Molecular Research*, 9: 340-370.
- Amaral Junior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Freitas Júnior, S.P., Candido, L.S., Vittorazzi, 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*. Viçosa, 13(3).
- Amorim, L., Rezende, J.A.M., Bergamin Filho, A. (Ed.) (2011) Manual de fitopatologia: volume 1: princípios e conceitos. 4. ed. São Paulo: *Agronômica Ceres*: 704.
- Andrade, R.A. de., C.D., Scapim, C.A., Silvério, L., Pinto, R.J.B., Tonet, A. (2002) Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24:1197-1204.
- Bernini, C.S., Paterniani, M.E.A.G.Z., Guimarães, P.S., Rovaris, S.R.S. Duarte, A.P., Gallo, P.B. (2013) Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F₂ de milho no estado de São Paulo. *Bragantia*, 72: 217-223.

- Brunson, A.M. (1937) Popcorn breeding. In: U.S. Department Agricultural. *Year Book Agricultural*, Washington D.C: 395-404.
- Cabral, P.D.S. (2013) *Análise dialélica em milho-pipoca: capacidade combinatória, análise de trilha e efeito gênico*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 107p.
- Cabral, P.D.S., Amaral Junior, A.T., Viana, A.P., Duarte, H.V., Freitas, I.L.J., Vittorazzi, C., Vivas, M. (2015) Combining ability between tropical and temperate popcorn lines for seed quality and agronomic traits. *Australian Journal of Crop Science*, 9(4):256-263.
- Casela, C.R.; Ferreira, A.S. (2002) Variability in isolates of *Puccinia polysora* in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, 27: 414-416.
- Chester, K.S. (1950) Plant disease losses: their appraisal and interpretation. *Plant Disease Reporter Supplement*, 193:189-362.
- Colombo, A. G., Vaz-de-Melo, A., Taubinger, M., Tavares, R.C., Silva, R.R. (2014) Análise dialélica para resistência a ferrugem polissora em milho em diferentes níveis de adubação fosfatada. *Bragantia*, Campinas, 73(1):65-71.
- Costa, E.F.N (2007) *Herança de senescência retardada em milho*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 56 p.
- Costa, D.F., Vieira, B.S., Lopes, E.A., Moreira, L.C.B (2012) Aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 11:98-105.
- Cruz, C.D (2013) Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, 35(3):271-276.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed. Viçosa: Ed UFV, 480 p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2012) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV. 480p.
- Cruz, C.D., Vencovsky,R. (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 12(2):425-438.

- Daros, M., Amaral Júnior, A.T., Pereira, M.G. (2002) Genetic gain for grain yield and popping expansion in full-sib recurrent selection in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(3):339-344.
- Daros, M., Amaral Júnior, A.T., Pereira, M.G., Santos, F.S., Gabriel, A.P.C., Freitas Júnior, S.P. (2004) Recurrent selection in inbred popcorn families. *Scientia Agricola*, Piracicaba-SP, 61(6):609-614.
- Deobley, J.F. (1990) Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. *Bioscience*, 40:443-448.
- Erwin, A.T. (1949) The origin and history of popcorn, *Zea mays* L. var. *indurata* (Sturt) Bailey mut. *Everta* (Sturt) Erwin. *Agronomy Journal*, 41(2):53-56.
- Fontes, P.S.F. (2002) *Adubação nitrogenada e avaliação de cultivares de banana (Musa spp) no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 54p.
- Freitas Júnior, S.P (2005) *Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 117p
- Freitas, I.L.J., Amaral Júnior, A.T., Freitas Jr., S.P., Cabral, P.D.S., Ribeiro, R.M., Gonçalves, L.S.A. (2014) Genetic gains in the UENF-14 popcorn population with recurrent selection. *Genetics and Molecular Research*, 13:518-527.
- Freitas Júnior, S.P., do Amaral Júnior, A.T., Pereira, M.G., Cruz, C.D., Scapim, C.A. (2006) Capacidade combinatória de milho pipoca por meio de dialelo circulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(11):1599-1607.
- Fuzatto, S.R (2003) *Dialelo parcial circulante interpopulacional em milho (Zea Mays L.): efeito do número (s) de cruzamentos..* Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo- USP. Piracicaba, 131p
- Galinat, W.C. (1977) The origin of corn. In: Sprague, G.F. (Ed) *Corn and corn improvement.*, Academic Press, New York:1-48.
- Galvão, J.C.C., Sawazaki, E., Miranda, G.V. (2000) Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 47(270):201-218.

- Gardner, C.O. e Eberhart, S.A. (1966) Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22:439-452.
- Gaut, B.S., Le Thierry d'Ennequin, M., Peek, A.S. & Sawkins, M.C. (2000) Maize as a model for the evolution of plant nuclear genomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 97, 7008–15.
- Goodman, M.M., Smith, J.S.C. (1987) *Botânica* In: Paterniani, E., Viegas, G. P. (Ed.). Melhoramento e produção de milho. Campinas: Fundação Cargil, 1:41-78.
- Graner, E.A., Godoy Junior, E.C. (1959) *Culturas da fazenda brasileira*. Edições melhoramento, São Paulo. P. 461.
- Griffing, B. (1956) Concept of general and specific ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, v (4):462-93.
- Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2013.
- Hallauer, A.R., Miranda Filho, J.B (1981) *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University Press.
- Hallauer, A.R., Carena M.J., Miranda Filho and J.B. (2010) Quantitative Genetics in Maize Breeding, 3rd ed. Handbook of Plant Breeding. *Springer*, New York, 6, 663p.
- Hallauer A.R., Russell, W.A., Lamkey, K.R. (1988) *Corn Breeding*. In: G.F. Sprague, J.W. Dudley (Eds.), *Corn and Corn Improvement*. 3rd edition, ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin:469-564
- Hayman, B.I (1954) The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39:789-809.
- Hayman, B.I. (1958) The theory and analysis of diallel crosses II. *Genetics* 43: 63-85.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, 28:476–490.
- Jinks, J. L. e Hayman, B. I. (1953) The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics News Letter* 27: 48-54

- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Acesso em 03 de março de 2015.
- Kantety, R.V., Zeng, X., Bennetzen, J., Zehr, B.E. (1995) Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. *Molecular Breeding*, 1:365-373.
- Kempthorne, O. and Curnow, R.N. (1961) The partial diallel cross. *Biometrics* 17: 229-250.
- Kimati, H. *et al.* (2005) Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas 4. Piracicaba, SP 2:663.
- Krug, C.A., Conagin, A., Junqueira, A.A.B. (1943) Cultura e adubação do milho. Ed. *Instituto Potassa*. São Paulo, 96p.
- Kurosawa, R.N.F. (2015) *Fontes de resistência a doenças foliares, podridões de espiga e divergência genética entre genótipos de milho-pipoca*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 117p.
- Larish, L.B., Brewbaker, J.L. (1999) Diallel analyses of temperate and tropical popcorn. *Maydica*, Bergamo, 44:279-284.
- Marchesan, C. B (2008) *Análise genética de um cruzamento dialélico parcial em pimentão visando caracteres agronômicos e resistência ao oídio*. Dissertação (Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical), Campinas-SP, Instituto Agrônomo, 70p.
- Melching, J.S. (1975) *Corn rust: types, races, and destructive potential*. In: Proc. 30th Annual Corn and Sorghum Research Conference, 90-115.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). Registro nacional de cultivares–RNC. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em 23 de janeiro 2016.
- 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*, 162 (3):431-440.
- Mulamba, N.N., Mock, J.J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt J.Gen. Cytol. Alexandria*, 7:40-51.

- Pena, G.F. *Progenies parcialmente endogâmicas no melhoramento do milho-pipoca: análise biométrica de topcrosses 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, 127p.
- Pereira, M.G., Amaral Júnior, A.T. (2001) Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1:3-10.
- Pereira, O.A.P., Carvalho, R.V.; Camargo, L.E.A. Doenças Do Milho. In: Kimati, H., Amorim, L., Rezende, J.A.M; Bergamin Filho, A., Camargo, L.E.A. (2005). *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4. ed. São Paulo: Ceres, 55:477-488.
- Pfann, A.Z., Faria, M.V., Andrade, A.A., Nascimento, I.R., Faria, C.M.D.R., Bringhamti, R.M. (2009) Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. *Ciência Rural*, Santa Maria, 39 (3):128-134.
- Pinho, R.G.V., Ramalho, M.A.P., Silva, H.P., Resende, I.C., Pozar, G. (1999a) Danos causados pelas ferrugens polissora e tropical do milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, 24(3):400-409.
- Pinho, R.G.V., Ramalho, M.A.P., Resende, I.C., Pozar, G., Olivatto, A.N.D (1999b) Controle genético da resistência do milho às ferrugens polissora e tropical. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, 24 (3):394-399.
- Pinto, N.F.J.A. (2004) Controle químico de doenças foliares em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, 3 (1):134-138.
- Pinto, R.J.B., Kvitschal, M.V., Scapim, C.A., Fracaro, M., Bignotto, L.S., Souza Neto, I.L de. (2007) Análise dialélica parcial de linhagens de milho-pipoca. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 6 (3):325-337.
- Rangel, R.M., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Freitas Júnior, S.P., Candido, L.S. (2011) Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. *Revista Ciência Agronômica*, 42:473-481.
- Rangel, R.M., Amaral Júnior, A.T., Scapim, C.A., Freitas Junior, S.P., Pereira, M.G. (2008) Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. *Genetics and Molecular Research (Online)*, 7:1020-1030.

- Rangel, R.M., Amaral Júnior, A.T., Viana, A.P., Freitas Júnior, S.P., Pereira, M.G. (2007) Prediction of popcorn hybrid and composites means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(3):287-295.
- Ribeiro, R.M. (2015) *Impacto da seleção recorrente na variabilidade genética da população UENF-14 de milho-pipoca*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 74p.
- Ribeiro, R.M., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Candido, L.S., Silva, T.R.C., Pena, G.F. (2012) Genetic progress in the UNB-2U population of popcorn under recurrent selection. *Genetics and Molecular Research*, 11:1417-1423.
- Ruffato, S., Corrêa, P.C., Martins, J.H., Mantovani, B.H.M., Silva, J.N. (2000) Efeito das condições de colheita, pré-processamento e armazenamento na qualidade do milho-pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35(3): 591-597
- Santos, F.S., Amaral Júnior, A.T., Freitas Júnior, S.P., Rangel, M.R., Pereira, M.G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, 66(3):389-396.
- Sawazaki, E. (1996) Parâmetros genéticos em milho pipoca (*Zea mays* L.). Tese (Doutorado), Piracicaba - SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 157p.
- Sawazaki, E. (2001) A cultura do milho pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, 1:11-13.
- Sawazaki, E., Morais, J.F. de Lago, A.A. (1986) *Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca*; Campinas, 157-160.
- 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.; Pinto, R.J.B.; Amaral Júnior, A.T.; Mora, F.; Dandolini, T.S.; (2006) Combining ability of white grain popcorn populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6: 136-143.
- Silva, H.P.; Barbosa, M.P.M.; Nass, L.L.; Camargo, L.E.A. (2001) Capacidade de combinação e heterose para resistência a *Puccinia polysora* Underw. em milho. *Scientia Agricola*, 58:777-783.
- Silva, V.Q.R. (2009). *Melhoramento de milho pipoca: capacidade combinatória de linhagens, parametrização heterótica e herança de características*

- agronômicas*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 220p.
- Silva, V.Q.R., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Freitas Júnior, S.P., Ribeiro, R.M. (2011) Heterotic parametrizations of crosses between tropical and temperate lines of popcorn. *Acta Scientiarum*. Agronomy (Online), 33:243-249.
- Silva, W.J. da, Vidal, B.C.; Martins, M.E.Q.; Vargas, H. ; Pereira, A.C.; Zerbetto, M.; Miranda, L.C.M.(1993) What makes popcorn pop. *Nature*, 362(417).
- Smith, H.F. (1936) *A discriminant function for planta selection*. Ann. Eugen. 7:240-250.
- Sprague, G.F., Tatum, L.A. (1942) General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*, Madison, 34(10):923-932.
- Tenaillon, M.I., U'Ren, J., Tenaillon, O. & Gaut, B.S. (2004) Selection versus demography: a multilocus investigation of the domestication process in maize. *Molecular Biology and Evolution* 21:1214–1225.
- Troyer, A.F. (1996) Breeding widely adapted, popular maize hybrids. *Euphytica*, Wageningen, 92: 163-174.
- Veiga, R.D., Ferreira, D.F., Ramalho, M.A.P. (2000) Eficiência dos dialelos circulares na escolha de genitores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Brasília), 35(7):1395-1406.
- Vencovsky, R. (1970) *Aspectos teóricos e aplicados do cruzamento dialélico de variedades*. Piracicaba. Doctor Agronomy thesis. Universidade de São Paulo.
- Viana, J.M.S.; Matta, F.P. (2003) Analysis of general and specific combining abilities of popcorn populations, including selfed parents. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto – SP, 26(4):465-471.
- Vieira, R.A. (2010) *Melhoramento genético da resistência à helmintosporiose comum, cercosporiose e ferrugem-polissora em milho-pipoca*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Vegetal), Maringá-PR, Universidade Estadual de Maringá, 103p.
- Vieira, R.A., Rodovalho, M.A., Scapim, C.A., Tessmann, D.J., Amaral Júnior, A.T., Bignotto, L.S. (2009) Desempenho agrônomico de novos híbridos de milho-pipoca no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 30(1):29-36.

- Vieira, R.A., Scapim, C.A., Tessmann, D.J., Hata, F.T. (2011). Diallel analysis of yield, popping expansion, and southern rust resistance in popcorn lines. *Revista Ciência Agronômica*, 42(3):774-780.
- Vittorazzi, C., Amaral Júnior, A.T. do, Gonçalves, L.S.A., Candido, L.S., Silva, T.R.C. (2013) Selecting pre-cultivars of popcorn maize based on nonparametric indices. *Revista Ciência Agronômica*, 44:356-362. DOI: 10.1590/S1806-66902013000200019.
- Vivas, M., Silveira, S.F., Viana, A.P., Amaral Junior, A.T., Cardoso, D.L., Pereira, M.G. (2014) Efficiency of circulant diallels via mixed models in the selection of papaya genotypes resistant to foliar fungal diseases. *Genetics and Molecular Research*, 13:4797-4804.
- Willier, J.G.; Brunson, A.M. (1927) Factors affecting the popping quality of popcorn. *Journal of Agricultural Research*, (7): 615-624.
- Zhang, Y., Xu, L., Zhang, D.F., Dai, J.R., & Wang, S.C. (2010) Mapping of southern corn rust-resistant genes in the W2D inbred line of maize (*Zea mays* L.). *Molecular breeding*, 25(3), 433-439.
- Ziegler, K.E., Ashman, B. (1994) Popcorn. In: Hallauer, A. ed. Specialty corns. Iowa: CRC Press, 7:189-223.
- Zinsly, J.R., Machado, J.A. (1978) *Milho-pipoca*. In: PATERNIANI, E. (Ed.). Melhoramento e produção de milho no Brasil. Piracicaba: Fundação Cargill, 339-348.
- Zinsly, J.R., Machado, J.A (1987) *Milho pipoca*. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Ed). Melhoramento e produção do milho. Piracicaba: Fundação Cargill, 413–421.